

УДК 622.7'017

Т.Н. Гзогян

О НЕОДНОРОДНОСТИ МАГНЕТИТА МЕСТОРОЖДЕНИЙ КМА

Приводятся новые данные об особенностях состава и свойств магнетита Михайловского месторождения и месторождений Старооскольского рудного узла. Показаны различия в свойствах и дефектность структуры магнетита и присутствие маггемита.

Ключевые слова: железистые кварциты, магнетит, маггемит, неоднородность структуры, микронзондовый анализ, термограммы, элементарная ячейка.

Семинар № 4

При длительной эксплуатации месторождений технологические физико-механические свойства минерального сырья постепенно изменяются: видоизменяется вещественный состав и вкрапленность минералов.

Предметом настоящей работы являются магнетиты месторождений Старооскольского рудного узла.

Магнетит – типоморфный минерал, состав и свойства которого зависят от условий образования. Эта особенность связана с тем, что изоморфная емкость магнетита в значительной мере является функцией температуры: при высокой температуре магнетит способен захватывать целый ряд элементов – примесей (Ti, Cr, Mg, Mn, Ni, Co и др.), а при ее понижении в них возникают явления распада твердых растворов, что, в свою очередь, сказывается на его физико-механических свойствах – микротвердости, магнитных характеристиках, размерах элементарной ячейки кристаллической решетки, отражательной способности.

Таким образом, магнетит является весьма чувствительным индикатором условий образования месторождения [1]. Кроме того, изучение вариации состава магнетита имеет существенное значение для прогно-

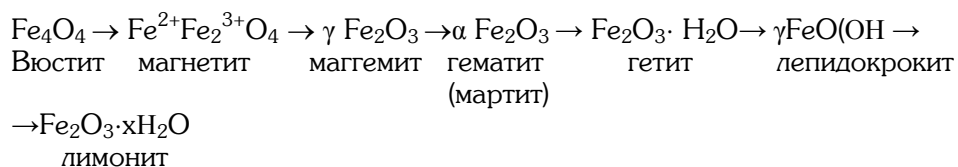
за технологических показателей обогащения при переработке железистых кварцитов.

Изучение вещественного состава железистых кварцитов Михайловского месторождения показало наличие в них 4-х генераций магнетита, что обусловлено неравномерной метасоматической изменчивостью первичных магнетитов, процессами рекристаллизации, мушкетовитизации и гипогенной мартитизации, сопровождающейся уменьшением размеров зерен магнетита [1].

Особенности неоднородности состава и свойств магнетита влияют на изменчивость степени его окисления в процессе измельчения, эффективность флокуляции переизмельченных частиц и, как следствие, на технологические показатели обогащения [3].

Исследование состава магнетитов Михайловского месторождения достаточно подробно изучено ранее и выявило присутствие в них наряду с магнетитом и гематитом также и маггемита (от 4.5 до 11%), причем, наличие маггемита характерно для всех минеральных типов кварцитов [1, 3, 4].

Отмечающийся в природе в магнетитовых кварцитах морфологический ряд:



подчеркивает наличие сложных взаимосвязей между структурами оксидов железа. Причем, с переходом от одного структурного типа к другому, как правило, наследуются некоторые особенности исходного типа: вюстит имеет структуру галита, маггемит – типа обращенной шпинели, магнетит – дефектную структуру обращенной шпинели, а гематит – структуру типа корунда. Размер ребра элементарной ячейки в зависимости от состава в процессе окисления вюstitа в магнетит и маггемит последовательно уменьшается с уменьшением числа катионов Fe^{2+} . Прямолинейная зависимость параметра решетки от состава подчеркивает сходство между структурами этих соединений. Уменьшение ребра элементарной ячейки магнетита при переходе в маггемит вызвано заменой Fe^{2+} с ионным радиусом 0,80 Б на Fe^{3+} с ионным радиусом 0,67 Б с одновременным выносом одной трети ионов Fe^{2+} из структуры магнетита [2, 3]. Следует отметить, что весьма неоднородными являются магнетиты, связанные с незавершенными процессами мартитизации и мушкетовитизации. Это связано с проявлением морфотропных преобразований в указанном выше ряду оксидов, массовая доля железа в котором падает с 72,3 (магнетит) до 62 % (лимонит).

Значения ребра элементарной ячейки магнетита Михайловского месторождения показало, что средний размер ее равен 8,395 Б и это несколько меньше, чем у магнетита стехиометрического состава (8,396 Б), установлено, что тенденция увеличе-

ния параметра решетки магнетита наблюдается в кварцитах с ростом глубины их залегания и в направлении от южной части месторождения к северной [3].

