

ОТДЕЛЕНИЕ МЕТАЛЛОГЕНИИ
ИНСТИТУТА ГЕОХИМИИ И ФИЗИКИ МИНЕРАЛОВ
АКАДЕМИИ НАУК УКРАИНЫ

на правах рукописи

КАЛИНИЧЕНКО Сльга Александровна

УДК 553.068.41:553.31 (477.63)

ГЕОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ И ФОРМИРОВАНИЯ
ГЛУБИНЫХ ЗОН ОКИСЛЕНИЯ КРИВОРОЖСКОГО ЖЕЛЕЗОРУДНОГО БАСЕЙНА
В СВЯЗИ С ОЦЕНКОЙ ИХ РУДНОСТИ НА ГЛУБИНУ

Специальность 04.00.11 – Геология, поиски и разведка
рудных и нерудных месторождений: металлогения

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени кандидата
геолого-минералогических наук

Киев
1992

Работа выполнена в Днепропетровском горном институте им. Артема и Криворожской геолого-разведочной экспедиции ГП "Южургеология"

Научный руководитель -
доктор геолого-минералогических наук,
профессор В.М.Кравченко

Официальные оппоненты:

- доктор геолого-минералогических наук, профессор А.Д.Додатко (Днепропетровский горный институт)
- кандидат геолого-минералогических наук, профессор М.И.Черновский (Криворожский горнорудный институт)

Ведущая организация:
Институт Механобрчермет (г.Кривой Рог)

Защита состоится " 16 " декабре 1992 г. в 10 час.
на заседании специализированного совета
Д 016.17.02 Ом ИГФМ АН Украины по адресу: 252142, г.Киев-142,
пр.Палладина 34-А, в зале заседаний совета

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Ом ИГФМ Украины

Автореферат разослан " 14 " ноябре 1992 г.

Ученый секретарь
специализированного Совета,
доктор геолого-минералогических наук

/В.П.Бухарев/

ЛННБ України ім.В.Стефаніка



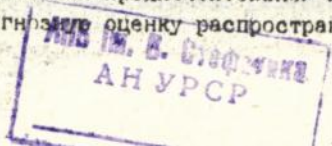
00814434 (0)

Объект исследования – глубинные зоны окисления (палео ГЗО) – сложные по конфигурации крупные тела окисленных железистых кварцитов и сланцев (переслаиваются в пределах крутопадающей толщи пород криворожской или белозерской железоносных геологических формаций), которые погружаются на предположительную глубину до 5 км и содержат в осевой части рудные столбы – залежи богатых дисперсногематит–мартитовых руд саксаганского типа.

Актуальность работы определена необходимостью дальнейшего, притом непрерывного изучения этих уникальных по геологическому строению и генезису образований, в пределах которых месторождения богатых руд разрабатываются на уровне 700–1200 м от поверхности и потому нуждаются в обосновании перспектив рудоносности более глубоких горизонтов (в том числе в отношении остродефицитных мартеновских руд). Кроме того, знание геологических особенностей ГЗО и связанного с ними оруденения, наряду с рудоконтролирующими факторами, необходимо для обнаружения подобных, относительно быстро осваиваемых и при освоении экологически менее вредных месторождений в других районах развития железисто–кремнистых формаций, например – в бассейне КМА, а также для прогнозирования горно–геологических условий на больших глубинах Кривбасса.

Актуальность работы была ранее (1981, 1985 г.г.) подтверждена двумя постановлениями бывшего ГНТ СМ СССР о необходимости изучения геолого–генетических особенностей железисто–кремнистых формаций и комплексной оценки рудоносности докембрия Восточно–Европейской платформы, а также планами тематических работ ГПГ "Кжургеология".

Задачи исследования: 1) изучить изменчивость морфологии и внутреннего строения ГЗО на всю установленную скважинами глубину их распространения (2600 м); 2) выполнить традиционными методами комплексный анализ основных особенностей изменения вещественного состава главных минералогических типов пород и руд в пределах аутигенно–минералогических зон в подзонах окисления, выщелачивания, цементации и на глубину; 3) уточнить особенности вертикальной зональности вещественного состава ГЗО ниже 1500м; 4) исследовать некоторые дискуссионные вопросы генезиса ГЗО с помощью нетрадиционных методов изотопного, термометрического и других видов лабораторного анализа для обоснования предпочтительной модели их образования; 5) уточнить прогнозную оценку распространения железных руд на глубину.



Фактический материал. В основу работы положены материалы, собранные автором в процессе тематических работ по изучению ГЗО в 1980-1992 годах, проведенных в составе тематического отряда Криворожской ГРЭ ПГО "Южургеология". При этом задокументировано 4855 п.м. керн геологоразведочных скважин; описано 680 шлифов и 630 аншлифов; выполнено и обработано 190 полных химических, 630 полуколичественных спектральных, 18 рентгеноструктурных анализов, 27 определений стабильных изотопов серы, углерода и кислорода в минералах и 11 определений температур гомогенизации газовой-жидких включений в различных генерациях кварца; с применением ЭВМ обработано 737 химических анализов групповых керновых проб.

