Записки Ленинградского ордена Ленина и ордена Трудового Красного Знамени горного института им. Г. В. Плеханова, т. LXIV, вып. 2, 1974 г.

ЗОНАЛЬНОСТЬ РУДНЫХ ТЕЛ И ПЕРВИЧНЫХ ОРЕОЛОВ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЭПИГЕНЕТИЧЕСКИХ, МЕДНО-НИКЕЛЕВЫХ РУД КОЛЬСКОГО ПОЛУОСТРОВА

Т. И. Нюппенен

Многочисленные аспекты исключительно сложной проблемы зональности постмагматических рудных месторождений рассматривались на протяжении нескольких десятилетий многими советскими и зарубежными исследователями — В. Эммонсом, С. С. Смирновым, Ю. А. Билибиным, Н. А. Хрущевым, П. М. Татариновым, В. И. Смирновым, В. В. Щербиной, Я. Кути́ной и др. Менее изучена зональность группы собственно магматических месторождений и, в частности, месторождений эпигенетических медно-никелевых сульфидных руд. Попытки систематизации и обобщения проявлений зональности на месторождениях этого типа вообще не известны, хотя давно установлено, что признаки зонального распределения компонентов в рудных телах и ореолах можно эффективно использовать при поисках и разведке скрытых рудных тел, если выявлены основные закономерности образования и проявления зональности.

Отдельные факты, свидетельствующие о зональном распределении компонентов сульфидных медно-никелевых руд в пределах эпигенетических рудных тел, приводятся во многих работах. Так, давно установлено, что в экзоконтактах эпигенетических рудных тел Печенгского района, залегающих в филлитах и туффитах, наблюдается постепенный переход от «оруденелых» филлитов (с пентландит-пирротиновой вкрапленно-прожилковой минерализацией) к «медистым», обогащенным халькопиритом [3]. При описании месторождений Норильского района М. Н. Годлевский [1] указывал на обособление пентландит-халькопиритовых и борнит-миллеритовых разностей руд на флангах и в местах выклинивания жил, объясняя это динамической дифференциацией кристаллизующегося «сухого» расплава и его остаточных продуктов — концентрированного гидротермального раствора. Зональное распределение пентландит-пирротиновых и существенно-халькопиритовых руд установлено в Сёдбери на месторождениях Фруд-Стоби, где существенно-халькопиритовые руды локализуются на более глубоких горизонтах, и Харди, где они сконцентрированы на одном из флангов и в верхней части рудного тела [5]. Заметно более медистыми являются и фланги одного из рудных тел группы месторождений Аллареченского района на Кольском полуострове [6].

Перечисленные факты определяют общий порядок распределения рудообразующих компонентов в рудных телах — преобладание существенно-никелевых руд в центральных частях рудных тел, а медистых — на флангах. Приведем результаты более детальных исследований закономерностей распределения этих компонентов не только в рудных телах, но и их ореолах.

Зональность рудных жил и первичных ореолов на месторождении Ниттис-Кумужья. Месторождение Ниттис-Кумужья расположено в пределах Мончегорского никеленосного плутона, внедрившегося по контакту гнейсов архея с нижнепротерозойской вулканогенно-осадочной свитой имандра-варзуга. В плане плутон имеет s-образное очертание, в поперечном разрезе — корытообразное. Северная часть плутона сложена в основном перидотитами, оливиновыми и безоливиновыми пироксенитами. При движении на юго-восток, к корневым (?) частям плутона, ультрабазиты постепенно сменяются норитами и габбро-норитами. В придонной части плутона (реже — в более высокорасположенных горизонтах) фиксируется бедное сингенетическое вкрапленное пентландит-пирротиновое оруденение, местами переходящее в шлировое. Эпигенетические медно-никелевые руды локализуются в северной части плутона и контролируются серией параллельных крутопадающих трещин субмеридиональной ориентировки, расположенных в осевой части плутона. Мощность жил достигает нескольких десятков сантиметров, протяженность — нескольких сотен метров. Выполнены жилы массивными пентландит-пирротиновыми рудами. В меньшей степени развиты существенно-халькопиритовые руды, иногда с отчетливо выраженной полосчатой текстурой. Пентландит-пирротиновые разности руд кристаллизовались из высокотемпературного «сухого» расплава, но существенно-халькопиритовые руды являются скорее среднетемпературными [7].