Средний размер ребра элементарной ячейки магнетитов Старооскольского рудного узла также несколько меньше и составил: для Лебединского – 8.371, Стойленского – 8.381, Коробковского – 8.384, Приоскольского – 8.373Б. Оценка деформаций магнетита рентгеновскими исследованиями позволяет сделать вывод о том, что изменение главных межплоскостных расстояний изученных образцов магнетита в большей степени характерно для Лебединского и Приоскольского месторождений.

Данные высокотемпературной магнитометрии также свидетельствуют о некотором отличии магнетитов Михайловского месторождения (среднее значение температуры Кюри 576 °С) от стехиометрических (585 °С). С увеличением глубины и в направлении с юга на север на месторождении отмечается рост значений температуры Кюри магнетита – с 574.6 до 578 °С.

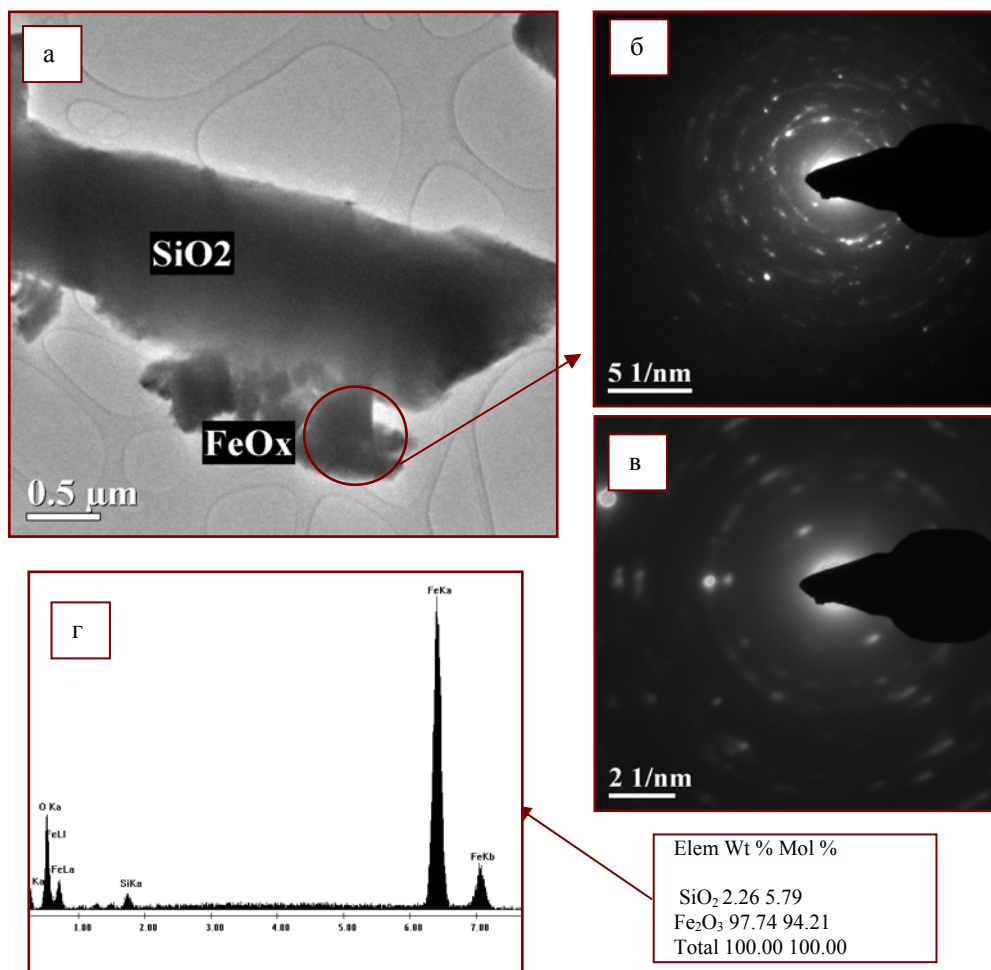
Значения точки Кюри магнетита указывают на недостаток ионов Fe^{+2} , это особенно характерно для средне- и труднообогатимых железистых кварцитов (575,5 и 577,9 °С соответственно), общей для всех сортов кварцитов месторождения является тенденция к увеличению в той или иной мере точки Кюри магнетита с ростом глубины залегания.

