

химически активные растворы представляли собой смесь соляной и серной кислот, которая генерирована под влиянием неглубокого магматического очага, расположенного в верхней части земной коры. Мы предполагаем, что 7000-8000 лет назад магматический очаг располагался непосредственно под полем опалитовых пород Восточно-Камбального поля гидротермально-измененных пород на глубине 4-5 км.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект 06-05-64689а).

Список литературы

Белоусов В.И. Вторичное минералообразование на Паужетском месторождении термальных вод // В кн.: Геологические и геофизические исследования в вулканических областях. М.: Наука, 1963. С. 93-101.

Белоусов В.И. Геология геотермальных полей в областях современного вулканизма. М.: Наука, 1978. 186 с.

Долгоживущий центр эндогенной активности Южной Камчатки. М.: Наука. 1980, 172 с.

Есин О.А., Гельд П.В. Физическая химия пирометаллургических процессов, ч. 2. Взаимодействие с участием расплавов. М.: Metallurgy, 1966. 703 с.

Набоко С.И. Гидротермальный метаморфизм пород в вулканических областях. М.: Изд-во АН СССР, 1963. 172 с.

Рычагов С.Н., Жатнуев Н.С., Коробов А.Д. и др. Структура гидротермальной системы. М.: Наука, 1993. 298 с.

Kazahaja K., Shinohara H. Generation HCl by high temperature hidrolis NaCl // Extended Abstracts of the 3 Symposium on Deep-crust fluids "High-temperature Acid fluids and associated alteration and mineralization", held at Taukuba, October, 1990. Geol. Survey of Japan, 1991. P. 101-102.

RMS DPI 2008-3-26-0

СУЛЬФИДНО-МАГНЕТИТОВЫЕ РУДЫ МАУКСКОГО МЕДНОКОЛЧЕДАННОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ (ЮЖНЫЙ УРАЛ)

Сафина Н.П. (safina@ilmeny.ac.ru)

Ильменское отделение. Институт минералогии УрО РАН

SULFIDE-MAGNETITE ORES OF THE MAUK MASSIVE
SULFIDE DEPOSIT (SOUTHERN URALS)

Safina N.P.

Ilmeny branch. Institute of Mineralogy Urals of Branch RAS

Маукское месторождение находится в зоне Главного Уральского разлома на самом узком участке смыкания Тагильской и Сакмарской вулканогенных колчеданосных зон в породах силурийской (ландовери) офиолитовой ассоциации в Уфалейско-Коркодинской палеодепрессии, имеющей рифтогенную природу (Медноколчеданные..., 1988).

Геологический разрез месторождения состоит из базальтов, углеродистых и углеродисто-кремнистых алевролитов, песчаников и линзовидных тел серпентинизированных ультрамафитов. Эти породы преобразованы в альбит-эпидот-биотит-хлоритовые, альбит-эпидот-цоизит-актинолитовые, альбит-карбонат-актинолит-хлоритовые, графит-кварцевые сланцы. Месторождение претерпело наиболее высокотемпературный метаморфизм по сравнению с другими колчеданными месторождениями, расположенными в пределах Главного Уральского разлома (Медноколчеданные..., 1988; Мелекесцева, 2007).

Наиболее значительным по масштабу является Центральное рудное тело, размер которого по простиранию составляет 1500 м при мощности в центральной части 12 м, в среднем 5 м (Горелов, 1958). Рудная залежь имеет пластообразную форму, согласное с вмещающими породами залегание. Рудное тело не образует резких пережимов и раздувов, а очень плавно выклинивается по простиранию на глубину. Для него характерно пологое восточное падение под углами 40-50°.

Руды Центрального рудного тела имеют, в основном, пирротин-пирит-халькопиритовый состав со значительным присутствием магнетита (до 37% от объема рудной массы) и, менее, сфалерита (до 15% от объема рудной массы) (Горелов, 1958). Пространственно магнетитовые руды мощностью 2-3 м располагаются в основании Центральной сульфидной залежи. Вверх по разрезу появляются вкрапленные медные руды, которые переходят в сплошные медноколчеданные руды.

Основное внимание в данной работе уделено взаимоотношению между сульфидной и оксидно-железистой (магнетитовой) минерализацией. В магнетитовых рудах колчеданных и полиметаллических месторождений большинство рудных минералов представляют реликтовые рудокласты, другая часть – продукты диагенеза, гидротермального метасоматоза и последующего метаморфизма (Шадлун, 1947, 1954; Ярош, 1973; Закис, 2003; Масленников и др., 2007).

