

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОССТАНОВИМОСТИ И ВОЗМОЖНОСТИ ОБЖИГМАГНИТНОГО ОБОГАЩЕНИЯ ОКИСЛЕННОЙ НИКЕЛЕВОЙ РУДЫ МЕСТОРОЖДЕНИЯ «БЕЛОГОРСК»

Оспанов Н.И.*, магистрант; Байсанов А.С., к.т.н.*; Байсанов С.О., д.т.н., профессор*;

Толымбеков М.Ж., директор*; Келаманов Б.С., к.т.н. доцент**

*Химико-металлургический институт им. Ж.Абишева

г. Караганда, Республика Казахстан;

**Актюбинский государственный университет им. К.Жубанова

г. Актобе, Республика Казахстан

В настоящее время в области черной и цветной металлургии, а так же в машиностроительной отрасли наблюдается рост потребления никеля. Казахстан обладает значительными запасами никелевых руд, осуществляет их добычу, но не обладает мощностями и технологиями даже по первичной переработке никельсодержащего сырья.

Наиболее крупные месторождения никелевых руд сосредоточены в Актюбинской области в Батамшинской группе месторождений: Никельтау, Рождественское, Кокпектинское и др. с разведанными балансовыми запасами до 423,5 млн.т., в восточном Казахстане месторождения Белогорское, Караул-Тобе, Кызылтырское, Букорское, Горностаевское. Особенностью окисленных никелевых руд является непостоянство химического и вещественного составов [1-2].

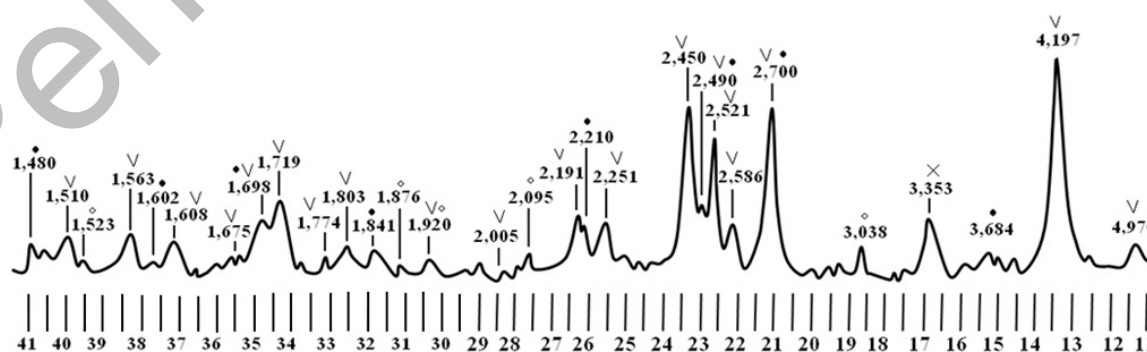
Известно, что до сих пор методы механического обогащения окисленных никелевых руд еще не найдены, поэтому вся исходная руда поступает непосредственно на плавку. Это не позволяет достигнуть высоких технико-экономических показателей на стадии рудно-термической плавки на ферроникель и зачастую не позволяет перерабатывать некондиционные никелевые руды. В этой связи, решение задачи по вовлечению в металлургический передел не находящих применения отечественных никелевых руд современно и актуально.

В рамках проводимых исследований была изучена высокожелезистая никель-кобальтовая руда Белогорского месторождения, химический состав которой представлен в таблице 1.

