

Л.М.Петруха, В.Ф.Мягков

ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ МЕДИ В РУДНЫХ ТЕЛАХ ВЫСОКОГОРСКОГО ЖЕЛЕЗОРУДНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Железные руды Высокогорского месторождения содержат сульфиды, имеющие в своем составе медь и кобальт. Кобальт связан с пиритом, медь - с халькопиритом. Запасы этих металлов, по данным технико-экономического обоснования кондиций, могут служить объектом добычи и обогащения. Для этого на горнодобывающем предприятии построена обогатительная фабрика. Поэтому актуальным является выявление закономерностей распределения меди в рудных телах. Минералого-геохимическая система железо - медь - сера - кобальт гетерогенна. Она содержит сульфиды нескольких генераций, одна из которых в железорудных залежах образует гнезда прожилково-вкрапленного пирит-халькопиритового оруденения на фоне весьма убогой сульфидной минерализации. Есть основания считать, что убогая сульфидная минерализация рудных тел является сингенетичной железным рудам, а гнезда наложены на них. Объектами селективной добычи сернистых руд могут быть только гнезда. Поэтому имеется необходимость выявления закономерностей их размещения в рудных телах месторождения, пространственного размещения гнезд, которые могут быть объектами селективной разработки, оценки роли дизъюнктивной тектоники в пространственном размещении сульфидного оруденения.

Высокогорское железорудное месторождение открыто в 1696 г. и эксплуатируется с 1721 г. Месторождение изучали и описывали многие исследователи: Ф.Ю. Левинсон-Лессинг, Н.Н. Яковлев, А.К. Болдырев, В.И. Станкевич, Г.А. Соколов, И.Н. Чирков, Л.Н. Овчинников, А.М. Дымкин и др. Месторождение находится на западной окраине г. Нижнего Тагила, в юго-восточном экзоконтакте Тагильского диорит-сиенитового массива [1,2,4]. В геологическом строении месторождения принимают участие также известняки и вулканогенно-осадочные породы нижнего силура. Мощность рудовмещающей толщи около 700 м, простирание северо-западное, падение северо-восточное под углами 45-70°. Известные на месторождении 26 рудных тел сгруппированы в две рудные зоны — Восточную (Верхнюю) и Западную (Нижнюю), разделенные безрудными туфами, мощностью 200-250 м.

Верхняя рудная зона мощностью 100-160 м имеет длину по простиранию более 2 км. По падению не оконтурена. Кровля рудных тел сложена метаморфизованными туфами андезитобазальтового состава. Нижняя рудная зона приурочена к контакту известняков высокогорской и туфов рединской толщ нижнего силура. Здесь располагаются наиболее крупные рудные тела месторождения (с запада на восток) № 10 (94 % запасов зоны), № 6, 5 и 4. Размеры рудных тел месторождения по простиранию до 2 км, мощность от 3 до 160 м. Рудные тела Западной зоны разведаны до глубины 1100 м, Восточной - до 500-1000 м. Рудные тела разбиты системой послерудных дизъюнктивных нарушений на ряд перемещенных относительно друг друга блоков с амплитудами смещений от долей метра до 150 м и более.

Руды месторождения сплошного строения, полосчатые, вкрапленные. Основной рудный минерал магнетит (более 70 %), реже содержатся гематит, пирит, халькопирит. Кроме того, постоянно содержат гранат, пироксен, амфибол, хлорит, эпидот, кальцит, кварц. Химический состав железных руд (в мас. %): железо 23,2-59,2 (среднее 42,6), медь 0,10-2,39, кобальт 0,007-0,041, цинк следы-0,95, марганец 0,36-0,86 (среднее 0,65), титан 0,06-0,24, сера 0,20-3,60 (среднее 1,00), фосфор 0,06-0,33 (среднее 0,10).

