

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

доктора геолого-минералогических наук Попова Владимира Анатольевича на диссертационную работу Колковой Марии Сергеевны, выполненную на тему: «Минералого-технологические особенности железо-титановых руд Медведёвского месторождения», представленную на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 25.00.05 – Минералогия, кристаллография.

Актуальность диссертационной работы

Титаномагнетитовые и ильменит-титаномагнетитовые месторождения Кусинско-Копанской группы на Южном Урале, характеризуются большими запасами и расположены в промышленно развитом районе Урала. Традиционно данные руды рассматриваются в качестве перспективного комплексного сырья на титан, железо и ванадий. Однако средне- и высокотитанистые руды Медведёвского, Копанского и Маткальского месторождений при современном состоянии технологий обогащения и металлургического передела не перерабатываются. Неблагоприятным фактором является наличие в рудах труднообогатимых высокотитанистых микроагрегатов титаномагнетита, представляющих собой продукты распада ряда ильменит-магнетит, которые трудно поддаются механическому разделению.

К одному из наиболее перспективных в данной группе месторождений относится Медведёвское, которое разведано в 1962–1968 годах и позднее вскрыто карьером, однако отработка руд в настоящее время не ведется. Во вскрытой части карьера минералогия руд достаточно хорошо изучена, и на повестке дня стоит совершенствование технологии обогащения труднообогатимого высокотитанистого рудного сырья с применением более прогрессивных решений переработки с учетом структурной и минеральной неоднородности руд.

Поэтому актуальность темы диссертации М.С. Колковой, сформулированной как «Минералого-технологические особенности железо-титановых руд Медведёвского месторождения», не вызывает сомнений.

Целью исследований является выявление минералого-технологических особенностей – морфоструктурных характеристик, состава и физических свойств минералов вкрапленных ильменит-титаномагнетитовых и титаномагнетитовых руд Медведёвского месторождения для обоснования способов их переработки.

Для достижения цели автором были решены следующие задачи:

1. Охарактеризовать геологическую ситуацию Медведевского месторождения железотитановых руд по литературным данным и собственным представлениям – условия локализации

рудных тел, их ассоциации с магматическими горными породами геологического разреза месторождения, «скрытую слоистость» и неоднородность массива, выраженную в изменении строения и сложения горных пород и состава минералов.

2. Рассмотреть влияние особенностей вещественного состава и строения вкрапленных титаномagnetитовых и ильменит-титаномagnetитовых руд, а также относительной интенсивности их изменения в течение постмагматических процессов минералообразования на степень раскрытия сростаний рудных и нерудных минералов при рудоподготовке.

3. Исследовать поведение минералов титаномagnetитовых и ильменит-титаномagnetитовых руд в магнитном поле при разных значениях его напряженности для прогноза их разделения в процессе магнитной сепарации.

4. Оценить структурную и минеральную неоднородности рудных микроагрегатов, проявившиеся в результате твердотельных превращений при окислительном обжиге дробленого материала руд разных классов крупности при температуре 1100 °C во временном интервале, равном 24, 48 и 72 часа.

Структура работы

Представленная диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения и списка литературы (141 наименование). Текст изложен на 120 страницах, включает в себя 49 рисунков и 33 таблицы.

Во Введении обоснованы актуальность, идея, цель и задачи исследования, показана научная новизна, приведены сведения о достоверности полученных результатов, их публичной апробации, личном вкладе автора.

Первая глава посвящена обзору состояния минерально-сырьевой базы железотитановых руд магматогенного происхождения. Отмечается, что ильменит-титаномagnetитовые и существенно ильменитовые руды с содержанием TiO_2 более 3 мас. %, доля которых составляет 25.3 % запасов в месторождениях титана РФ, не разрабатываются. В настоящее время отрабатываются только руды низкотитанистого (TiO_2 менее 3 мас. %) Гусевгорского месторождения. Анализ существующих технологий переработки средне- и высокотитанистых титаномagnetитовых руд показал, что в получаемом железном концентрате содержание TiO_2 превышает 4 мас. %, что не соответствует технологическим требованиям доменного производства. Обсуждены технологические свойства минералов, определяющие выбор технологии обогащения.

Во второй главе приведен обзор геологических сведений по локализации Медведевского месторождения железо-титановых руд относительно Кусинско-Копанского комплекса габбровых интрузий с краткой характеристикой пространственных параметров Медведевского массива и рудных тел. Отражена неоднородность месторождения, обусловленная изменением состава пород и минералов от лежащего к висячему боку массива.