В ходе полевых работ на Маукском месторождении были отобраны образцы основных типов руд: массивные, пятнистые и полосчатые разновидности.

Массивные руды имеют магнетит-халькопирит-пиритовый, халькопирит-пиритовый состав. Структура этого типа руд тонко- и среднезернистая или аллотриоморфнозернистая. Основным рудообразующим минералом массивных руд является пирит (до 90% от объема рудной массы). При микроскопическом изучении наблюдаются сростки кристаллического пирита с угловатыми включениями халькопирита и сфалерита (субграфическая структура).

Среди *пятнистых* руд выделяются сфалерит-халькопирит-пирит-магнетитовые и халькопирит-магнетит-пирротин-пиритовые минеральные разновидности. Пятнистая текстура подчеркивается многочисленными (до 3 см в поперечнике) скоплениями магнетита среди более мелкозернистой халькопирит-пиритовой массы. В преимущественно магнетитовых рудах (содержание магнетита до 80% от объема рудной массы) на фоне мельчайших кристаллов магнетита наблюдаются ксеноморфные агрегаты халькопирита, цементирующие кристаллы пирита. Микроскопически выделяются следующие структуры: гипидиоморфнозернистая у пирита, пересечения (прожилки тонкозернистого пирита или магнетита пересекают кристаллы пирита), коррозионная (коррозия пирита или халькопирита пластинчатым нерудным минералом (амфиболы?); идиоморфнозернистая (идиоморфные кристаллы магнетита в пирите, халькопирите или нерудной массе).

Для руд Маукского месторождения весьма характерными являются *полосчатые* руды, которые можно подразделить на собственно-полосчатые и неяснополосчатые. В первом случае наблюдается чередование сульфидных прослоев с хлоритолитами, кремнистыми породами и гиалокластогенным материалом. В подошве таких сульфидных прослоев нередко наблюдаются механоглифы, фиксирующие асимметричное продавливание сульфидного материала в подстилающие осадки. Наиболее распространенным сульфидным минералом собственно-полосчатых руд является пирит. Он образует прослои мощностью до 1 см, а так же рассеянную вкрапленность, выполненные кристаллическим пиритом (от микрокристаллов до кристаллов размером от 1 до 3-5 мм в сростках).

Особенностью *неяснополосчатых* руд является неотчетливая полосчатость, которая улавливается лишь благодаря линейному расположению отдельных фрагментов. В отличие от собственно-полосчатых руд в этом типе наблюдается большее разнообразие сульфидных минералов. Макроскопически установлено присутствие пирита (20%), халькопирита (30%), магнетита (30%) и нерудного цементирующего материала (20%). Наиболее распространенными структурами являются гипидиоморфнозернистая для пирита и магнетита, менее распространены цементационная структура пирита халькопиритом и магнетитом, структура замещения халькопирита нерудным пластинчатым минералом, а также пойкилитовая – включения пирротина, кубанита, макинавита в метакристаллах пирита и магнетита.

Нередко в этом типе руд присутствуют оползневые деформации и микроскладчатость. Отмечается интенсивная перекристаллизация на участках смятия тонкополосчатых сульфидных руд, в центральных частях складок наблюдается укрупнение зерен пирита (до 2-3 мм). На микроуровне наблюдается интенсивное замещение халькопиритовых обособлений нерудным материалом и концентрирование на этом фоне кристаллов магнетита. Участки руды с наличием деформаций чередуются с участками, состоящими из сульфидных прослоев, мощностью от 0,1 до 0,5 см и залегающими согласно с общим напластованием руды. Особенностью сульфидных прослоев является асимметричное распределение рудной составляющей. В подошве концентрируются сегрегации магнетит-халькопирит-пиритового состава, а в кровле - мономинеральные зерна магнетита. В этом же направлении возрастает роль нерудного материала, который интенсивно корродирует сульфидные минералы.

Перечисленные текстурные разновидности руд характеризуются относительно постоянным набором минералов, главными из которых являются пирит, халькопирит, магнетит, кварц, хлорит и амфиболы (?). Редкие минералы - сфалерит, галенит, пирротин, кубанит, макинавит, золото.

