

## МИНЕРАЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КОНЕЧНЫХ ПРОДУКТОВ ОБОГАЩЕНИЯ ЖЕЛЕЗИСТЫХ КВАРЦИТОВ ЕРИСТОВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

В институте «Механобрчермет» были проведены исследования по разработке технологии обогащения двух проб железистых кварцитов Еристовского месторождения. Полученные продукты обогащения – концентраты и хвосты, были изучены с использованием полного химического и фазового химического анализов, петрографического и гранулометрического анализов.

Обе пробы исходной руды Еристовского месторождения близки по химическому и минеральному составу, характеризовались тонко-среднеслоистой текстурой. По размеру рудных выделений, как первая, так и вторая пробы, были отнесены к тонковкрапленным, со сложными структурами сростания магнетита и кварца [1, 2]. Микроскопическое изучение проб показало, что проба 2 является более выветрелой, по сравнению с пробой 1, отличается наличием структур дробления на поверхности зерен магнетита. Результаты определений физических и физико-механических свойств обеих проб руды свидетельствуют о том, что они отличаются по прочностным характеристикам: вторая проба менее крепкая и более пористая.

В результате обогащения железистых кварцитов, полученные концентраты характеризуются массовой долей  $Fe_{\text{общ}}$  – 68,3 (проба 1) и 68,1 (проба 2);  $Fe_{\text{магн}}$  – 66,0 и 65,8%. При этом, FeO составляет 29,14 и 29,1; а  $Fe_2O_3$  – 65,15 и 64,97%. Массовая доля  $SiO_2$  в первой пробе не превышает 4,35, во второй – 4,23. Результаты полного химического анализа приведены в табл. 1. Минеральный состав концентратов обеих проб определен методом пересчета полных химических и фазовых анализов (табл. 2). Количество основного рудного минерала – магнетита в первой пробе составляет 91,2, во второй – 90,9% (рис. 1, 2). В меньшей степени, в концентратах присутствует гематит (мартит) – 1,9 и 1,4%. Массовая доля железа, входящего в состав магнетита составила 66,0 и 65,8, в состав гематита – 1,3 и 1,0%, соответственно первой и второй пробам.

Нерудные минералы представлены кварцем – 2,14 - 1,53; силикатами – 4,41 - 5,41 и карбонатами – 0,3 - 0,7%, соответственно первой и второй пробам. Массовая доля железа, связанного с силикатами и карбонатами в сумме составила – 1,0 (проба 1) и 1,3% (проба 2). Количество минералов-носителей вредных примесей (сульфиды железа и апатит) в концентрате первой пробы составляют 0,09, в концентрате второй пробы – 0,07%.

В результате изучения концентратов на предмет раскрытия минеральных зерен установлено, что концентрат пробы 1 состоит на 84,7 из рудных частиц магнетита и гематита [1, 3]. Раскрытые зерна кварца и силикатов составили 2,1%; сростки, преимущественно магнетит-кварцевого и кварц-магнетитового состава, с содержанием рудной фазы около 5,0% – 5,2%. Так же, в концентрате присутствуют богатые – 5,9% и бедные сростки – 2,1%. Массовая доля раскрытых рудных зерен концентрата второй пробы составила 85,2; нерудных – 2,9; сростки с содержанием рудного компонента около 50% не превышают 3,8; богатые и бедные сростки составили 3,9 и 4,2%, соответственно (рис. 1 – а, б).

Таблица 1

Химический состав концентратов обогащения

Наименование пробы	Массовая доля компонентов, %																
	$Fe_{\text{общ}}$	$Fe_{\text{магн}}$	FeO	$Fe_2O_3$	$SiO_2$	$TiO_2$	$Al_2O_3$	MnO	CaO	MgO	$P_2O_5$	$S_{\text{общ}}$	CO <sub>2</sub>	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	ппп	сумма
проба 1	68,3	66,0	29,14	65,15	4,35	0,066	0,275	0,018	0,16	0,413	0,027	0,019	0,128	0,041	0,028	0,133	99,80
проба 2	68,1	65,8	29,10	64,97	4,23	0,064	0,435	0,023	0,20	0,325	0,022	0,015	0,279	0,035	0,032	0,182	99,72