Для типизации форм рудных тел месторождения применен метод геометризации и анализа морфометрических полей отметок подошвы, кровли, а также мощности, изучение пространственных соотношений этих полей, тектонической нарушенности [3]. Обобщение и анализ данных разведочных

и эксплуатационных работ проведены по рудным телам № 6, 5 и 4, наиболее крупным и наиболее обогащенным медью с применением геометро-статистического моделирования. Пространственное соотношение морфометрических полей отметок кровли и мощности, подошвы и мощности, кровли и подошвы изучалось путем корреляции этих оценочных параметров. Построено девять корреляционных графиков с использованием более 450 пересечений рудных тел в системе координат (отметка кровли - отметка подошвы, отметка кровли - мощность, отметка подошвы - мощность) и проведено столько же оценок коэффициентов корреляции между указанными параметрами. Вычисления осуществлялись с применением ПЭВМ. Тектоническая нарушенность рудных тел изучалась при помощи корреляционных графиков и системы координат: отметка кровли - отметка подошвы, отметка кровли - мощность, отметка подошвы - мощность, а также проводился анализ строения корреляционных полей, оконтуривание отдельных совокупностей. После этого точки, принадлежащие той или иной совокупности, переносились на вертикальные проекции рудных тел и выделялись тектонически однородные блоки (ТОБ), разделенные разрывными нарушениями.

Парагенетический анализ руд основывался на изучении оценок пространственных соотношений геохимических полей железа (общего и магнетитового), серы, меди и кобальта.

Для изучения закономерностей строения морфометрических полей отметок кровли, подошвы и мощности рудных тел и их пространственных соотношений проводилась геометризация этих оценочных параметров. Морфометрические данные наносились на вертикальные проекции рудных тел, после этого начиналась геометризация указанных характеристик рудных тел графическим способом задания функций, описывающих двумерные геологические поля. Аналогичным способом изучались закономерности распределения меди в пределах рудных тел с целью выделения гнезд, обогащенных медью. Всего построено 12 двумерных графиков. Исследования проведены с использованием 1194 химических анализов на медь. В верхних горизонтах месторождения закономерности распределения меди изучены сотрудниками Пермского госуниверситета. Авторами все отмеченные вопросы изучались в пределах горизонтов - 130 — 610 м.

Тектоническая нарушенность рудных тел. Рудные тела месторождения тектонически нарушенные. Исследователями выделяются как крупные, так и мелкие разрывные нарушения. Авторами степень тектонической нарушенности рудных тел определялась на корреляционных графиках зависимостей между отметками подошвы и кровли, мощностью и отметками подошвы, мощностью и отметками кровли. Строение корреляционных полей этих морфометрических характеристик может быть трех видов. Недислоцированным рудным телам соответствует гомогенная модель корреляционного поля с компактным расположением точек в виде эллипса с различным соотношением осей в зависимости от формы залежей. Рудным телам, испытавшим пликвативные дислокации, отвечает также гомогенная модель корреляционного поля, но углы наклона линий регрессии для каждой совокупности отличаются. Рудные тела, подвергшиеся дизъюнктивным дислокациям, характеризуются гетерогенной моделью корреляционного поля. Корреляционные поля распадаются на локальные однородные участки, соответствующие тектонически однородным блокам (рис.1). Отдельные блоки, обладая несколько различными статистическими параметрами (коэффициентами корреляции) и положением линий регрессии, в

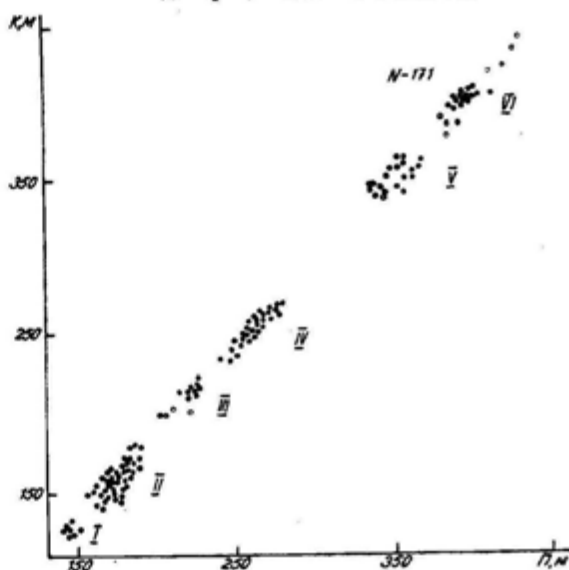


Рис. 1. Корреляционный график отметок подошвы (П) и кровли (К) рудного тела № 6 Высокогорского железорудного месторождения