Пирит является основным минералом, присутствующем во всех типах руд.

Преобладающей морфологической разновидностью пирита (I) являются кристаллические агрегаты, представленные эвгедральными и субгедральными кристаллами с сечениями различной формы. Для такого пирита характерно наличие включений магнетита, халькопирита, пирротина и кубанита. С помощью травления в метакристаллах пирита выявлены изометричные, реже угловатые центры, окруженные плотной каймой. При этом, большую часть кристаллического индивида занимают чистые поля, в которых сосредоточены включения сульфидных минералов. В собственно-полосчатых рудах пирит выделяется в виде близких к кубам, но округленных или скелетных зерен с включениями магнетита, редко галенита и халькопирита. В преимущественно магнетитовых рудах метакристаллы пирита, представлены скелетообразными формами, насыщенными включениями магнетита. В неясно-полосчатых рудах отмечается интенсивное замещение кристаллического пирита магнетитом. При этом, зоны роста или отдельные линии видны лишь в средних или краевых частях замещаемого пирита.

Исключительно в неясно-полосчатых рудах Маукского месторождения наблюдаются участки, сложенные тонкодисперсным пиритом (в центре) с каймой более плотного пирита. Внутреннее строение кристаллической каймы секториальное и напоминает структуру марказита, вероятно, за счет которого образовался поздний пирит (II). Эта разновидность пирита образует каймы вокруг халькопирита на участках смятия тонкополосчатых руд. С поздним пиритом ассоциирует магнетит, пропитывая тонкодисперсные участки.

Согласно микроскопическим наблюдениям **магнетит** в рудах Маукского месторождения максимально распространен в пятнистых разновидностях, меньше в неясно-полосчатых и значительно меньше в массивных и собственно-полосчатых рудах. Во всех типах руд отмечается наложенный характер магнетитовой минерализации.

В преимущественно магнетитовых рудах магнетит образует густую равномерную вкрапленность мельчайших кристалликов, сцементированных нерудным минералом. С магнетитом ассоциируют пирит и халькопирит, причем эти минералы являются реликтовыми обособлениями, сохранившимися при интенсивном замещении магнетитом относительно мелкозернистых агрегатов пирит-халькопиритового состава. Более крупные выделения пирит-халькопиритового состава насыщены включениями и прожилками кристаллического магнетита. В таком магнетите травлением выявляются центр изометричной формы и кайма, которая аналогично кристаллическому пириту, распространенному в неясно-полосчатых рудах занимает большую часть зерна. Особенностью данного магнетита присутствие пойкилитов пирротина, сростаний макинавита или кубанита с халькопиритом.

В неясно-полосчатых рудах распространены апопиритовые мелкозернистые агрегаты. В пределах сульфидных прослоев отмечается разная степень замещения магнетитом кристаллов пирита: от включений магнетита, приуроченных пористым центральным частям, и выделений, зажатых между кристаллами пирита, до образования полных псевдоморфоз в виде зерен неправильной формы с ямчатой поверхностью.

Кристаллы магнетита отличаются ассоциацией с силикатными минералами («метаморфическая ассоциация») (Покровская, 1982). Наблюдается фиксирование этой разновидности магнетита на участках интенсивного замещения халькопирита или тонкозернистого пирита нерудным шестоватым минералом (кровля прослоев), а также в местах смятия тонких сульфидных полос в складки.

В массивных рудах магнетит развивается по угловатым вроскам халькопирита в кристаллических агрегатах пирита. В собственно-полосчатых разновидностях магнетит образует округлые или овальные включения в кристаллах пирита или невыдержанной мощности каймы вокруг последних.

Халькопирит в неясно-полосчатых рудах образует почти мономинеральные агрегаты (халькопирит-1), который в отдельных участках содержит пластинчатые обособления кубанита, а также выделения тонкозернистого пирита. В халькопирите-I рассеяны мелкие кристаллики пирита, замещаемые магнетитом. Размер халькопирита достигает 3 см, приурочен он обычно к местам дислокации полосчатых руд. Непосредственно в тонких прослоях данного типа руд, отмечаются включения халькопирит-кубанитового состава заключенные в кристаллах пирита, сцементированные халькопиритом-II, в котором выделения кубанита не обнаружены. Вторая разновидность халькопирита в подошве рудных прослоев замещается магнетитом, а в кровле – нерудным пластинчатым минералом, вплоть до образования скелетных форм.