В диссертации использованы материалы Криворожской ГРЭ, ГПО "Кривбассруда" и Отделения металлогении ИГГМ АН Украины, а также результаты совместных исследований с И.В.Ахметшиной (статистическая обработка геохимических и морфометрических данных на ЭВМ), Л.Т.Савченко (изотопно-геохимические исследования) и С.И.Терещенко (минералотермометрические исследования).

Методика исследования. Основным методом послужила геологическая документация с химическим и минералогическим опробованием керн 25 глубоких разведочных скважин, пробуренных в полосе пяти месторождений Саксаганского района от рудника им.К.Либкнехта на юге до рудника им.В.И.Ленина в северной его части.

Комплекс камеральных методов включал построение 23-х геологических планов в масштабе 1:5000 горизонтов 500, 1000, 1500, 2000 метров пяти отмеченных месторождений по материалам геологоразведочных работ с последующим планиметрированием площадей окисленных, неокисленных пород и богатых руд и статистическим анализом полученных числовых характеристик на ЭВМ; изучение вещественного состава пород и руд с помощью восьми перечисленных выше методов лабораторных исследований, петрохимические пересчеты по методу Б.М.Михайлова баланса привноса - выноса вещества в главных минералогических типах пород и руд между подзонами ГЗО и неизменными породами, обработку химических и спектральных анализов методами математической статистики на ЭВМ.

Апробация работы. Основные положения диссертации неоднократно доложены на техническом совете Криворожской ГРЭ и научно-техническом совете ГПО "Южургеология" (г. Кривой Рог, 1985-1989 г.г.; Днепрпетровск, декабрь 1989 г.), на XII Всесоюзном совещании "Ме-

таллогения докембрия и метаморфогенное рудообразование" (г. Киев, май 1990 г.) на расширенном заседании кафедры Геологии и разведки МПИ Днепропетровского горного института (Днепропетровск, апрель 1992 г.). Результаты исследований изложены в 7 статьях, в том числе монографии о генезисе железных руд железисто-кремнистых формаций докембрия и двух научно-производственных отчетах.

Научная новизна проявилась в одновременном и равноценном внимании к изменениям исходных пород и руд в зависимости от всех сторон сложной зональности ГЗО - аутигенно-минералогической, метаморфической и гипергенной (вертикальной и горизонтальной), в попытке придать с помощью ЭВМ количественную характеристику ранее установленным морфометрическим и вещественным изменениям подзон ГЗО с глубиной, в привлечении нетрадиционных методов минералотермометрии и изотопного анализа к различным по способу образования генерациям кварца, карбонатов, оксидов и сульфидов железа для решения генетических вопросов.

В итоге впервые изучена морфология ГЗО в интервале 1500-2000 м и количественно оценен темп сокращения объема подзоны окисления на глубину при устойчивом поведении залежей богатых руд в интервале 500-2000 м; выявлены новые тенденции в миграции главных компонентов в ГЗО (перераспределение железа между литолого-стратиграфическими горизонтами, особенности миграции глинозема, в частности, осаждение его в форме неизвестной ранее цементационной гидрослюды); дополнительно подтверждена тенденция облегчения изотопного состава кислорода в минералах по мере нарастания степени преобразования пород в ГЗО. Наконец, уточнены сложившиеся ранее представления о вертикальной зональности залежей богатых руд, особенно в интервале глубин 1500-2500 м, о температурных режимах и стадиях минералообразования в ГЗО.

Практическое значение результатов работы заключается в повышении достоверности прогноза поведения железорудных месторождений на глубину, в том числе в подтверждении надежных перспектив распространения и сохранности качества богатых руд ниже 1500 м, а также в выводе о повышении с глубиной объема легкообогатимых бедных руд, пригодных для шахтной добычи. Полученные практические и научные результаты учтены при планировании геологоразведочных работ и использованы в подсчете запасов железных руд месторождений рудников им. Р.Люксембург, им. XX Партсъезда и других.

Структура и объем работы. Диссертация объемом 143 страницы состоит из Введения, 8 глав и Заключения; в ней содержится 30 рисунков, 8 таблиц, 33 страницы текстовых приложений. Список литературы включает 150 наименований. В автореферате сохранены названия и порядок глав диссертации пролиktованный послепо- вательностью решения принятых задач. В связи с этим, обоснование защищаемых положений оказалось рассредоточенным в разных главах, которые названы после формулировки каждого положения.

Основные защищаемые положения

1. Площади окисленных пород в наиболее распространенных кру- тосклоняющихся ГЗО, ниже зоны выклинивания площадных кор выветри- вания, неуклонно сокращаются с глубиной при независимом и устой- чивом поведении площадей богатых руд, что объясняется исходно- метаморфогенным происхождением рудных столбов саксаганского типа. Положение обосновывается третьей главой диссертации.