В южной части жильного поля более часто появляются жильные габбро-пегматиты — производные очага магмы, давшей породы плутона, и переход сульфидных жил в существенно-магнетитовые. Последнее обстоятельство является, вероятно, следствием позднего катаклаза и гипогенного окисления сульфидной массы.

Под влиянием пострудной тектоники жильное поле месторождения местами разбито на крупные блоки.

При изучении пространственного распределения никеля и меди в пределах промышленных контуров жил месторождения нами использованы материалы эксплуатационного опробования жил 36—18, 16 и 50—19, выполненного геологами рудника Ниттис-Кумужья. Результаты опробования по отдельным блокам усреднены и выражены в виде отношения $\frac{\overline{C}_{Cu}}{\overline{C}_{Ni}}$ по блоку. Для характеристики относительной обогащенности рудной массы халькопиритом значения отношений разбиты на три группы: <1; 1—2; >2. Величины отношений нанесены на поблочные вертикальные проекции рудных жил (рис. 1). В центральной части жилы преобладает никель, во фланговых и глубинных участках заметно обогащение медью. В центральной части повышенное содержание меди наблюдается лишь на отдельных участках — в местах пережима или ответвлений от основной жилы. Аналогичное зональное распределение отношений $\frac{\overline{C}_{Cu}}{\overline{C}_{Ni}}$ установлено и по остальным изученным жилам (16 и 36—18).

При детальной разведке и последующей отработке жильного поля Мончетундры установлено, что существенно-халькопиритовый состав рудных жил на флангах постепенно сменяется зоной гидротермально измененных пород, содержащих непромышленное прожилково-вкрапленное оруденение, жилки и линзочки кварц-карбонатного состава с мелкими зернами галенита и сфалерита. Такая зона с непромышленной рудной минерализацией и гидротермальными проявлениями, естественно, может рассматриваться как типичный первичный ореол рудных жил.

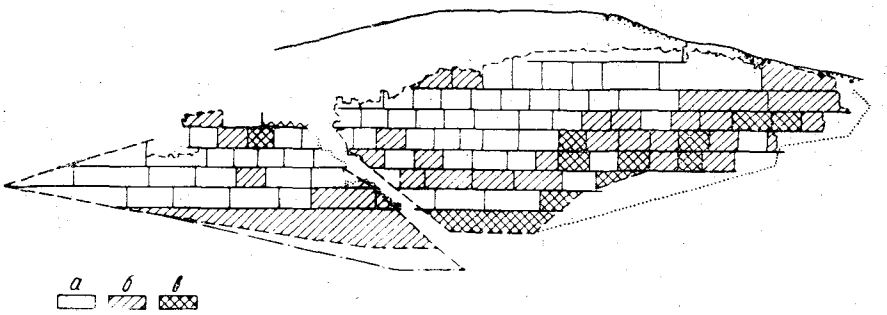


Рис. 1. Проявление зональности в рудной жиле 50—19. Рудник Ниттис-Кумужья, Мончегорский плутон.

$\frac{\overline{C}_{Cu}}{\overline{C}_{Ni}}$; $а - < 1$: $б - 1 \div 2$; $в >$

Для выяснения характера распределения рудообразующих элементов и их спутников в ореолах детально опробованы фланговые части нескольких рудных жил и материал рудоконтролирующих трещин по простиранию и восстанию этих жил. Пробы отобраны сериями по краевой части самой жилы, затем по минерализованной рудовмещающей трещине (зоне ореола) и далее — по неминерализованной трещине. По результатам анализа отобранных проб построены графики содержания элементов и определены средневзвешенные содержания рудообразующих компонентов и их спутников. Средневзвешенные содержания подсчитаны раздельно для фланговой части рудной жилы, трех равновеликих частей зоны (ближней, средней и дальней) и неминерализованной (фоновой) части разреза, как видно на рис. 2. На гистограмме (рис. 2) по характеру распределения элементы-индикаторы можно разделить на две группы: 1) главные полезные компоненты медно-никелевых руд (никель, кобальт и медь) и родственные элементы-спутники оруденения (селен, теллур и серебро); содержание элементов постепенно уменьшается от рудного тела к внешней части ореола; 2) элементы-примеси, содержащиеся в рудах в незначительных количествах и концентрирующиеся в самом ореоле (цинк, свинец, висмут).