целом все же наследуют закономерности, присущие недислоцированным рудным телам. Размеры промежутков между отдельными совокупностями на корреляционных графиках соответствуют амплитудам смещения тектонических блоков относительно друг друга. Решением обратной задачи - путем переноса отдельных совокупностей на вертикальные проекции рудных тел выделяются тектонически однородные блоки (ТООБ), границами между которыми являются тектонические нарушения (рис.2). Решение этой задачи имеет практическое значение при отнесении месторождения к той или иной группе по сложности геологического строения, при подсчете запасов, разработке месторождений, особенно подземным способом, а также для изучения закономерностей распределения полезных компонентов.

Математическая корреляционная модель пространственных соотношений морфометрических элементов рудных тел была разработана на основе концепции их вулканогенно-осадочного образования. Исследования сводились к доказательству непротиворечивости фактических данных разведки разработанной модели и, следовательно, к подтверждению одной из альтернативных гипотез образования месторождения: скарново-магнетитовой или вулканогенно-осадочной. В результате исследований установлено, что рудные тела 10, 6, 5, 4 представляют собой типичные пластообразные залежи, локально осложненные линзообразными раздувами со стороны подошвы. Значения выборочных коэффициентов корреляции между величинами относительных отметок кровли и подошвы залежей изменяются в пределах от +0,94 до +0,99. Тектонические дизъюнктивные нарушения являются долгоживущими, потому что они контролируют как развитие аккумулятивной депрессии, так и секут выполняющие их рудные тела. При применяемой системе геологоразведочных работ уверенно выделяются разломы с амплитудой более 30-40 м, нечетко - с амплитудой 20-30 м. По данным морфометрического анализа подтверждены ранее выделяемые на месторождении разломы Средний, А₁, А₂. Установлено, что рудные тела разбиты на шесть крупных тектонически однородных блоков. Полученные результаты свидетельствуют в пользу вулканогенно-осадочной гипотезы образования изученных рудных тел месторождения.

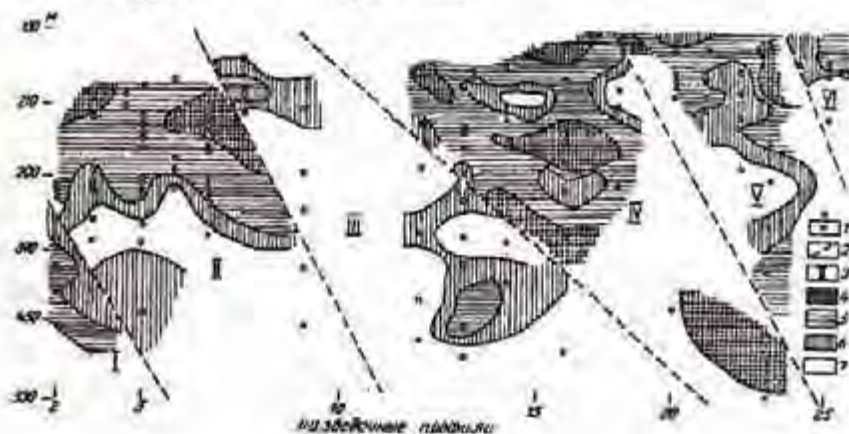


Рис.2. Результаты geometrизации структуры геохимического поля меди рудного тела № 6 Высокогорского железорудного месторождения:

- 1 - места опробования; 2 - дизъюнктивные нарушения; 3 - номера тектонически однородных блоков; содержание меди, мас. %:
4 - более 1%; 5 - 0,5-1,0%; 6 - 0,3-0,5%; 7 - менее 0,3%