2. Поведение главных химических компонентов в ГЗО характе- ризуется разной относительно друг друга подвижностью, изменчи- вой при сравнении подзон:

– в подзоне окисления обособляется три группы компонентов:

а) легкоподвижные /калий, натрий, магний, кальций, углекислота/;

б) ограниченно подвижные /фосфор, кремнезем/; в) малоподвижные /алюминий, железо/

– в подзоне выщелачивания кремнезем переходит в группу легкоподвижных, а глинозем – ограниченно подвижных компонентов;

– в подзоне цементации рассматриваемые компоненты образуют самостоятельный ряд подвижности, которым обусловлена вертикальная зональность рудных тел: в числе малоподвижных оказываются крем- незем, глинозем, железо, резко снижается подвижность щелочных и щелочно-земельных элементов, углекислоты, поведение фосфора незаконномерно. Положение обосновывается четвертой и пятой главами диссертации.

3. Глубинные зоны окисления в принципиальном отношении яв- ляются продуктом гипергенных, а не эндогенных преобразований толщи осадочно-метаморфических пород и богатых метаморфогенных руд. При этом гипергенное минералообразование вследствие больших глубин осуществлялось при участии термальных вод метеорного происхождения и компонентов, извлекаемых этими водами из пород и руд. Верхний температурный предел для гипергенных вод дости- гает 195°C. Положение обосновывается в седьмой главе и материалами 3, 4, 5 и 6 глав диссертации.

4. Богатые руды северных рудников Саксаганского района распространяются на глубинах 1500-2500 и более метров при сохранности качества поменных и мартеновских руд, что подтверждает прежние выводы других авторов. С глубиной происходит разрастание площадей развития легкообогатимых магнетитовых кварцитов в новом типе их месторождений, пригодных для подземной добычи и расположенных между рудниками Саксаганской полосы. Положение обосновывается восьмой главой диссертации.

Благодарности. При проведении исследований автор пользовался советами и помощью И.В. Ахметшиной, Ж.Я. Богачевской, А.Г. Батуриной, Л.В. Комарницкой, Л.Н. Мотренко, Л.Т. Савченко, А.Н. Снежко, С.И. Терещенко, С.В. Тихомировой и других геологов КГРО, ИГФМ и ДГИ, а также консультациями Ю.М. Епатко, В.В. Решетняка, В.В. Скворцова, которым выражает искреннюю признательность и благодарность. Особенно благодарен автор научному руководителю В.М. Кравченко за постоянное внимание к проводимым исследованиям, консультации, советы и помощь в работе.

1. Размещение глубинных зон окисления в Саксаганском рудном поле

В данной главе по компилятивным сведениям охарактеризована геологическая позиция и особенности ГЗО, необходимые для раскрытия последующих глав.

В соответствии с современными представлениями все рассматриваемые ГЗО располагаются в пределах крутопадающей на запад Саксаганской моноклинали (ранее одноименная синклиналь), которая сложена толщей из семи переслаивающихся горизонтов железистых кварцитов и сланцев (кварцито-сланцев). При этом зоны окисления приурочены к четвертому, пятому, шестому железистым и разделяющим их сланцевыми горизонтам, отчасти к седьмому железистому горизонту.

Моноклираль ограничена продольным Восточным и Саксаганским надвигами - разломами второго порядка, которые сближаются на максимальной глубине погружения железорудной свиты около 8,5 км. При этом главная контролирующая ГЗО структура - Саксаганский надвиг - в южной части района полого срезает по простиранию и на глубину четвертый, пятый и шестой железистые горизонты, определяя приразломный характер развития здесь ГЗО. В северной поло-

вине района поверхности надвига отклоняются к западу от подошвы седьмого железистого горизонта, и он приобретает субпараллельную залеганию толщи ориентировку, и потому здесь господствующую роль приобретает крутосклоняющийся складчатобудинажный тип ГЗО.

Железорудная (саксаганская) свита, слагающая моноклираль, имеет мощность более 1000 м и обладает ритмичным строением с четко выраженной аутигенно-минералогической зональностью железистых и сланцевых стратиграфических горизонтов, которая выражается в циклической смене типоморфных минеральных ассоциаций: слюды → хлориты и сидероплезит → хлорит, сидероплезит и магнетит → сидероплезит и магнетит → магнетит → магнетит и гематит и в обратном порядке. Такая зональность сохраняется при смене минеральных видов вследствие окисления пород.

В пределах Саксаганского рудного поля размещаются пять ГЗО, разделенных останцами неокисленных пород и ориентированных по простиранию одноименной моноклинали и разломных структур. В поперечном их сечении ГЗО обладают концентрически-зональным строением: в осевой их части располагается подзона выщелачивания с уплощенными залежами пористых подурыхлых богатых руд, внешнюю подзону окисления образуют плотные окисленные породы. В подзонах выщелачивания развита цементация эпигенетическими минералами, в распространении которых наблюдается вертикальная зональность.

В итоге в контурах ГЗО совмещено не менее трех типов зональности вещественного состава пород и богатых руд. Постоянный учет этого обстоятельства – важнейший методический принцип, принятый в диссертации.