Наименование пробы	Массовая доля минералов (М) и связанного с ними железа (Fe), %													
	магнетит		гематит, гидроксиды железа		сульфиды железа		силикаты		карбонаты		кварц	апатит	сумма	
	М	Fe	М	Fe	М	Fe	М	Fe	М	Fe	М	М	М	Fe
проба 1	91,2	66,0	1,9	1,3	0,03	0,01	4,41	0,89	0,3	0,1	2,14	0,06	100,0	68,3
проба 2	90,9	65,8	1,4	1,0	0,02	0,01	5,41	1,09	0,7	0,2	1,53	0,05	100,0	68,1



Рис. 1 – Раскрытие минеральных зерен в концентрате пробы 1 (а) и пробы 2 (б)

В распределении гранулометрических фракций концентратов обеих проб, массовой доли железа и раскрытия минеральных зерен по крупности, выявлены следующие закономерности:

- 1) материал концентратов обеих проб характеризуются крупностью менее 0,125 мм;
- 2) с уменьшением крупности постепенно увеличивается количество материала (рис. 2). Так, в первой пробе выход класса +0,074 мм составил 0,3, класса -0,024 мм – 79,8%. Во второй пробе массовая доля материала, крупностью более 0,074 мм не превышает 0,7; в крупности менее 0,024 мм составляет 75,6%;
- 3) с уменьшением классов крупности растет содержание железа общего – 48,1-69,5 (проба 1) и 50,9-69,2 (проба 2) и железа, входящего в состав магнетита – 44,5-67,1 (проба 1) и 46,7-67,0 (проба 2), (рис. 3 – а, б);
- 4) с уменьшением крупности материала увеличивается содержание массовой доли раскрытых рудных минеральных зерен и уменьшается содержание нерудных зерен и сростков.

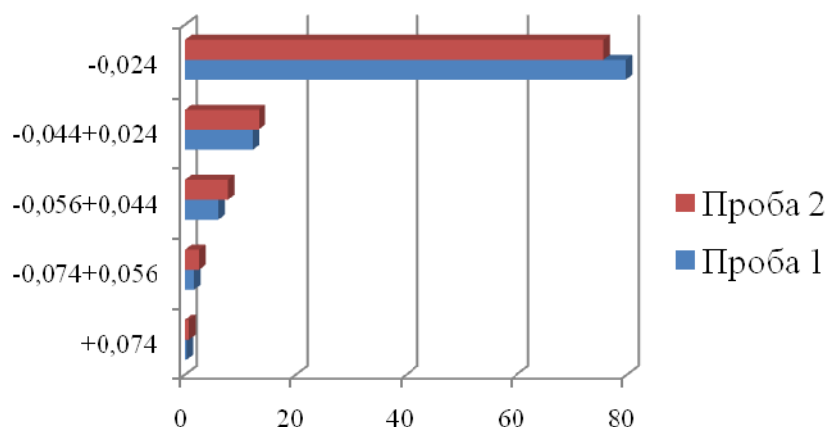
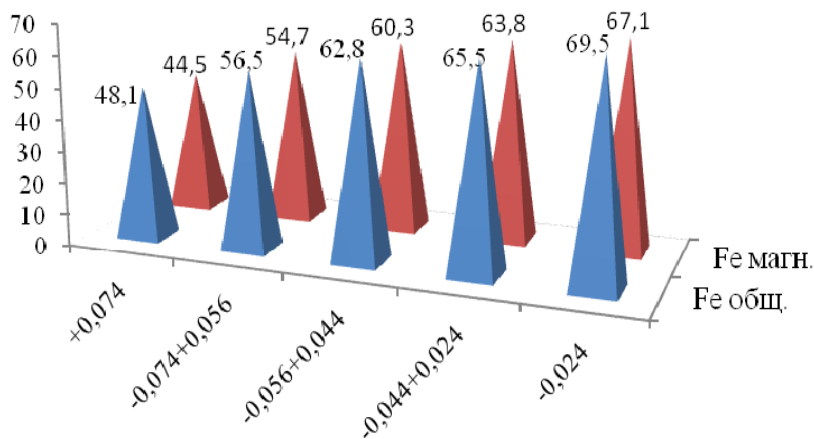
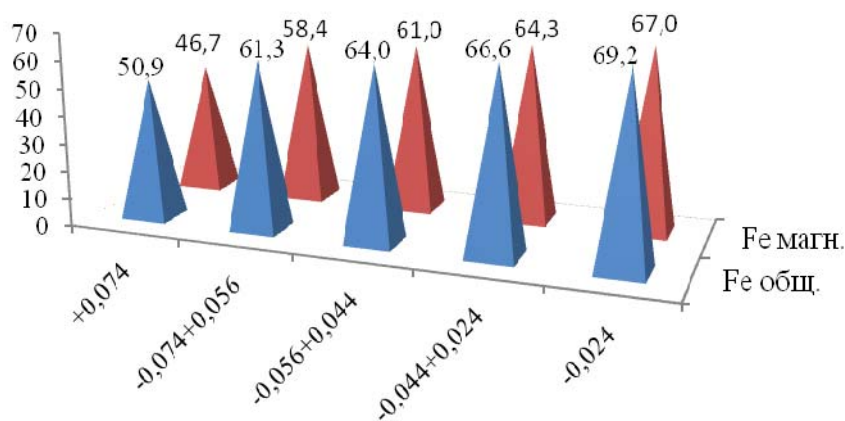