Приведенный анализ существующих технологий обогащения титаномagnetитовых и ильменит-титаномagnetитовых руд Медведевского месторождения по магнитно-флотационной схеме подтвердил отсутствие возможности выделения железного концентрата с низким содержанием диоксида титана, что обусловлено сложностью строения руд. Поэтому необходимо было дополнительно охарактеризовать текстуры, структуры и минералогию руд для выявления технологических свойств, повышающих эффективность процессов рудоподготовки и способов переработки руд.

В третьей главе рассмотрены результаты минералогических исследований титаномagnetитовых и ильменит-титаномagnetитовых руд (с нашим дополнением). Анализ ранее опубликованных рядом исследователей текстурно-структурных характеристик вкрапленных руд и природных минеральных ассоциаций, обусловленных этапами магматического формирования и преобразования руд в постмагматических процессах, показал, что относительная интенсивность изменения титаномagnetитовых руд меньше, чем ильменит-титаномagnetитовых. Такое различие отразилось на значениях микротвердости минералов и удельной магнитной восприимчивости, а также позволило спрогнозировать поведение минералов руд в разделительном процессе. Экспериментально подтверждено, что при дроблении ильменит-титаномagnetитовых руд Медведевского месторождения выход тонких классов больше, чем при дроблении титаномagnetитовых руд.

Анализ рудных микроагрегатов позволил проследить эволюцию продуктов распада твердых растворов ряда magnetит-ильменит, выраженную в изменении структуры агрегатов титаномagnetита, морфологии рудных минералов и их элементного состава. С увеличением степени изменения титаномagnetита содержание Fe_2O_3 для микроагрегатов тонкорешетчатой структуры увеличивается до 65.89–67.68 мас. %, а в magnetите сегрегационного обособления составляет 66.43–67.31 мас. % при содержании примесей (мас. %): TiO_2 0.43–1.05 и 0.53–0.88, V_2O_5 0.72–1.22 и 0.83–1.11 для микроагрегатов тонкорешетчатой структуры и сегрегационного обособления, соответственно. Для ильменита паркетной структуры характерно самое низкое содержание TiO_2 47.68–50.14 мас. % при FeO и Fe_2O_3 , равных 45.10–47.47 и 1.47–3.85 мас. %, соответственно. С повышением степени изменения содержание TiO_2 увеличивается до 48.96–50.07 мас. % для микроагрегатов тонкорешетчатой структуры и 51.02–52.50 мас. % для ильменита сегрегационного обособления, а содержание FeO 42.05–43.78 и 43.44–45.91 мас. %, соответственно.

соответственно. Полученные мессбауэровские спектры титаномагнетитовой и ильменит-титаномагнетитовой вкрапленных руд показали, что магнитные продукты и титаномагнетитовых, и ильменит-титаномагнетитовых руд содержат примеси гематита и силикатов.

Установлено, что в классах крупности менее -0.25 мм суммарное количество силикатно-рудных сростков составляет менее 15 % анализированного дробленого материала проб, и процесс раскрытия агрегатов можно отнести к весьма эффективному обогащению руд.

В четвертой главе рассмотрено поведение агрегатов титаномагнетита и ильменита во внешнем магнитном поле. Экспериментально подтверждено, что селективная магнитная сепарация позволяет выделить титаномагнетитовые и ильменитовые продукты заданного качества. При напряженности магнитного поля 10 мТл выделяется магнитная фракция титаномагнетита с единичными зернами ильменита, а при 140 мТл – фракция ильменита. С понижением класса крупности фиксируются мартитизированные агрегаты титаномагнетита.

В пятой главе приведены результаты опытного окислительного обжига минеральных агрегатов титаномагнетита. Установлено, что термическая обработка рудных агрегатов уменьшает степень неоднородности их минерального и химического состава благодаря перераспределению химических элементов в процессе диффузии и образованию псевдобрукита и рутила с последующим их укрупнением. С уменьшением крупности микроагрегатов интенсивность процесса твердофазного превращения увеличивается, оптимальным классом крупности является $-0.25+0.125$ мм. Установлено, что вновь образованные минералы, большей частью, являются твердыми растворами. Окислительный обжиг мелких фракций титаномагнетитовых руд может способствовать повышению извлечения титана в продукты разного типа.

В заключении изложены основные выводы диссертационной работы, полученные в результате исследований.

Автореферат, изданный на правах рукописи, содержит 26 страниц. Материалы, изложенные в автореферате, практически полностью отражают содержание диссертационной работы М.С. Колковой.

Научная новизна работы

1. В диссертационной работе на основании обзора работ предшественников и своих наблюдений построена схема онтогенеза руд вкрапленных железо-титановых руд Медведевского месторождения. Характерная микроагрегатная текстура руд существенно определяет методику обогащения подобных руд. Такое видение проблемы обогащения руд Медведёвского месторождения является новым.