2. Изученность ГЗО и задачи исследований

Впервые понятие "глубинные зоны окисления" и первое их систематическое описание приведено Я.Н. Белевцевым, Ю.М. Епатово и А.И. Стрыгиным в 1959 г. Появление данной статьи подвело итог целой серии публикаций о разных сторонах геологии и генезиса ГЗО, написанных названными авторами и Ю.Г. Гершойгом, И.И. Гинзбургом, М.Н. Доброхотовым, Л.И. Мартыненко, Г.В. Тохтуевым, В.С. Федорченко. Оно послужило также энергичным стимулом последующему изучению ГЗО перечисленными исследователями и новым поко-

лением в лице В.Г.Борисенко, Э.В.Дмитриева, Я.З.Дорфмана, Г.П.Еремеева, Б.А.Занкевича, Н.А.Корнилова, В.М.Кравченко, Л.И.Лизко, С.Н.Зимин, Ю.П.Мельника, В.М.Оверчука, Л.Г.Прожогина, В.В.Скворцова, Р.А.Частий, В.М.Чернецовой, В.И.Шелегеды и многих других.

В итоге за 55-летний период изучения ГЗО, с разной степенью детальности освещены решительно все стороны их геологии и генезиса. При этом высокая степень изученности ГЗО оказалась возможной благодаря уникальному вертикальному диапазону их вскрытия горными выработками шахт (1200 м) и разведочными скважинами (3600 м), что позволяет рассматривать Саксаганский район в качестве эталона для исследования геологии и зональности ГЗО других районов.

Однако неравномерность и неполнота изученности их отдельных сторон, противоречивость суждений об эндогенной или гипергенной природе этих уникальных геологических тел, рост потребности расширения железорудной базы подземных рудников за счет значительных масштабов окисленных и неокисленных железистых кварцитов вокруг залежей богатых руд, необходимость прогнозирования горно-геологических условий на больших глубинах и ряд других обстоятельств выдвинули целую серию региональных и локальных геолого-генетических, геохимических, геологоразведочных, технологических и иных задач исследования ГЗО, нуждающихся в безотлагательном решении.

Среди их обширного перечня для разработки в диссертации был принят достаточно конкретный и посильный для исполнения одним исследователем круг первоочередных, притом недостаточно разработанных либо спорных по предлагавшимся решениям задач, которые перечислены на стр. 3 автореферата.

3. Изменчивость морфологии и внутреннего строения ГЗО с глубиной

Третья глава посвящена геологическому обоснованию первого защищаемого положения, которое отражает закономерности изменения с глубиной площадей окисленных пород и руд. Анализ контуров окисленных пород и руд на погоризонтных планах позволил выявить три морфологических типа ГЗО.

Для первого - распространенного в северной половине рудного поля (рудники им.В.И.Ленина, им.Р.Луксембург и им.ХХ Партсъезда), общим является крутое склонение и наличие в осевой части также крутосклоняющихся рудных столбов.

Для второго типа, приуроченного к зоне срезания пород саксаганской свиты одноименным надвигом в южной половине рудного поля (рудники им.К.Либкнехта - им.Коминтерна), характерно пологое склонение либо комбинация сочленяющихся зон с пологим и крутым склонением и соответствующее поведение приуроченных к их осевым частям рудных залежей.

Для третьего, второстепенного типа ГЗО, выделенного в западной части месторождения рудника им.Р.Люксембург, характерно крутое склонение, согласное ослабленным зонам пород вдоль ветвей Саксаганского надвига и полное отсутствие богатого оруденения.

Зоны первого типа оказались наиболее информативными для статистического анализа изменчивости и взаимосвязи площадей окисленных пород и богатых руд в интервале 500-2000 м. Именно для них установлено неуклонное, хотя и ступенчато-неравномерное сокращение с глубиной площадей окисленных пород ниже зоны выклинивания площадных кор выветривания (500 м, принято за 100 %): на 24 % в интервале 500-1000 м, 3 % на 1000-1500 м и 20 % - в пределах 1500-2000 м. При этом отмечена отрицательная корреляционная связь между величинами площадей и параметрами глубин. В отличие от размеров ГЗО, для площадей богатых руд характерно независимое пульсирующе-устойчивое поведение с глубиной, что подтверждается отсутствием значимых корреляционных связей между ними и параметрами глубин.

Сопоставление контуров ГЗО с основными структурными элементами рудного поля, изображенными на погоризонтных планах по материалам геологоразведочных работ, позволило попутно наметить три ориентировочных типа структурного контроля, обусловившего высокую водопроницаемость и гидравлическую связь вмещающих ГЗО геологических структур на всю глубину распространения железорудной свиты:

1) складчато-будиначный тип, где основную роль играют крупные поперечные изгибы пластов саксаганской свиты и приуроченные к ним структуры будинажа (ГЗО рудников им.В.И.Ленина, им.ХХ Партсъезда и основного простирания свиты на руднике им.Р.Люксембург);

2) складчато-разломный тип, который характеризуется комбинированным сочетанием поперечных изгибов пластов саксаганской свиты и зоны их срезания Саксаганским надвигом (ГЗО рудников им.К.Либкнехта, им.Коминтерна);

3) линейно-разломный, где определяющее значение имеют ослабленные зоны пород вдоль ветвей Саксаганского надвига, контролирующих

контакт саксаганской и гданцевской свит (ГЗО западной части рудника им.Р.Люксембург).