В пятнистых рудах, при преобладающем количестве магнетита халькопирит-II сохраняется в виде реликтовых выделений расположенных в магнетитовой массе или на границах зерен кварца.

В массивных рудах халькопирит-II заполняет межзерновые пространства в ассоциации со сфалеритом и магнетитом-I.

В неясно-полосчатых рудах присутствуют полосы *кубанита* как в виде единичных выделений, так и в виде полосочек различной толщины и длины, ориентированных в различных направлениях. В реликтовых включениях кубанита заключенных в кристаллах магнетита обнаружена примесь Ni (до 1,32 мас.%).

Сфалерит присутствует, в основном, в виде ксеноморфных выделений в халькопирите-I. По химическому составу сфалерит соответствует железистой разновидности (Fe по данным микронзондового анализа от 7,4 до 10,2 мас.%).

Пирротин в неяснополосчатых рудах Центрального рудной залежи присутствует в виде включений в кристаллах пирита и его агрегатах, меньше в магнетите. Включения пирротина, в ассоциации с халькопиритом и магнетитом сосредоточены в незональных каймах кристаллического пирита. Гораздо реже пирротин встречается в ассоциации с халькопиритом-II, галенитом, самородным золотом и магнетитом-I, заполняющими трещинки в пиритовых зернах. Помимо этого выделения пирротина располагаются в халькопирите-I, ориентированные перпендикулярно кубанитовым полоскам.

В кристаллах пирита, слагающих собственно-полосчатые руды, без травления отмечается пластинчатое апопирротинное происхождение.

Макинавит встречается в виде зерен изометричной формы, приуроченных к пластинчатым выделениям кубанита в халькопирите-I. Субмикроскопические выделения макинавита характеризуются сильным двуотражением по сравнению с кубанитом. В пятнистых рудах макинавит располагается в магнетите по периферийной части халькопиритовых включений.

Золото представлено субмикроскопическими образованиями в ассоциации с галенитом и халькопиритом-II, заполняющими трещинки в агрегатах кристаллического пирита.

Таким образом, на основании микроскопических наблюдений установлена следующая последовательность минералообразования: пирротин>пирит-I>халькопирит-I>халькопирит-II>пирротин-II>пирит-II>магнетит.

Макро- и микроскопическое изучение образцов Маукского месторождения показало, что руды в значительной степени перекристаллизованы в результате глубокой переработки исходного материала. На это указано в работах П.Я. Яроша (1972), В.А. Прокина, Ф.П. Буслаева, М.И. Исмаилова (Медноколчеданные..., 1988). Преобладающими являются метаморфогенные текстуры: полосчатая, линзовидно-полосчатая, плейчатая, порфиоровидная. Наибольшее распространение в рудах получили кристаллические структуры.

Седиментологические признаки накопления сульфидного материала в полосчатых рудах исчезли в результате перекристаллизации исходного материала. Первичные черты литогенеза сохранились в полосчатых рудах. Во-первых, это асимметричное распределение рудного материала, резкие границы между прослоями по которым происходит смена гранулометрического и минерального состава. С уменьшением мощности прослоев (до 1 мм) отмечается увеличение роли магнетита, содержащего скелетные включения пирита и халькопирита.

В полосчатых рудах замещению магнетитом подвергаются кристаллы пирита, которые испытали в наибольшей степени перекристаллизацию в результате постдиагенетических преобразований. Под микроскопом в таком пирите иногда удается наблюдать реликтовые участки с зональностью, внутренние зоны таких кристаллов претерпели катаклиз, проявляющейся в смещении отдельных частей, залеченных халькопиритом, пирротинном, магнетитом реже нерудным минералом.

Интенсивное замещение халькопирита нерудным материалом является проявлением катагенетических изменений (Масленников, 2006). В наибольшей степени таким изменениям подвержены сульфидные минералы на участках смятия тонкополосчатых сульфидных руд, а также в кровле прослоев. Ориентированное согласно полосчатости расположение нерудных минералов, а также появление на этом фоне метакристаллов магнетита позволяет считать их образованиями возникшими, вероятно, на стадии метагенеза.

Исследования проводились при поддержке РФФИ (грант 08-05-00731а) и гранта Минобрнауки (РНП 2.1.1.1840).