Таблица 1 - Химический состав исследуемых никелевых руд Белогорского месторождения

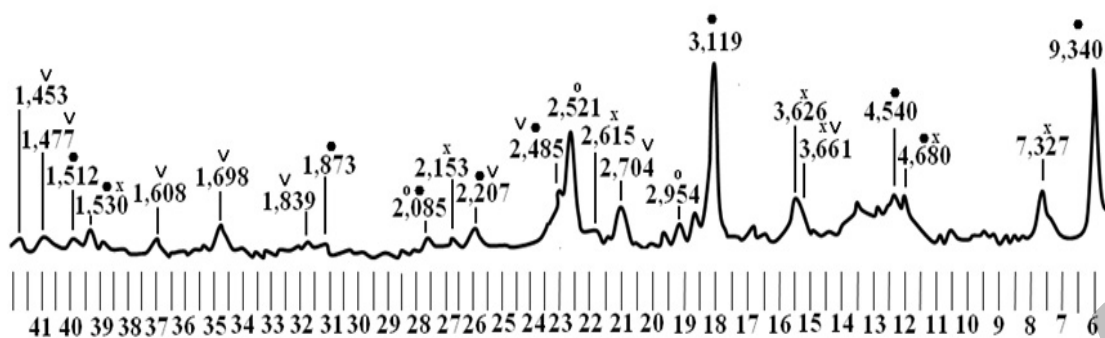
Материалы	Химический состав, %						
	Ni _{общ}	Fe _{общ}	SiO ₂	MgO	Al ₂ O ₃	W ^d	п.п.п.
Рудник 2	0,34	37,46	22,23	2,5	6,52	2,09	14,34
Охра	0,65	16,12	42,71	20,5	2,25	4,35	10,29
Листвениты	0,52	5,15	44,11	32,5	0,87	1,47	11,24

Путем рентгенофазового анализа установлено, что в исследуемой никелевой руде месторождения Белогорск преобладают следующие минералы: кварц, гематит, магнетит, гетит, тальк, группа серпентина, кальцит и кварцит (рисунки 1-3).



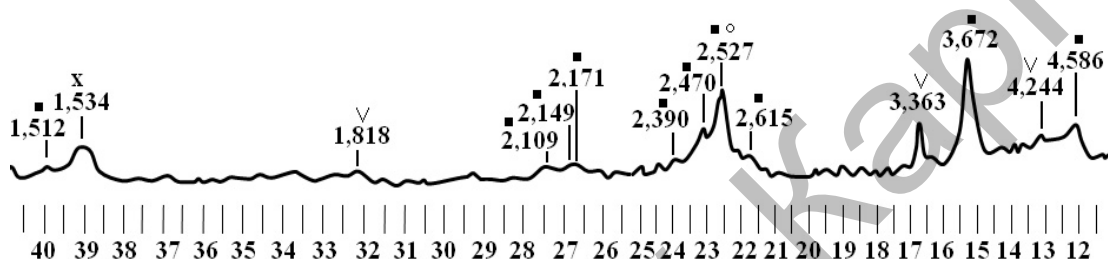
● – гетит; ∇ – кварцит

Рисунок 1 - Рентгенограмма никелевой руды Рудник №2



v – гематит; $\acute{\alpha}$ – Fe_2O_3 ; • – тальк $\text{Mg}_3\text{Si}_4(\text{OH})_2$; × – группа серпентина; кальцит