4. Изменения минерального состава, текстурно-структурных особенностей и физических свойств пород и руд в ГЗО

Глава обосновывает второе и третье защищаемые положения на основе анализа стадийности и зональности минералообразования в ГЗО. Исследования выполнены с соблюдением принципа послынного (по аутигенно-минералогическим зонам) изучение устойчивых в различных подзонах ГЗО минеральных ассоциаций, а также текстурно-структурных особенностей, физических свойств пород и руд и характера их изменения с глубиной традиционными минералого-петрографическими и другими методами.

Полученные результаты подтверждают широко известные и неоднократно описанные различными авторами изменения вещественного состава пород и руд, в т.ч. важнейшие из них - мартизацию магнетита, декарбонатизацию, разложение железистых силикатов, выщелачивание кварца с увеличением пористости и последующую цементацию руд эпигенетическими минералами.

В то же время, в процессе изучения ассоциаций цементационных минералов на глубинах свыше 1500 м установлена не отмеченная ранее тенденция смены в пределах рудников им.К.Либкнехта и им.Коминтерна секретионного каолинита новой минеральной разновидностью - цементационной гидрослюда (типа гидромусковита). На примере секретионно-цементационного апатита показана многостадийность формирования инфильтрационной минерализации богатых руд. Выявлены также дополнительные различия в строении подзон цементации между ГЗО северной и южной частей Саксаганского рудного поля.

Так, ГЗО южной половины рудного поля, известные ранее практически полным отсутствием на больших глубинах окварцевания руд, выделяются нарастанием интенсивности цементации на глубину преимущественно силикатами (шамозит, серпентин, гидрослюда, иногда каолинит), отчасти доломитом и апатитом. Это в особенности характерно для рудника им.Коминтерна на глубине более 1700 м. В пределах же ГЗО северной половины рудного поля на больших глубинах наиболее распространенным типом цементации остается частичное окварцевание, интенсивность которого несколько снижается с глубиной, но среди цементационных минералов все чаще встречаются шамозит, серпентин и тальк.

В итоге, установленная ранее схема вертикальной зональности ГЗО (В.М.Кравченко, Э.В.Дмитриев, С.Н.Зима; 1936 и др.) дополнена и уточнена в части состава, стадийности отложения и закономерностей размещения инфильтрационно-цементационных минералов в залежах богатых руд.

5. Изменение химического состава пород и руд в ГЗО

Пятая глава, наряду с четвертой обосновывает второе защищаемое положение о различной миграционной способности элементов и особенностях их перераспределения в подзонах цементации с глубиной. Она же подкрепляет третье защищаемое положение в части определения источников компонентов для гипергенного минералобразования.

В главе предпринята попытка количественного анализа подвижности химических элементов в условиях ГЗО на основании расчетов баланса вещества по методу Б.М.Михайлова (1958) с неизменным соблюдением принципа послойного сопоставления главных минералогических типов пород и руд по аутигенно-минералогическим зонам. В расчетах использовались результаты полных химических анализов керновых проб и сопутствующие им определения объемного веса. Для определения баланса компонентов между подзонами окисления и выщелачивания (залежи богатых руд) введен коэффициент сокращения объема железистых кварцитов на метаморфогенном этапе рудообразования, равный 35 %. Эта средняя величина заимствована из расчетов метаморфогенной усадки, выполненных ранее Я.Н.Белевцевым, Ю.П.Мельником и другими исследователями.

В результате анализа преобразований железистых кварцитов и сланцев в подавляющей по объему подзоне окисления установлен интенсивный вынос углекислоты, щелочных и щелочноземельных компонентов из всех разновидностей пород, ограниченный - для фосфора и кремнезема и слабый для алюминия. Особенностью миграции железа является слабый вынос из магнетитовых, железослюрково-магнетитовых кварцитов и примерно в таком же количестве привнос его в окисляющиеся карбонат- и силикат-содержащие железистые кварциты и кварцито-сланцы.

Выявленные тенденции при образовании пористых мартитовых, железослюдко-мартитовых и дисперсногематит-мартитовых руд (подзона выщелачивания) состоят в примерно равнозначном выносе кремнезема как на метаморфогенном, так и на гипергенном этапе. Результаты нерасчетов не дают однозначного ответа на вопрос о привносе

железа на метаморфогенном этапе. Скорее всего он отсутствовал. Образование богатых руд сланцевых горизонтов представляется возможным лишь за счет исходных силикат-сидерсплезитовых руд или пород с высоким содержанием карбонатов железа, а не за счет карбонат-силикатных кварцитов и сланцев. В противном случае необходимо допустить принос железа более, чем в 1,5-2 раза превышающий его исходное количество. Такой принос железа на гипергенном этапе ничем не подтверждается.

Статистическая обработка на ЭВМ химических анализов групповых керновых проб богатых руд по интервалам глубин, выполненная в пределах ГЗО рудников им.В.И.Ленина, им.Г.Луксембург, им.ХХ Партсъезда, им.Коминтерна, им.И.Либкнехта, позволила установить различную изменчивость химического состава руд для ГЗО северной и южной половины рудного поля, обусловленную особенностями подзон цементации. Это различие наиболее ярко проявлено при сравнении ГЗО рудников им.В.И.Ленина и им.Коминтерна и в целом отражает основные особенности вертикальной гипергенной минералогической зональности, установленной при изучении минерального состава богатых руд.