Горелов Н.А. Маукское медноколчеданное месторождение // Материалы по геологии полезных ископаемых Урала. Свердловск, 1958. Вып. 7. С. 171-191.

Закис А.С. Последовательность минералообразования в сульфидно-магнетитовых рудах Сибайского медно-цинково-колчеданного месторождения // Металлогения древних и современных океанов – 2003. Формирование и освоение месторождений в островодужных системах. Т. 2. Миасс: ИМин УрО РАН, 2003. С. 89-92.

Масленников В.В. Литогенез и рудообразование. Миасс: ИМин УрО РАН, 2006. 384с.

Медноколчеданные месторождения Урала: Геологическое строение. В.А. Прокин, Ф.П. Буслаев, М.И. Исмагилов и др. Свердловск: УрО РАН, 1988. 241 с.

Мелекесцева И.Ю. Гетерогенные кобальт-медноколчеданные месторождения в ультрамафитах палеоостроводужных структур. М.: Наука, 2007. 245 с.

Покровская И.В. Минералогия и условия образования полиметаллических месторождений (Рудный Алтай). Алма-Ата, 1982. 156 с.

Сафина Н.П., Масленников В.В. Состав и продукты придонного преобразования обломочных сульфидных отложений в рудных залежах Яман-Касинского и Сафьяновского колчеданных месторождений (Урал) // Литосфера, 2007. № 3. С. 130-140.

Шадлун Т.Н. Некоторые признаки метаморфизма в колчеданных рудах (месторождение им. III Интернационала) // Изв. АН СССР, 1947. Сер. геол. № 5. С. 139-144.

Шадлун Т.Н. О некоторых метаморфических структурах и структурах руд // Изв. АН СССР, 1954. Сер. геол. № 2. С. 93-103.

Ярош П.Я. Диагенез и метаморфизм колчеданных руд на Урале. М.: Наука, 1973. 240 с.

RMS DPI 2008-3-19-0

**МИНЕРАЛЫ СИСТЕМЫ $Pt_3Sn-Pd_3Sn-Pd_3Pb-Pt_3Pb-Pd_3As$ В $Pt-Cu-Ni$ И Pt РУДАХ
НОРИЛЬСКОГО РАЙОНА**

Служеникин С.Ф., Мохов А.В. (avm@igem.ru)

Московское отделение. ИГЕМ РАН

**MINERALS OF $Pt_3Sn-Pd_3Sn-Pd_3Pb-Pt_3Pb-Pd_3As$ SYSTEM
IN $Pt-Cu-Ni$ AND Pt -ORES OF THE NORILSK REGION**

Sluzhenikin S.F., Mokhov A.V.

Moscow branch. IIGEM RAS

В системе $Pt_3Sn-Pd_3Sn-Pd_3Pb-Pt_3Pb-Pd_3Sb-Pd_3As$ известны три минерала – рустенбургит (Pt_3Sn), атокит (Pd_3Sn) и звягинцевит (Pd_3Pb).

Рустенбургит и атокит, открытые в платиновых рудах рифа Меренского массива Бушвельд и названные по двум рудникам, отрабатывающих эти руды (Mihalik at all, 1975), ранее были обнаружены в рудах Норильских месторождений (Генкин и др., 1971; Юшко-Захарова и др., 1972; Юшко-Захарова и др., 1973; Разин и др., 1973; Малевский и др., 1976).

Звягинцевит впервые найден в месторождении Норильск I в пентландит-халькопиритовых жилах (Генкин и др., 1966) и в талнахитовых рудах Норильска и Талнаха (Cabri, Traill, 1966).

Все три минерала связаны широким изоморфизмом входящих в них элементов. Прежде всего, это изоморфизм платины и палладия. Всегда в норильском атоките содержится платина, а в рустенбургите – палладий. Минимальное содержание платины в атоките составляет 5 мас.% или 5% ат. количеств $Pt+Pd$; минимальное содержание палладия в рустенбургите 11 мас.% или 20% ат. количеств $Pt+Pd$. Конечные члены ряда рустенбургит-атокит в норильских рудах не известны.

Атокит и рустенбургит очень широко развиты во всех рудах месторождения Норильск I и в богатых медью массивных и прожилково-вкрапленных в интрузиве рудах Талнахских месторождений (см. табл.). В рудах Норильска I эти минералы могут составлять более половины числа зерен