Рисунок 2 – Рентгенограмма никелевой руды Охра

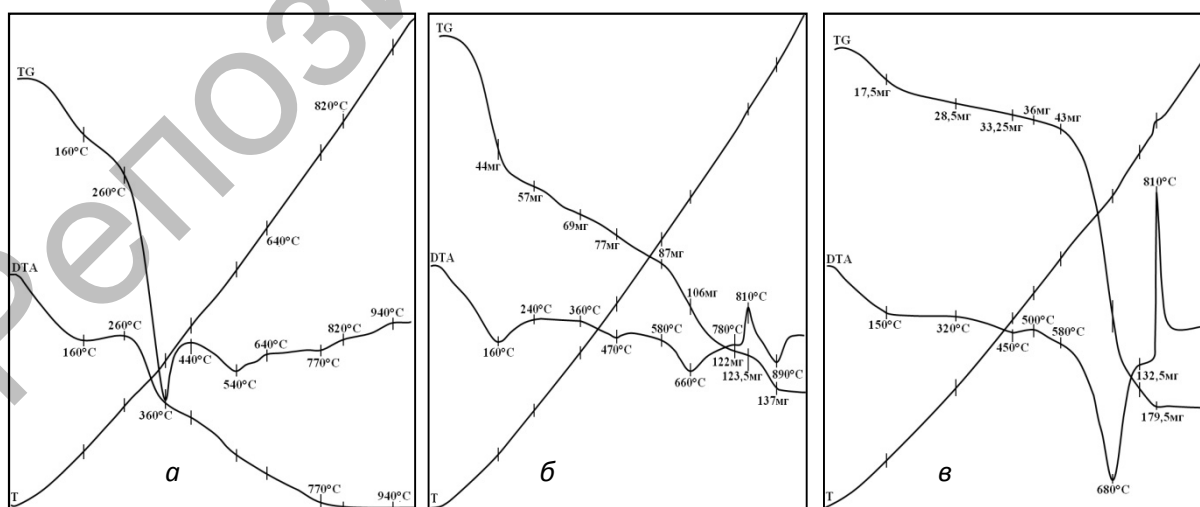


v – кварц $\acute{\alpha}$ - SiO_2 ; ■ – группа серпентина

Рисунок 3 - Рентгенограмма никелевой руды Листвениты

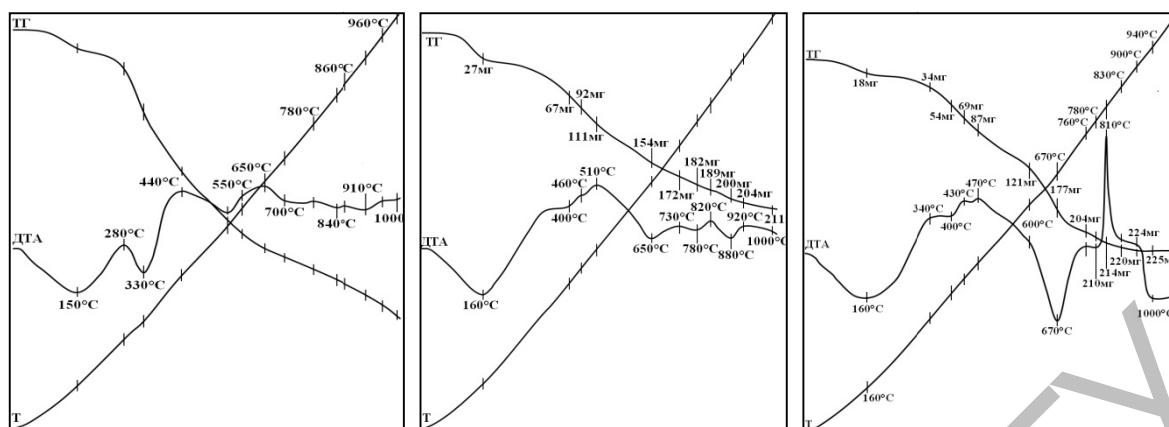
По содержанию основных шлакообразующих компонентов месторождение Белогорское характеризуется как слабо кремнеземистое, магниальное и сильно железистое – среднее содержание железа в руде составляет 21%.

Термографическое исследование Белогорской никелевой руды (рисунок 3) и в смеси с газовым углем месторождения Жалын (рисунок 4) были проведены на дериватографе системы Ф. Паулик, И. Паулик, Л. Эрдей. Скорость нагрева пробы составляла $10^\circ/\text{мин}$. Это позволило зафиксировать фазовые превращения, протекающие в исследуемых никелевых рудах при непрерывном нагревании в атмосфере воздуха.