Минералогическая зональность, проявленная в экзоконтактах эпигенетических руд Печенги. Никеленосные массивы северной части Печенгского рудного поля приурочены к полосе филлитов и туффитов, заключенной между так называемыми III и IV покровами диабазов печенгской формации.

Сами никеленосные массивы представляют собой линзо- и пластообразные тела с асимметричной дифференциацией: аповерлитовые серпен-

тиниты — в лежачем боку, пироксениты — в средней части, метагаббро — в висячем боку. Сингенетическое медно-никелевое оруденение локализовано в основном в придонных частях материнских массивов. Более поздние эпигенетические руды (брекчиевидные, в меньшей мере — сплошные) контролируются зонами тектонических нарушений, приуроченными к подошвенным частям основных — ультраосновных массивов. Большая часть эпигенетических руд локализована в пределах контактов тектонических зон с метаультрабазитами, но, наряду с этим, имеются тела брекчиевидных руд, уходящие в филлиты на расстояние до первых сотен метров (рудное поле Каула-Котсельваара-Каммикиви).

По сравнению с жильными рудами месторождения Ниттис-Кумужья эпигенетические руды Печенги более низкотемпературны. Они возникли из фазы, содержавшей значительное количество нерудных и летучих компонентов [7].

Характер зональности на месторождениях Печенгского района в общих чертах соответствует минералого-геохимической зональности месторождения Ниттис-Кумужья и устанавливается при детальном изучении состава и пространственного размещения околорудной сульфидно-кварц-карбонатной минерализации в экзоконтактах богатых эпигенетических руд *. Специальные исследования Д. В. Полферова и автора с использованием керна 65 скважин подземного бурения на руднике Каула и ряда разведочных скважин на месторождении Котсельваара показали, что при удалении от непосредственного контакта с брекчиевыми руда-

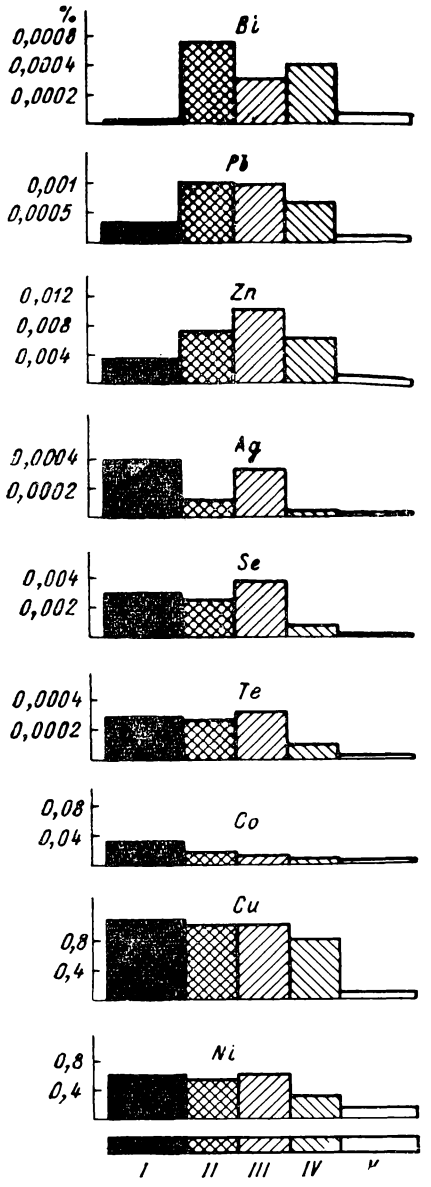


Рис. 2. Гистограмма распределения средневзвешенных содержаний элементов-индикаторов в первичных ореолах эпигенетических руд месторождений Ниттис-Кумужья:

I — зона промышленного оруденения: *II—IV* — последовательно удаленные от жилы равновеликие ореольные зоны; *V*—зона неминерализованных пироксенитов рудовмещающей трещины

* Эпигенетическая минерализация в экзоконтактах рудных жил Печенгского района уже давно рассматривается как минералогически выраженный ореол.