2. Установлено, что значения спинового магнитного момента магнетита и ильменита определяются наличием элементов-примесей, что влияет на поведение рудных минералов во внешнем магнитном поле и обуславливает параметры магнитного анализа.

3. Экспериментально доказано, что степень изменения микроагрегатов титаномагнетита, обусловленная интенсивностью процессов перекристаллизации и мартитизации, предопределяет их поведение во внешнем магнитном поле и позволяет спрогнозировать параметры его напряженности для получения продуктов заданного качества.

4. Доказана возможность направленного изменения технологических свойств рудных минералов при окислительном обжиге фракций $-0.25+0.071$ мм продолжительностью 72 часа в продолжение природных процессов минералообразования.

Достоверность и обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций

Автором выполнен большой объем исследований с использованием современного комплекса минералого-аналитических методов (оптической и электронной микроскопии, мессбауэровской спектроскопии, рентгенографического фазового анализа, рентгеноспектрального микроанализа). Достоверность и обоснованность научных положений работы подтверждены согласованностью результатов, полученных экспериментально в лабораторных условиях.

Минералогическая оценка вкрапленных титаномагнетитовых и ильменит-титаномагнетитовых руд дала возможность спрогнозировать поведение рудных и нерудных минералов в процессах физического их разделения (дробления, магнитной сепарации) и термической обработки, что успешно было подтверждено экспериментальными исследованиями и оформлены в виде основных результатов и выводов, приведенных в завершении диссертационной работы.

Результаты работы были апробированы на научных конференциях, в том числе международных, опубликованы в соответствующих сборниках материалов конференций. Основные положения диссертационной работы изложены и представлены в 13 печатных работах (статьях, тезисах докладов и методических рекомендациях), в том числе в 3 статьях рецензируемых научных журналов, включенных в перечень ВАК и/или индексируемых в системе Web of Science.

Практическая значимость

Полученные экспериментальные данные о характере раскрытия рудных сростков вкрапленных железо-титановых руд могут быть использованы для обоснования тонины помола и исключения возможного переизмельчения в процессах дезинтеграции. Анализ распределения рудных микроагрегатов в продуктах магнитной сепарации позволил определить оптимальные параметры селективной магнитной сепарации для выделения титаномагнетитового и

ильменитового продуктов. Результаты окислительного обжига дробленого материала мартитизированных титаномагнетитовых и ильменитовых агрегатов подтверждают, что при обжиге в течение 72 часов и крупности материала $-0.25+0.125$ мм происходит практически полное твердофазное преобразование микрозернистых агрегатов титаномагнетита и ильменита с образованием агрегатов псевдобрукит-гематитового и рутил-псевдобрукитового составов. Результаты диссертации легли в основу методических указаний «Определение раскрытия рудных минералов в продуктах магнитной сепарации железо-титановых руд», для выполнения лабораторных работ по дисциплинам «Магнитные методы обогащения» и «Технологическая минералогия», которые можно использовать в учебном процессе подготовки специалистов по направлению 21.05.04 «Горное дело» специализации «Обогащение полезных ископаемых», а также при подготовке кадров высшей квалификации по направлению 21.06.01 – Геология, разведка и разработка полезных ископаемых.

По представленной диссертационной работе и автореферату есть ряд замечаний.

1. При изучении силикатных и рудных минералов недостаточно уделено внимания поминеральному балансу титана. Нет оценки возможных потерь, связанных с концентрацией титана в силикатных минералах (например, в амфиболах) и рудных (например, в гематите).

2. В третьей главе диссертации для подтверждения неоднородности агрегатов титаномагнетита приведены данные по мессбауэровской спектроскопии. К сожалению, они не нашли отражения в автореферате.

3. В тексте диссертации под большинством иллюстраций и таблиц не указаны их авторы и/или источники. В Списке литературы отсутствуют 9 публикаций, упоминаемые в диссертации; в 10-ти работах не указано число страниц, а в 4-х иностранных работах вообще не приведены названия статей.

Заключение

Диссертация Колковой М.С. «Минералого-технологические особенности железо-титановых руд Медведевского месторождения», представленная на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук, несмотря на ряд недостатков, является законченной научно-квалифицированной работой, в которой изложен новый подход к изучению высокотитанистых руд месторождения, позволяющий улучшить технологию их переработки, включая рудоподготовку (измельчение), механическое обогащение и пирометаллургию.

Диссертационная работа Колковой М.С. соответствует критериям, изложенным в Постановлении Правительства РФ от 24.09.2013 г. № 842 «О порядке присуждения ученых степеней» и требованиям, предъявляемым ВАК к диссертациям на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук, а ее автор – Колкова Мария Сергеевна –

у Тел
Торосовы Л.А.