Рис. 2 – Массовая доля выхода материала концентрата по классам крупности, %  
-0,024...+0,074 – классы крупности, мм; 0-80 – массовая доля, %



а



б

Рис. 3 – Распределение массовой доли железа общего и железа, входящего в состав магнетита по классам крупности, в концентратах пробы 1 (а) и пробы 2 (б)  
 -0,024.....+0,074 – классы крупности, мм; 0-70 – массовая доля, %

**Хвосты**, полученные в результате магнитно-флотационного обогащения, характеризуются массовой долей железа общего 13,4 (проба 1) и 14,1 (проба 2); железа, входящего в состав магнетита – 6,4 и 6,2%, соответственно. Массовая доля FeO составляет 12,49 и 13,10; Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – 4,83 и 5,56%. Основной нерудный компонент SiO<sub>2</sub> – 72,52 (проба 1) и 70,98 (проба 2). Результаты полного химического анализа хвостов обогащения приведены в табл. 3.

Минеральный состав хвостов обогащения и распределение железа по минеральным фазам представлен в табл. 4. Главный минерал хвостов обеих проб – кварц, составляет 63,74 (проба 1) и 62,5% (проба 2). Количество силикатов – 17,56 и 16,96, карбонатов – 7,5 и 8,8%, соответственно. Магнетит и гематит, с небольшим количеством гидроксидов железа составляют соответственно 8,8-1,4 (проба 1) и 8,6-2,4% (проба 2). Массовая доля минералов-носителей вредных примесей – сульфидов железа и апатита составляет 0,56-0,39 в пробе 1 и 0,38-0,33 в пробе 2.

Таблица 3

Химический состав хвостов обогащения

Наименование пробы	Массовая доля компонентов, %																
	Fe <sub>общ.</sub>	Fe <sub>магн.</sub>	FeO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO	CaO	MgO	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	S <sub>общ.</sub>	CO <sub>2</sub>	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	ппп	сумма
проба 1	13,4	6,4	12,49	4,83	72,53	0,035	1,016	0,151	2,95	2,93	0,166	0,311	2,45	0,532	0,254	2,461	100,04
проба 2	14,1	6,2	13,10	5,56	70,98	0,037	1,411	0,120	1,77	2,19	0,141	0,262	4,08	0,326	0,271	4,342	100,05

Минеральный состав хвостов обогащения

Наименование пробы	Массовая доля минералов (М) и связанного с ними железа (Fe), %													
	магнетит		гематит, гидроксиды железа		сульфиды железа		силикаты		карбонаты		кварц	апатит	сумма	
	М	Fe	М	Fe	М	Fe	М	Fe	М	Fe	М	М	М	Fe
проба 1	8,8	6,4	1,4	1,0	0,56	0,26	17,56	3,54	7,5	2,2	63,74	0,39	100,0	13,40
проба 2	8,6	6,2	2,4	1,7	0,38	0,18	16,96	3,42	8,8	2,6	62,50	0,33	100,0	14,10