а – Рудник №2; б – Охра (проба №3); в – Листвениты

Рисунок 3 – Дериватограммы никелевой руды месторождения Белогорск



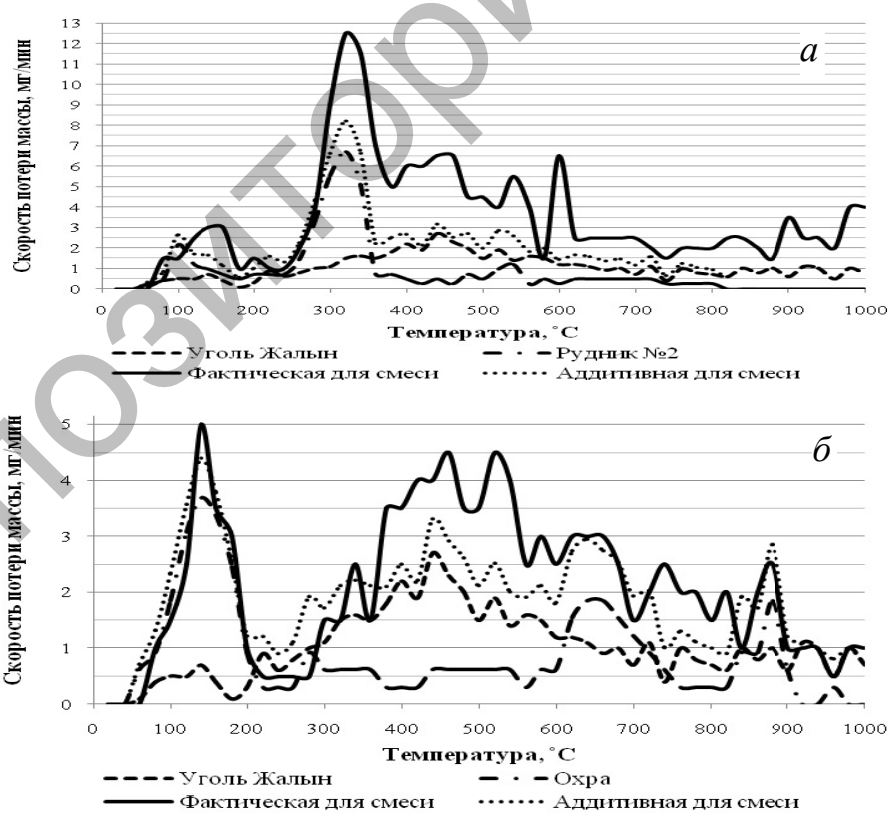
а – Рудник №2; б – Охра; вб Листвениты

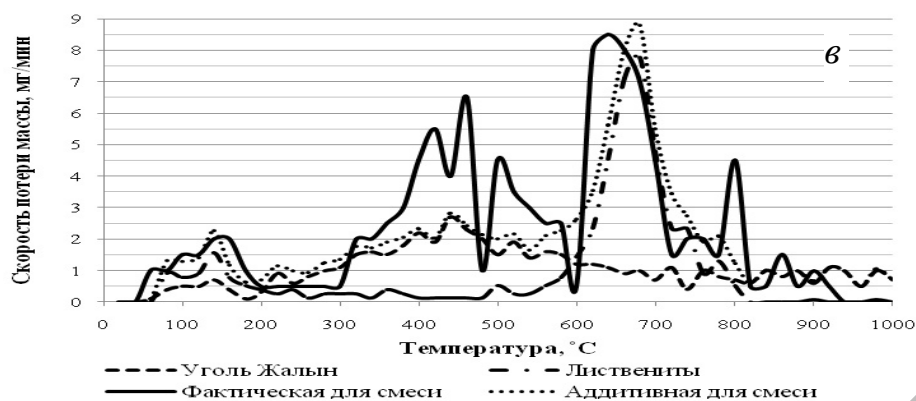
в

Рисунок 4 – Дериватограммы смесей никелевых руд месторождения Белогорск с углем Жалын

Так на всех дериватограммах зафиксирован эндотермический эффект удаления гигроскопической влаги при 150-160°C. Сильный эндотермический эффект удаления гидратной влаги зафиксирован только на дериватограмме пробы Рудник №2, что соответствует присутствию больших количеств гётита и возможно других гидрооксидов железа. Сильный эндотермический эффект при 660-680°C и следующий за ним экзотермический эффект при 810°C зафиксирован только на дериватограмме пробы Листвениты и соответствует разложению карбонатов. Такой же, но только менее сильный эффект зафиксирован на дериватограмме пробы Охра.