Так, для руд глубоких горизонтов ГЗО рудника им.В.И.Ленина характерны относительно повышенные средние значения SiO_2 , а также увеличение средних содержаний CaO , MgO , п.п.п. с наличием между ними положительной корреляционной связи (коэффициенты парной корреляции 0,74-0,82). Эти особенности свидетельствуют о цементации руд глубоких горизонтов пойкилитовым кварцем, магнезиевыми силикатами и отчасти карбонатами.

В пределах ГЗО рудника им.Коминтерна с глубиной отчетливо повышаются средние содержания MgO , Al_2O_3 , CaO , P_2O_5 , FeO , п.п.п., и лишь отчасти SiO_2 , также с положительными корреляционными связями между ними (значения коэффициентов парной корреляции изменяются от 0,69 до 0,84), что свидетельствует о широком распространении на глубоких горизонтах процессов цементации руд различными по составу силикатами, карбонатами, отчасти апатитом.

6. Исследование пород и руд нетрадиционными методами

Результаты исследований, изложенные в шестой главе, обосновывают третье защищаемое положение, конкретизируя условия гипергенного минералообразования.

Термометрическое изучение остаточного микрогранобластового и

новообразованного пойкилитового кварца из богатых руд выявило четыре типа газово-жидких включений (ГЖВ), различающихся температурой, гомогенизации, формой, составом и положением в разных зонах кварцевых зерен. Первые три типа ГЖВ приурочены к микрогранобластovому кварцу, в т.ч. к его реликтам в виде ядер регенерации в пойкилитовом кварце. Четвертый тип располагается только в новообразованных зернах и зонах цементационного пойкилитового кварца.

При этом первый тип ГЖВ (с температурой гомогенизации до 700°C) отвечает, вероятно, этапу катагенеза либо раннего метаморфизма. Второй тип ($520-385^{\circ}\text{C}$) - этапу прогрессивного метаморфизма зеленосланцевой фации. Третий тип ГЖВ ($385-195^{\circ}\text{C}$), в виде вторичных многофазных включений, обнаружен впервые и, скорее всего, характеризует температуры метаморфогенного рудобразования. Наконец, четвертый тип ($195-115^{\circ}$) подтверждает установленные ранее С.Н.Зимой, В.М.Кравченко, Ю.Н.Пашковым и С.М.Реметниковой верхние температурные пределы гипергенного минералообразования в ГЗО.

Исследование вариаций стабильных изотопов серы, углерода и кислорода в железистых кварцитах и богатых рудах проводились с целью выявления возможных признаков изотопного обмена между парами сопряженных по химическому составу первичных (метаморфогенных) и новообразованных (окисленных и инфильтрационно-гипергенных) минералов в железистых кварцитах и богатых рудах.

Изотопные исследования кислорода выполнены в магнетите, микрогранобластовом кварце, сидероплезите; углерода - в сидероплезите, серы - в пирите из исходных неокисленных железистых кварцитов. В окисленных разностях пород изотопный состав кислорода определен для мартита, микрогранобластового кварца, железной слюдки. Наконец, в богатых рудах соотношения стабильных изотопов кислорода получены для мартита, железной слюдки, дисперсного гематита, микрогранобластового и пойкилитового кварца, цементационных доломита и анкерита; углерода - для тех же цементационных карбонатов и серы для цементационного пирита. При этом исследования изотопного состава кислорода, углерода, серы в цементационных минералах выполнено впервые.

В результате подтверждено установленное ранее облегчение изотопного состава кислорода магнетита при мартитизации, а также получены отрицательные значения $\delta^{18}\text{O}$ для дисперсного гематита, образующегося в ГЗО при окислении сидероплезита и тирингита, что возможно в случае постоянного обмена изотопов кислорода между метаморфогенными минералами и обогащенными легким изотопом кислорода ме-

теорными водами. Сокислительным составом метеорных вод объясняется и отрицательные значения $\delta^{34}S$ (-23,4%) у секреторного пирита. Близкие значения $\delta^{13}C$ в цементационных карбонатах и метаморфогенном сидероплезите обосновывают участие в образовании цементационных минералов компонентов из вмещающих пород.

7. Соображения о генезисе ГЗО

В главе обосновано третье защищаемое положение о господствующей роли гипергенных процессов в формировании ГЗО. Его аргументация построена на сопоставлении результатов исследования с двумя ведущими, но по сути дела, противоположными взглядами на пути образования таких зон.

Первая точка зрения (Ю.М.Епатко, М.А.Яроуцк, Ю.П.Мельник, отчасти Я.Н.Белевцев и др.) утверждают полностью эндогенный характер ГЗО. Она обоснована большой глубиной интенсивного проявления преобразующих процессов (более 3000 м), несвойственными для кор выветривания парагенезисами инфильтрационно-цементационных минералов и высокой температурой их отложения (до 115-195°C), признаками привноса фтора, связанного в инфильтрационном апатите, противоречивостью данных о соотношениях стабильных изотопов кислорода в новообразованных и затронутых окислением минералах, термодинамическими соображениями и расчетами.