Результаты раскрытия минеральных зерен хвостов показали, что в структурном соотношении минеральных индивидов и их сростков преобладают раскрытые частицы нерудных минералов – кварца и силикатов (рис. 4 – а, б). Их массовая доля составляет 82,6 в пробе 1 и 83,8 в пробе 2. Количество раскрытых рудных зерен магнетита и гематита – 6,1 и 4,5%, соответственно 1 и 2 пробам. Основная часть рудных минералов, слагающих хвосты, характеризуется крупностью менее 0,024 мм, но преимущественно, это частицы, крупностью от 0,005 до 0,01 мм.

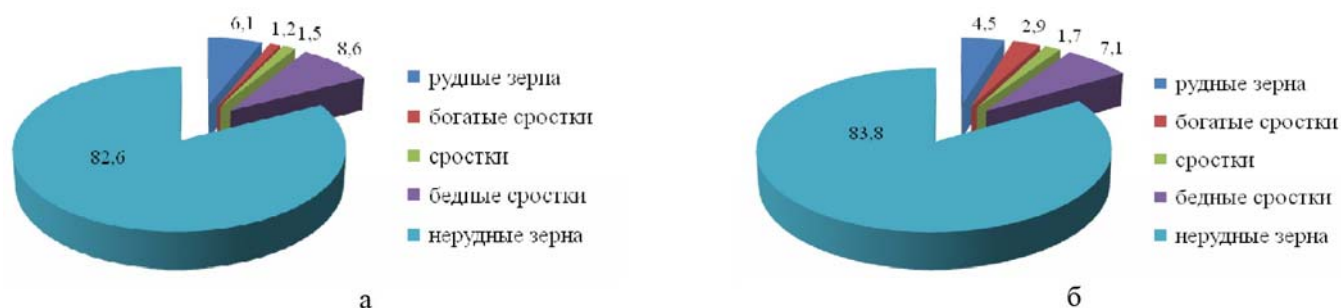
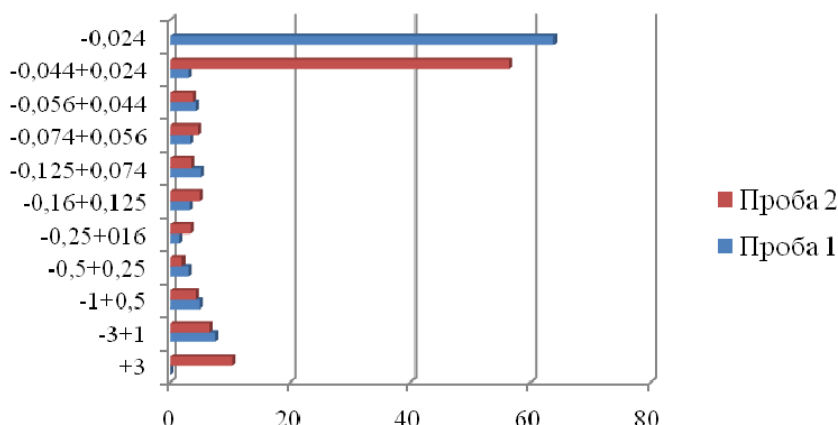