Результаты парагенетического анализа руд. При изучении оценок пространственных соотношений и регрессий геохимических полей железа (общего и магнетитового), серы, меди и кобальта установлено следующее. Геохимические поля меди, серы и кобальта гетерогенны. Гетерогенность наиболее проявлена в рудных телах № 6 и 5 (оценки выборочных коэф-

коэффициентов корреляции равны соответственно 0,53 и 0,62). Для рудных тел № 10 и 4 они соответственно равны 0,73 и 0,77. Кобальт также имеет несколько генераций. Есть основания считать, что медь первой генерации является сингенетичной же-лезным рудам, а второй, образующей гнезда с повышенным содержанием металла, - продуктом наложенной ми-нерализации.

Особенности пространственного распределения меди. Наиболее крупное рудное тело № 10 характеризуется низким содержанием меди. Так, на эксплуатационном горизонте - 450 м шахты "Магнетитовая" в пределах блока № 21 по данным 88 химических анализов на медь в большинстве проб содержание металла составило 0,01-0,03 % и только в единичных пробах достигало 0,1-0,2 %, а в одном случае 0,8 %. Среднее содержание меди в рудном теле составляет 0,09 %. Отсюда вытекает вывод, что данное рудное тело не представляет интереса для попутного извлечения меди. Поэтому более детально распределение меди в рудном теле № 10 не изучалось.

Рудное тело № 6 совместно с рудными телами № 2 и 2а характеризуется высокими содержаниями меди. Изучены закономерности её распределения по 171 пересечению рудного тела горными выработками и скважинами (см. рис.2). В пределах тектонически однородного блока I (ТОБ-I) отмечается повышение содержания металла по мере удаления от разрывного нарушения с 0,3 до 0,8 %. В пределах ТОБ-II выделяется обширное поле меди с содержанием 0,5 % и выше между горизонтами - 130 и - 290 м. В его пределах располагается два гнезда меди, содержание металла в которых составляет более 2 %. Ниже этого поля до горизонта - 370 м содержание меди закономерно уменьшается до 0,2 % и затем до горизонта - 450 м несколько повышается (до 0,4 %). В ТОБ-III содержания меди более низкие. Выделяется два гнезда с содержанием металла более 0,5 %. Одно из них располагается на профиле 8 и горизонте - 210 м, второе на профиле 13 и горизонте - 450 м. От этих гнезд во все стороны содержание меди закономерно снижается до 0,1 % и менее. В пределах ТОБ-IV на фоне обширного поля меди с содержанием более 0,5 % между горизонтами - 130 и - 370 м выделяется четыре гнезда, в которых содержание меди достигает 1,2-1,5 %. Кроме того, крупное гнездо меди зафиксировано между горизонтами -450 и -530 м. Содержание меди в нём достигает 3,4-3,7 %. В ТОБ-V относительно небольшое поле меди с содержанием более 0,5 % также выделено между горизонтами - 130 и - 290 м. В его пределах располагается два гнезда меди с содержанием металла до 1,7 %. В ТОБ-VI также на обширном поле с содержанием меди выше 0,5 % выделяется три гнезда меди с содержанием до 1,5-1,7 %. Они находятся за пределами рисунка, выше горизонта - 130 м. Таким образом, большая часть рудного тела № 6 характеризуется наличием поля меди с содержанием более 0,5 %. В его пределах располагаются участки с повышенным содержанием меди (1,2 - 13,7 %) - гнезда, которые могут быть объектами селективной разработки. Аналогичные закономерности в распределении меди установлены в рудных телах № 5 и 4, но они характеризуются более низкими содержаниями металла, чем рудное тело № 6.

В направлении с запада на восток от рудного тела № 10 до рудного тела № 4 отмечается следующая закономерность в распределении меди в рудных телах (см. таблицу).