Вторая точка зрения, прошедшая противоречивый путь развития от собственно гипергенной (М.Н.Доброхотов, Э.В.Дмитриев, Н.А.Корнилов, И.Л.Мартыненко) до полигенетической (Я.Н.Белевцев, Ю.Г.Гершойг, В.М.Кравченко, Г.Б.Тохтуев) рассматривает ГЗО в качестве продукта гипергенного этапа минералообразования, который пришел на смену осадочному и двум метаморфическим этапам.

Гипергенная природа процессов рассматриваемого четвертого этапа обосновывается названными исследователями прежде всего, отчетливыми признаками нисходящего потока преобразующих растворов: сокращением с глубиной объема окисленных пород и снижением степени окисления в них метаморфогенных силикатов, присутствием в пористых рудах на глубине более 2300 м микроспор и водорослей - вмытых с поверхности растительных остатков. Эти соображения дополняются комплексом типичных для зоны гипергенеза минералого-геохимических признаков, в т.ч. тенденцией к облегчению изотопного состава кислорода в мартите.

Однако в настоящее время ни одна из названных систем взглядов не может быть безоговорочно принята или отвергнута без глубокого исследования, которое непосильно для автора диссертации. Поэтому решение сложнейшего вопроса о генезисе ГЗО ограничено в данной работе реальной задачей - выбором предпочтительной концепции по сопоставлению ей полученных результатов. В итоге такого сопоставления более обоснованной представляется гипергенная природа ГЗО в рамках полигенетической модели.

Гипергенный характер минералобразования, дополнительно к доводам других авторов, подтвержден в диссертации законом рным и количественно оцененным сокращением объема кислых пород на глубину; отрицательным значением $\delta^{18}\text{O}$ в мартите и дисперсном гематите (свидетельство участия в их образовании метеорных вод); характером миграции главных химических компонентов и энергичным выносом большинства из них; уточненной схемой вертикальной геохимической и минералогической зональности инфильтрационно-цементационных компонентов, по которой на глубину (а не наоборот) нарастает концентрация высокоподвижного магния, вынесенного из окисленных пород и связанного в шamosите, а также в серпентине и тальке; дополнением инфильтрационных парагенезисов минералов группы глины ранее неизвестной дисперсной гидроследой.

Одновременно с этим получено подтверждение достоверности принятой за основу полигенетической модели в виде двух признаков метаморфического этапа рудообразования, который предшествовал появлению ГЗО. Первый из них заключается в сохранности рудных площадей независимо от закономерного сокращения внешних контуров окружающей богатые руды подзоны окисления. Второй признак установлен выявлением четырех типов газовой-жидких включений в секретационном (пойкилитовом) кварце из богатых руд, в особенности новым типом многофазных включений, который характеризует температуры метаморфогенного этапа (385-195°C).

В завершение приведенных рассуждений в главе 7 уточнена общеизвестная схема трехстадийного минералообразования в ГЗО (Я.Н.Беловцев и др., 1959, 1990; Э.В.Дмитриев, 1964).

Для первой стадии окисления-гидратации, с помощью исследования изотопных отношений кислорода в исходных и новообразованных минералах, установлена решающая роль метеорных вод, а на основании расчетов баланса компонентов при окислении пород разного состава

показана частичная миграция двухвалентного железа из существенно магнетитовых кварцитов в породы и руды сланцевых горизонтов, с его окислением и переотложение в форме дисперсного гематита.

Для стадии выщелачивания, путем расчета баланса вещества между плотными метаморфогенными и пористыми богатыми рудами отмечен переход компонентов с ограниченной подвижностью в разряд легкоподвижных и частичное повышение миграционной способности алюминия, зафиксированное составом инфльтрационных силикатов - каолинита, гидрослюда, шамотита.

Наконец, для завершающей стадии цементации, на основании сходства изотопных отношений углерода и кислорода в сопряженных парах остаточных и цементационных карбонатов, установлено, что источником главной доли цементационных компонентов послужило окислявшееся породы; на примере множества генераций апатита показана прерывистость и цикличность процессов цементации; измерением температуры наиболее поздних газовой-жидких включений в пойкилитовом кварце подтвержден термальный характер преобразующих водных растворов (115-195°C).

Принципиальное признание гипергенного происхождения ГЗО не отрицает участия гипогенных растворов в их формировании. По мнению других авторов на такую возможность, в частности, указывают дайки диабазов, которые пересекают залежи остаточных руд и сопровождаются инфльтрационной гипогенно-гидротермальной минерализацией (Белевцев и др., 1990). Однако при этом следует подчеркнуть, что эндогенные процессы могли сыграть только второстепенную, несущественную преобразующую роль, подлинная оценка которой нуждается в специальном изучении.

8. Прогноз распространения и качества железных руд на глубину и практические рекомендации

Глава раскрывает четвертое защищаемое положение на основании практических следствий из выявленных эмпирических и теоретических закономерностей изменения ГЗО с глубиной и касается не только богатых, но и бедных железных руд, поскольку в пределах действующих шахтных полей ныне сосредоточено не 2, а 4 технологических типа железных руд: богатые доменные (95 %) и мартеновские (5 %) руды,

окружающие их в зонах окисления бедные труднообогатимые маритовые кварциты и легкообогатимые магнетитовые кварциты, размещенные между ГЗО.