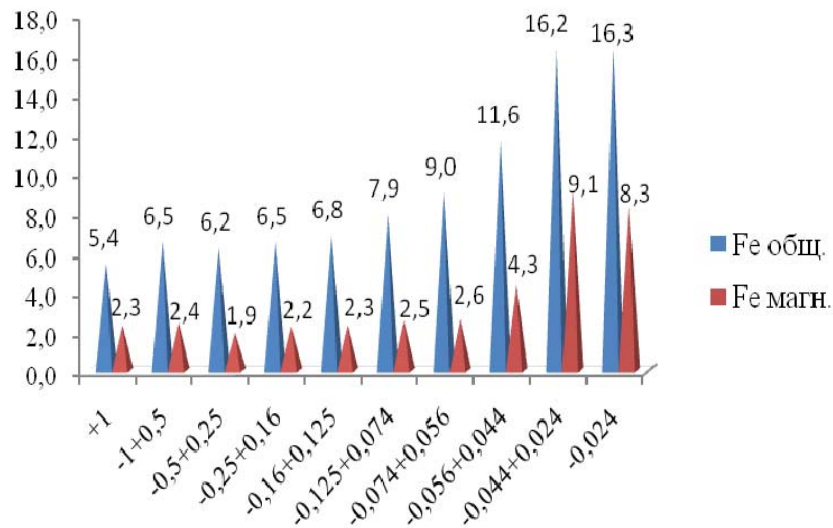
Рис. 4 – Раскрытие минеральных зерен в хвостах обогащения пробы 1 (а) и пробы 2 (б)

Массовая доля всех видов сростков магнетит-кварцевого, кварц-магнетитового, силикат-магнетитового, магнетит-силикатного и карбонат-силикат-магнетитового состава в пробе 1 – 11,3, в пробе 2 – 11,7%. Причем, как в первой, так и во второй пробах существенно преобладают сростки с содержанием рудного компонента 5-25% (бедные сростки).

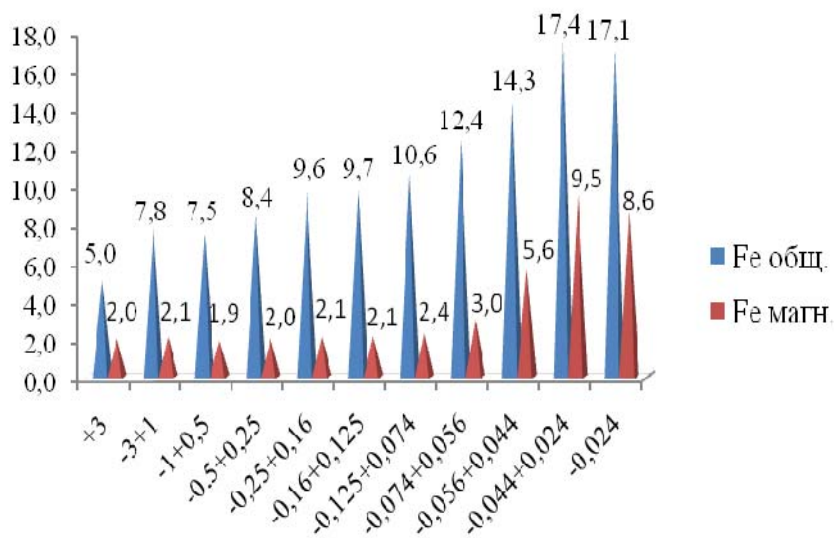
Хвосты обогащения железистых кварцитов обеих проб характеризуются крупностью менее 3 мм, но основная часть материала представлена минеральными частицами, крупностью менее 0,024 мм (рис. 5).

В распределении железа по классам крупности, в хвостах обогащения обеих проб установлено, что с уменьшением крупности увеличивается массовая доля железа общего, и железа, входящего в состав магнетита (рис. 6 – а, б). Таким образом, основная часть потерянного с хвостами железа связана с потерей тонкозернистого рудного материала.

Рис. 5 – Массовая доля выхода материала хвостов обогащения по классам крупности, %  
-0,024...+3 – классы крупности, мм; 0-80 – массовая доля, %



а



б

Рис. 6 – Распределение массовой доли железа общего и железа, входящего в состав магнетита по классам крупности, в хвостах обогащения пробы 1 (а) и пробы 2 (б) -0,024; -0,044+0,024.....+1 – классы крупности, мм; 0-18 – массовая доля, %

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Пирогов Б.И., Пирогова В.В. Минералогическое исследование железных и марганцевых руд.-М: Недра, 1973.– 214 с.
2. Рамдор П. Рудные минералы и их сростания.-М: Изд. иностранной литературы, 1962. – 132 с.
3. Ревнивцев В.И. Роль технологической минералогии в обогащении полезных ископаемых // Записки Всесоюзного минералогического общества. – 1982. – №4. – С. 443-449.