ми более высокотемпературные минеральные ассоциации закономерно чередуются с менее высокотемпературными. В обобщенном виде околорудный интервал с наложенной сульфидной минерализацией в филлитах довольно отчетливо подразделяется на четыре зоны (рис. 3): *I* — с вкрапленно-прожилковой пентландит-пирротиновой минерализацией и мелкими включениями кварца и карбонатов; *II*—с вкрапленно-прожилковой существенно-халькопиритовой минерализацией и примесью пирротина, пентландита, кварца и карбонатов; *III* — с вкрапленно-прожилковой пирротин-кварц-карбонатной минерализацией; встречаются также

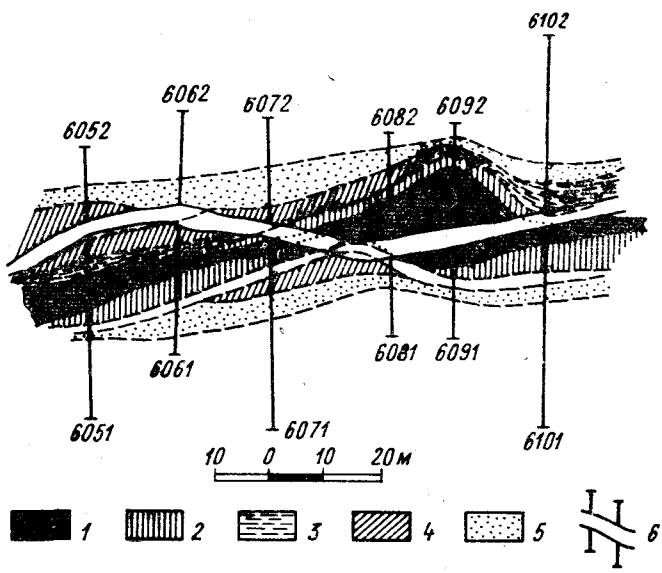


Рис. 3. План размещения зон минерализованных филлитов в экзоконтакте брекчиевидных руд. Рудник Каула, участок западного фланга горизонта VI.

1 — брекчиевидные и массивные руды; *2—5* — филлиты, соответственно, I—IV зон; *6* — штрек со скважинами подземного бурения

пирит, сфалерит, халькопирит; *IV* — с кварц-карбонатной прожилковой минерализацией. Иногда в данной зоне встречаются ничтожно малые количества пирротина, пирита, халькопирита и сфалерита.

Максимальная суммарная мощность зон околорудной минерализации в висячем контакте тел, сложенных брекчиевидными рудами, достигает 30—32 *м*. По восстанию рудоконтролирующих структур максимальная протяженность зон минерализованных филлитов пока не выяснена. На месторождении Каула филлиты *I—II* зон на одном из профилей прослеживаются на расстоянии до 200 *м*, а *III* зоны того же профиля — более чем на 900 *м* по падению рудоконтролирующей структуры.

Качественные ассоциации и количественное распределение элементов в пределах этих ореолов в целом параллелизуются с типами минерализации. В непосредственной близости от рудного тела, как правило, фиксируются резко повышенные содержания никеля, кобальта и меди. Несколько дальше от контакта обнаруживаются аномально высокие концентрации меди, селена, мышьяка, цинка, серебра.

Обсуждение результатов и некоторые практические выводы. Зональное распределение компонентов эпигенетических рудных тел сульфидных медно-никелевых месторождений определяется внутренней дифференциацией рудообразующего флюида на железо-никелевую и существенно-медистую части. Физико-химической основой этой дифференциации, по-видимому, является разница температур кристаллизации пирротин-пентландитовых и существенно-халькопиритовых масс: в первую очередь выделяется наиболее высокотемпературный никелистый пирротин, затем — пентландит, а после этого — халькопирит [2, 4].

На основании изложенного можно выделить два вида зональности рудных тел и ореолов эпигенетических медно-никелевых месторождений.