Микронзондовый анализ выявил дефицит железа в зернах магнетита

Магнитные характеристики магнетита

Месторождение	α магн, %	$\chi, 10^{16}, \text{м}^2/\text{кг}$	$H_c, 10^3 \text{ А/м}$	$K_n, \text{ д.ед.}$
Лебединское	26.2	23.8	102.1	0.683
Стойленское	28.1	34.9	105.1	0.704
Коробковское	26.7	44.3	96.2	0.688
Приоскольское	26.0	34.5	110.4	0.681

Примечание: α – массовая доля железа магнитного в руде, χ – удельная магнитная восприимчивость, H_c – коэрцитивная сила, K_n – коэффициент неоднородности.



Электроннограммы фаз, снятые с частиц магнетита под разными углами ориентировки прибора (рефлексы соответствуют структуре магнетита): а – диспергированный материал на подложке: частицы оксида железа, силиката, кремния; б, в – картины микродифракции от частиц магнетита; г – энергодисперсионный спектр и химический состав частицы магнетита (примесь SiO₂ связана с наличием наноразмерных включений)

различных генераций Михайловского месторождения, массовая доля которого колеблется от 66,89 до 72,38%.

Дефицит железа в зернах магнетита характерен и для месторождений Сторооскольского рудного узла, так массо-

вая доля железа колеблется от 67.8 до 71.79 Коробковском, от 68.9 до 72.39 – Лебединском, от 69.1 до 72.42 – Стойленском, от 67.3 до 72.67 % – Приоскольском месторождениях.

Термомагнитный анализ практически во всех магнетитах данных месторождений при температуре 340–350 °С показывает слабый экзотермический эффект, соответствующий маггемиту. Присутствие маггемита подтверждается и электрограммами, снятыми с частиц магнетита. По данным микродифракции, отсутствие периодичности в расположенных некоторых рефлексах свидетельствует о наличии дефектов и дислокаций в решетке магнетита (рис). Наибольшее количество маггемита фиксируется на Приоскольском месторождении (до 10%), наименьшее – на Коробковском (до 6%), Лебединское и Стойленское занимают промежуточное положение (5 – 8%).

Точка Кюри для магнетита Лебединского месторождения в среднем составила 573.3, для Стойленского – 571.8, для Коробковского – 574.2, для Приоскольского – 578.3°С.

Изменение соотношения Fe^{3+} и Fe^{2+} обуславливает и невыдержанность магнитных свойств магнетита, которые являются одним из важнейших факторов, влияющих на обогащаемость железистых кварцитов.

Анализ таблицы показывает, что магнетиты Старооскольского рудного узла являются магнитожесткими и при переработке таких руд в схемы обогащения необходимо вводить операции дефлокуляции и селективной флокуляции. Отличия в удельной магнитной восприимчивости свидетельствуют о различном петрографическом составе руд и размеров вкрапленности магнетита.

Таким образом, полученные результаты свидетельствуют о значительной неоднородности магнетита как Михайловского месторождения ($K_n = 0.715$), так и магнетита месторождений Старооскольского рудного узла, которая является следствием протекания процессов щелочного метасоматоза и рекристаллизации и выражается в различии их технологических и физико-механических свойств. А в обогащательном переделе при измельчении рудной шихты, особенно шаровом, возможны фазовые превращения за счет окисления части магнетита и могут обуславливать дебаланс магнетита.

Более детальное количественное определение преобразований минерального вещества в процессе рудоподготовки (дробление, измельчение) железистых кварцитов требует дальнейших исследований.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пирогов Б.И., Поротов Г.С., Холошин В.Н. и др. Технологическая минералогия железных руд, Л., Наука, 1988.
2. Кудрявцева Г.П., Гаранин В.К., Жилиева В.А. Магнетизм и минералогия природных ферроматнетиков.- М., 1982.
3. Гзогян Т.Н. Состав и свойства магнетита Михайловского месторождения. –

Горный информационно-аналитический бюллетень, № 12, 2001 г.

4. Гзогян Т.Н. Генетическая дефектность магнетита. //Сборник докладов 10-ого международного симпозиума «Освоение месторождений минеральных ресурсов и подземное строительство в сложных гидрогеологических условиях», Белгород, 2009. **ГИАН**

Коротко об авторе

Гзогян Т.Н. – зав. лаборатории ФГУП ВИОГЕМ, кандидат технических наук, действительный член Академии горных наук.