Средний химический состав руд в рудных телах Высокогорского месторождения, мас. %

Рудное тело	Число проб	Fe общее	Fe магнетитовое	S	Cu	Co
10	96	37,6	31,2	0,33	0,09	0,014
6	246	38,3	32,2	1,81	0,42	0,027
5	242	31,0	25,5	0,94	0,29	0,019
4	108	28,8	25,0	0,52	0,26	0,012

Наименее низким содержанием меди характеризуется рудное тело № 10. Наиболее обогащено медью рудное тело № 6. Затем снижается содержание металла в рудном теле № 5 и далее в рудном теле № 4. Выявленные закономерности в распределении меди как в плоскости рудных тел, так и от лежачего и висячему боку рудной зоны аналогичны таковым в медноколчеданных месторождениях, имеющих вулканогенно-осадочное происхождение [5].

Таким образом, установлено:

- система железо – медь – сера – кобальт в рудах Высокогорского месторождения гетерогенная;
- форма рудных тел обусловлена первичными вулканогенно-осадочными процессами и последующими дизъюнктивными нарушениями;
- первично-осадочные рудные тела с убогой сернистой минерализацией обогащены наложенной медной минерализацией, образующей гнезда, которые являются объектами селективной разработки месторождения с целью комплексного использования минерального сырья.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Железорудные месторождения СССР. Железорудная база черной металлургии СССР/ Под ред. И.П.Бардина. - М.: Изд-во АН СССР, 1957. - 566 с.
2. Железорудные формации Среднего и Южного Урала. - М.: Наука, 1989. - 251 с.
3. Мягков В.Ф. Геохимический метод парагенетического анализа руд. - М.: Недра, 1984. - 126 с.
4. Овчинников Л.Н. Контактво-метасоматические месторождения Среднего и Северного Урала. Тр. Горно-геологического ин-та, вып. 39. - 1960. - 456 с.
5. Петруха Л.М. О геохимической зональности рудных тел медноколчеданных месторождений // Геология, поиски и разведка рудных и нерудных месторождений полезных ископаемых/ СГИ. - Свердловск. 1984. - С.31-36.

УДК 553.32(470.5)

К.В.Хутгер-Кукконин

ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ТИПЫ И МИНЕРАЛЬНЫЕ АССОЦИАЦИИ МАРГАНЦЕВЫХ РУД СОБСКОЙ ПЛОЩАДИ (ПОЛЯРНЫЙ УРАЛ)

В современной структуре шельфовые и батинальные палеозойские отложения Лемвинской зоны протягиваются в виде прерывистой полосы аллохтонов и параавтохтонов вдоль западного склона Полярного Урала. Породы Лемвинской зоны, по последним представлениям, сформировались на континентальном склоне пассивной окраины Восточно-Европейской платформы. В целом для района характерно чешуйчато-надвиговое строение (рис.1). Рудопроявления и прямые рудные находки Собской площади на севере Лемвинской зоны контролируются углеродисто-карбонатно-терригенным комплексом няньворгинской свиты ($D_3-C_1^m$), мощностью до 700 м, а в ее составе франско-фаменской пачкой углисто-карбонатно-глинисто-кремнистых сланцев, фтанитов, прослоями доломитизированных известняков общей мощностью до 150 м. В основании этой свиты развита филлитовидные сланцы грубеинской свиты (O_{1-2gr}), которые перекрываются углеродисто-карбонатно-терригенными отложениями яйюской свиты ($C_{1,ja}$). Породы вышеописанных свит смяты изоклинальные складки, запрокинутые к северо-западу, интенсивно рассланцованы и замаскированы. Впоследствии стратифицированные рудные залежи подверглись низкотемпературным изменениям, катагенезу, начальному метаморфизму и гипергенезу. Это является основанием разделить оруденение на два крупных генетических типа: син- и эпигенетический.

Сингенетические руды

Образуют стратифицированные залежи пластообразной формы мощностью от 10 см до 6 м падающие под углом 45-75°. В оруденелой части разреза 150-200 м встречается не менее двух-трех рудоносных пачек средней суммарной мощностью до 9 м. Меньше распространены слойки-линзы марганцовистых кремней и алевролитов мощностью до 1-2 см, прослои углисто-кремни-