Для сравнения кривые скоростей потери массы руды, угля, их аддитивных и фактических смесей сопоставлены на рисунке 4.





а – Рудник №2; б – Охра; в – Листвениты

Рисунок 4 - Скорости потерь массы для смесей Белогорских никелевых руд и угля Жалын при непрерывном нагреве в атмосфере воздуха

Сравнение эти кривых показывает, что максимальная скорость потери массы у фактической смеси пробы №2 и угля находится в интервале температур 600-700°C, что соответствует процессу диссоциации серпентина ($3\text{MgO} \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), нонтронита ($(\text{Fe}, \text{Al})_2[\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}]$) и карбоната магния.

Из рисунка 4 видно, что в интервале температур 300-700°C фактическая кривая значительно превышает аддитивную кривую, что свидетельствует о повышении скорости физико-химических процессов, соответствующих окислительно-восстановительным реакциям.

Следующей задачей было изучение возможности обжигмагнитного обогащения исследуемой руды. Изначально проба руды Листвениты крупностью 0-60 мм подвергалась предварительному дроблению до фракции 0-5 мм. Пробы руд Охра и Рудник 2 уже имели фракцию 0-5 мм и не нуждались в предварительном дроблении. Далее все три пробы измельчали до фракции 0,074 мм.

Затем из получившейся пыли были отобраны три лабораторные пробы весом 500 г. Далее, с целью удаления первичной влаги, пробы подвергались сушке. Процесс проводили в алундовых тиглях, в муфельной печи (СНОЛ-1,6,2,5,1/9-И5). Температура сушки составила 500°C, продолжительность 6 часов.

Следующей технологической операцией был восстановительный обжиг. В качестве восстановителя использовали длиннопламенный уголь месторождения Шубарколь фракцией 0-10 мм, расход которого составлял 20% от веса высушенной руды. Полученные смеси обжигали в алундовых тиглях, при температуре 900°C, в течение 2 часов соответственно.

Получившиеся обожженные огарки никелевой руды Белогорского месторождения подвергли ситовому рассеву с целью разделения руды и восстановителя, в виде образовавшегося полукокса. Далее обожженную пыль подвергли повторному измельчению и мокрой магнитной сепарации на электромагнитном трубчатом сепараторе 25Т-СЭМ, результаты которой приведены в таблицах 2.

Таблица 2 - Результаты мокрой магнитной сепарации никелевой руды Белогорского месторождения обожженной при температуре 900°C

Фракция (ампер)	Выход, %	Содержание, %				Извлечение, %			
		Ni	Fe	SiO ₂	MgO	Ni	Fe	SiO ₂	MgO
Рудник №2, магн. фр.(7А)	78,09	0,65	58,77	7,44	-	79,70	83,84	59,08	0,00
Рудник №2, не магн. фр.(7А)	21,91	0,59	40,38	18,36	1,98	20,30	16,16	40,92	100
Итого	100	0,64	54,74	9,83	0,43	100	100	100	100
Охра, магн. фр.(7А)	5,34	1,20	39,70	26,64	7,45	8,93	11,82	3,31	2,87
Охра, не магн. фр.(7А)	94,66	0,69	16,69	43,87	14,22	91,07	88,18	96,69	97,13
Итого	100	0,71	17,92	42,95	13,86	100	100	100	100
Листвениты, магн. фр.(7А)	6,56	0,82	32,79	27,29	14,94	7,17	30,42	4,09	2,94
Листвениты, не магн. р.(7А)	93,44	0,75	5,26	44,92	34,61	92,83	69,58	95,91	97,06
Итого	100	0,75	7,07	43,76	33,32	100	100	100	100

Из таблицы 2 видно, что полученные результаты не отличаются высокими показателями разделения основных элементов и не являются удовлетворительными. Следовательно, применение предварительного восстановительного обжига нецелесообразно и приведет к увеличению энергозатрат.