Учитывая, что перспективная оценка распространения на глубину железных руд была проведена ранее (Я.Н.Белевцев и др., 1981; Н.Г.Семенов и др., 1981), то основная задача прогноза заключалась в повышении достоверности прежних оценок на основании дополнительной систематизации фактических материалов последних лет.

В отношении залежей богатых руд саксаганского типа полностью подтвердился высказанный ранее прогноз об устойчивом, и зависимом от объема и степени окисления окружающих пород, сведении на глубину рудных площадей в месторождениях северной группы рудников и, наоборот, об их сокращении в южной части рудного поля вследствие выклинивания у Саксаганского надвига. Подтвердился также в целом прежний вывод о сохранности высокого качества доменных и мартеновских руд, который конкретизирован в интервале 1500-2500 м.

Так, отмечено повышение содержания железа с глубиной вследствие сокращения степени окварцевания руд на месторождениях рудников им.ХХ Партсъезда и Р.Люксембург. Наоборот, выявлено относительное падение концентрации железа из-за нарастания интенсивности цементации руд силикатами, отчасти карбонатами на месторождениях рудников им.К.Либкнехта, им.Коминтерна. Для всех рудников, кроме рудника им.ХХ Партсъезда, подтвердилась тенденция повышения основности руд на глубину за счет роста концентрации M_2O , заключенного в секретионном шамозите, серпентине, тальке и карбонатах. Уточнена тенденция к некоторому повышению содержания фосфора в месторождениях южной половины рудного поля, особо ощутимая в интервале 2000-2500 м в залежах месторождения рудника им.Коминтерна (приближается к критическому значению 0,3 %).

По поводу окисленных железистых кварцитов, которые рассматриваются в роли дополнительного источника добычи доменных руд, получен однозначный вывод о сокращении с глубиной их общего количества в прямой зависимости от сокращения объема ГЗО. Однако данное заключение существенно не влияет на отмеченную возможность использования таких руд ввиду сохранности на глубину объема наиболее богатой их части (40-46% Fe), сосредоточенной вокруг устойчивых по объему залежей богатых руд внутри подзоны окисления.

Легкообогатимые неокисленные магнетитовые железистые кварциты,

наоборот, обладают хорошими перспективами развития на глубину вследствие сокращения ореола окисленных пород. В этой связи они могут внести существенный вклад в продление сроков эксплуатации действующих рудников им.В.И.Ленина, Р.Люксембург и XX Партсъезда, где наблюдается приближение границ неокисленных руд на расстояние в первые десятки метров к залежам богатых руд.

Перечисленные выводы и закономерности позволяют внести несколько практических рекомендаций. Среди них - подтверждение целесообразности возобновления разведки залежей богатых руд ниже 1500 м по мере погружения очистных работ до этого уровня. Особого внимания заслуживает усиление и постановка разведки блоков магнетитовых кварцитов в пределах действующих шахтных полей. Необходимо дополнить геологическую документацию керна систематической оценкой крепости руд и пород, особо важной для оконтуривания мартезовских руд и прогнозирования устойчивости горных выработок на большой глубине. Все без исключения групповые пробы необходимо анализировать на полный круг шлакообразующих компонентов.

Опубликованные работы автора по теме диссертации

1. Богатые железные руды глубоких горизонтов месторождения рудника им.К.Либкнехта // Геология и геохимия железорудных месторождений саксаганского типа - Киев, 1984 - С.23-29 - (Препринт / АН УССР ИГГМ). (Соавтор А.Г.Батурина).

2. Онтогенические особенности эпигенетического апатита из остаточных руд месторождения рудника им.К.Либкнехта. - Там же. -С.29-32.

3. Вариации стабильных изотопов серы, углерода, кислорода в железистых кварцитах и богатых железных рудах // Железисто-кремнистые формации докембрия европейской части СССР. Генезис железных руд /Отв. редактор В.М.Кравченко, Д.А.Кулик - Киев: Наукова думка, 1991. - С.166-170. (Соавтор Л.Т.Савченко).

4. Термометрия флюидных включений в минералах окисленных богатых железных руд. - Там же. С.170-173. (Соавтор С.И.Терещенко).

5. Количественный критерий обоснования первоначально метаморфической природы остаточных гематитовых руд формации саксаганского типа // Металлогения докембрия и метаморфогенное рудообразование: Тез. докл. XII Всесоюзного совещания (май 1990 г.) - Киев, 1990. -

Ч. II - С.100-101. (Соавтор И.В.Ахметшина).

6. Новые данные о глубинных зонах окисления Саксаганского района Криворожского железорудного бассейна // Геол. журн. - 1991. - №1. - С.43-52.

7. О роли инфильтрационных вод в образовании богатых железных руд (саксаганский тип) Крибасса в свете исследования стабильных изотопов кислорода, углерода и серы // Геол. журн. - 1991. - №1. - С.108-114. (Соавтор Л.Т.Савченко).

Соискатель

Калиниченко

/О.А.Калиниченко/

4169111

#B 26.329

AV 26.329