1. Зональность кристаллизационно-кинетической дифференциации рудообразующего флюида, наблюдаемую в пределах отдельных рудных тел. Этот вид зональности образуется за счет внутренней дифференциации рудного расплава при его инъекции и кристаллизации. Образование зональности обусловлено тем, что существенно-медистый материал флюида, имеющий более низкую температуру кристаллизации, является более подвижным, чем основная пентландит-пирротиновая масса, и имеет возможность заполнять мелкие трещины на участке выклинивания рудного тела, образуя существенно-халькопиритовую оторочку. При этом основная масса медистого материала располагается в головной части и, в меньшей мере, на флангах рудного тела.

2. Зональность отложения в пределах рудного тела и ореола. Появляется в результате глубокой эволюции рудообразующего флюида, когда остаточные продукты эволюции (гидротермальные растворы) отделяются от основной массы флюида и образуют первичный ореол вокруг рудного тела. В остаточных растворах накапливаются наиболее низкотемпературные элементы медно-никелевого оруденения (Pb, Bi, Zn, Ag(?)), вследствие чего удельная роль этих элементов в ореоле заметно возрастает.

Термодинамическая эволюция рудообразующего флюида

Показатель зональности	Минералы и элементы стадий рудообразования			
	позднемагматической в зоне рудного тела		пневматолито-гидротермальной в зоне первичного ореола	
	внутренней	краевой	ближней	дальней
Основной	Пирротин пентландит магнетит	Халькопирит магнетит пирротин	Халькопирит пирротин кварц кальцит	Кварц кальцит сфалерит галенит
Второстепенный	Халькопирит кубанит	Пентландит сфалерит галенит	Пентландит магнетит галенит сфалерит	Халькопирит пирит
Основной	Fe, Ni(Co)	Cu, Ni(Co), Fe, Se, Te, Ag, платиноиды	Cu, Ni(Co), Fe	Pb, Zn, Bi, Ag(?)
Второстепенный	Cu, Se, Fe, Ag, платиноиды	Pb, Zn, Bi, As (?)	Ag, Se, Te, Pb, Zn, Bi, As(?)	Cu, Ni(Co), Fe

Практически во всех случаях отмечается эволюционный характер перехода от одного вида зональности к другой. Достаточно реальным поэтому кажется предположение о том, что оба вида выделенной зональности возникают в ходе единого акта рудо- и ореолообразования и представляют собою различную степень кристаллизационной дифференциации рудообразующего флюида. Но первый вид зональности образуется в период позднемагматической стадии рудоотложения, а второй включает и проявления заключительной пневматолито-гидротермальной стадии процесса.

Подобная схема, естественно, не отражает всех нюансов проявления минералого-геохимической зональности в строении рудных тел и ореолов рассматриваемых месторождений, но общую закономерность и эволюционный характер распределения компонентов в зоне рудное тело — ореол (см. таблицу) иллюстрирует с достаточной очевидностью.

Отсутствие секущих контактов между пентландит-пирротиновыми и существенно-халькопиритовыми разностями руд в пределах рудных тел и эволюционный характер переходов между выделенными ассоциациями минералов и элементов позволяют отнести выделенные виды зональности к моноасцендентной.

ЛИТЕРАТУРА

1. Годлевский М. Н. Траппы и рудоносные интрузии Норильского района. МГГРИ, 1959.

2. Годлевский М. Н. К вопросу о генезисе сульфидных медно-никелевых месторождений на Сибирской платформе. Геол. рудн. месторожд., 1959, № 2.

3. Горбунов Г. И. Геология и структура месторождения Каула. В сб.: Ультраосновные и основные интрузии и сульфидные месторождения Печенги. АН СССР, 1952.

4. Елисеев Э. Н. Минералогия и геохимия сульфидных медно-никелевых месторождений. Вестн. Ленинградск. ун-та, ЛГУ, сер. геол. и географ., 1958, № 24, вып. 4.

5. Зербригг Х. и др. Месторождение Фруд-Стоби. В сб.: Структурная геология рудных месторождений Канады. Мир, 1964.

6. Нюппенен Т. И. О первичных ореолах одного из сульфидных медно-никелевых месторождений Северо-Запада Кольского полуострова. Зап. ЛГИ, 1966, т. XLI, вып. 2.

7. Полферов Д. В. О соотношениях сульфидов и силикатов Cu—Ni руд. Геол. рудн. месторожд., 1966, № 3.