Полученные неудовлетворительные результаты по обжигмагнитному методу обогащения вызвали интерес к возможности применения только магнитного обогащения, как предварительной стадии подготовки никелевой руды.

Для этого была проведена мокрая магнитная сепарация исходных проб руды, приведенных в таблице 1, пробы истирались до фракции 0,074 мм. Сепарация проводилась на электромагнитном трубчатом сепараторе 25Т-СЭМ. Результаты мокрой магнитной сепарации приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Результаты мокрой магнитной сепарации никелевой руды Белогорского месторождения

Фракция (ампер)	Выход, %	Содержание, %					Извлечение, %				
		Ni	Fe	SiO ₂	MgO	Co	Ni	Fe	SiO ₂	MgO	Co
Листвениты, магн. фр.(7А)	11,5	0,81	32,73	24,21	11,19	0,04	11,14	60,73	7,59	10,30	13,71
Листвениты, не магн. р.(7А)	88,5	0,84	2,75	38,30	12,66	0,04	88,86	39,27	92,41	89,70	86,29
Итого	100	0,84	6,20	36,68	12,49	0,04	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Охра, магн. фр.(7А)	10,4	0,95	57,22	7,08	4,59	0,05	13,61	34,27	1,82	3,58	10,40
Охра, не магн. фр.(7А)	89,6	0,70	12,74	44,40	14,35	0,05	86,39	65,73	98,18	96,42	89,60
Итого	100	0,73	17,37	40,52	13,33	0,05	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Рудник №2, магн. фр.(7А)	7,46	0,43	58,93	3,78	1,21	0,05	12,17	9,04	16,77	3,84	3,80
Рудник №2, не магн. фр.(7А)	92,59	0,25	47,73	9,46	0,60	0,03	87,83	90,96	83,23	96,16	96,20
Итого	100,0	0,26	48,58	4,20	1,17	0,05	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Таким образом, восстановительные процессы в окисленных никелевых рудах показали, что все физико-химические превращения происходят в низких интервалах температур. Фактические смеси никелевой руды превышают аддитивные смеси руды и восстановителя, что способствует развитию физико-химических процессов дегидратации в данной исследуемой пробе. Удаление влаги из никелевой руды во всех пробах происходит в интервале температур 0-200°C.

По результатам исследования можно заключить о том, что из окисленных никелевых руд Белогорского месторождения магнитному обогащению, а именно методом мокрой магнитной сепарации, поддается лишь проба Охра. Так выделенная магнитная фракция характеризуется повышением содержания никеля с 0,73% до 0,95% и железа с 17,37% до 57,22%, снижением доли кремнезема с 40,52% до 4,59%.

Стоит отметить сходимость полученных значений с исходным составом пробы Рудник №2, которая относится к железистому типу, что дает вариант возможного их комбинирования. Такой же вариант следует рассмотреть для немагнитной фракции пробы Охра, состав которой близок к исходному составу пробы Листвениты, что объясняется одной природой образования.

Литература:

1 Келаманов Б.С., Толымбеков М.Ж., Каскин К.К., Байсанов А.С., Алмагамбетов М.С. Исследования возможности вовлечения в металлургический передел Казахских никелевых руд // Респ. науч. журнал «Технология производства металлов и вторичных материалов». – Темиртау, 2007. - № 2 (12). – С. 88-91.

2 Кантемиров М.Д., Павлов А.В., Кенжалиев Б.К. О перспективах, технических и технологических особенностях организации производства никеля и кобальта из оксидных руд Казахстана // КИМС. – 2003.- № 5. - С. 23-28.