

ного материала говорит в пользу его образования, близкого по возрасту с углеродисто-кремнистыми породами. Структурно-текстурные особенности пород и характер захоронения фораминифер свидетельствуют о том, что углеродисто-кремнистые отложения Сафьяновского месторождения формировались в условиях верхней части сублиторали в зоне действия штормовых волн.

Исходя из вышесказанного, можно сделать выводы, что вулканы, представленные в изучаемой выборке, вероятно, относятся к пепловым фациям андезит-дацитового состава. Геохимические параметры пород рудовмещающей толщи Сафьяновского месторождения также обусловлены наложенными гидротермальными процессами, которые, скорее всего, связаны с рудообразованием. Все изучаемые породы при общем невысоком уровне метаморфизма, претерпели достаточно сильные гидротермальные изменения, что сказалось и на распределении в них элементов-примесей и на составе углеродистой составляющей РОВ.

Работа выполнена при финансовой поддержке ОФИ УрО РАН № 12-5-013-СТ.

Литература

Анфимов А. Л., Сорока Е. И., Ярославцева Н. С., Главатских С. П. Генезис углеродисто-кремнистых прослоев в рудовмещающей вулканогенно-осадочной толще Сафьяновского медноколчеданного месторождения (Средний Урал) // Вулканизм и геодинамика. V Всерос. симпоз. по вулканологии и палеовулканологии. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2011. С. 474–476.

Молошаг В. П., Прокин В. А., Удачин В. Н., Сорока Е. И. Распределение редкоземельных и редких элементов в субвулканических породах Сафьяновского месторождения // Ежегодник-2004. ИГГ УрО РАН. Екатеринбург, 2005. С. 192–198.

Петрова Л. Г. Фораминиферы среднего девона восточного склона Урала // В кн.: Палеозой Западно-Сибирской низменности и ее горного обрамления. Новосибирск: Наука, 1981. С. 81–101.

Чувашов Б. И., Анфимов А. Л., Сорока Е. И., Ярославцева Н. С. Новые данные о возрасте рудовмещающей толщи Сафьяновского месторождения (Средний Урал) на основе фораминифер // ДАН, 2011. Т. 439. № 5. С. 648–650.

Язева Р. Г., Молошаг В. П., Бочкарев В. В. Геология Сафьяновского колчеданного месторождения (Средний Урал). Препринт. Екатеринбург: УрО РАН, 1992. 71 с.

Ярославцева Н. С., Масленников В. В., Сафина Н. П., Лещев Н. В., Сорока Е. И. Углеродсодержащие алевропелиты Сафьяновского медно-цинково-колчеданного месторождения (Средний Урал) // Литосфера. 2012. № 2. С. 106–123.

McDonough W. F., Sun S.-S. The composition of the Earth // Chemical Geology, 1995. Vol. 120. № 3–4. P. 223–253.

Н. Р. Аюпова^{1, 2}, А. С. Целуйко²

¹ – *Институт минералогии УрО РАН, г. Миасс
ayupova@mineralogy.ru*

² – *Южно-Уральский государственный университет, филиал в г. Миассе*

Сульфидно-магнетитовые руды Западно-Озерного медно-цинково-колчеданного месторождения (Южный Урал)

Сульфидно-магнетитовая минерализация встречается на многих колчеданных месторождениях Урала. В большинстве работ образование магнетитовых руд связывается с гидротермально-метасоматическими процессами и последующим метамор-

физмом колчеданных руд [Ярош, 1972]. Вулканогенно-осадочное происхождение сульфидно-магнетитовых руд предполагается для слоистых пирит-магнетитовых и хлорит-магнетитовых отложений, переслаивающихся с сульфидами [Поротов и др., 1973]. Выдержанные сульфидно-магнетит-гематитовые горизонты в кровле и на выклинках рудных залежей формировались при процессах гальмиролиза-диагенеза сульфидно-гиалокластитовых осадков на колчеданных месторождениях, преобразованных до ступени пумпеллиит-пренитового метаморфизма [Масленников и др., 2007].

В данной работе рассматривается минеральный состав сульфидно-магнетитовых руд Западно-Озерного месторождения (Южный Урал), который ранее не был описан в литературе. Задача исследований – определение и сравнение минеральных ассоциаций, характерных для сульфидных и магнетитовых руд с целью выяснения способа их формирования. Микроскопические исследования проведены с использованием микроскопа Olympus BX51. Аксессуары минералы изучены на СЭМ VEGA3 TESCAN с энергодисперсионным анализатором (аналитик И. А. Блинов).

На Западно-Озерном месторождении, локализованном на северо-западном фланге Узельгинского рудного поля, выявлено 15 рудных тел, расположенных на двух рудоносных уровнях. Нижний уровень расположен на контакте карамалыташской и улугауской свит, а верхний связан с горизонтом полимиктовых брекчий, залегающих среди андезитов улугауской свиты [Гаврилов и др., 1984]. В настоящее время в карьере месторождения вскрыты руды кровли рудного тела № 5 верхнего уровня среди андезито-дацитов, расположенного севернее основного рудного тела № 1.

На горизонте 130 м в восточном борту карьера обнажены сплошные тонкозернистые пиритовые руды с реликтами колломорфных структур, которые перекрываются грубообломочными рудами, состоящими из сглажено-угловатых, часто округлых и эллипсоидальных пиритовых рудокластов размером до 2–3 см (редко до 7–15 см) в мелкообломочной массе того же состава. Граница сплошных пиритовых руд с перекрывающей грубообломочной рудой – резкая, с западинами. В глыбах взорванного блока встречаются обломочные сфалерит-пиритовые руды, содержащие прослой и линзы магнетитовых и кластогенных пиритовых руд.

Пиритовые руды сложены сглаженно-угловатыми, чаще округлыми, четко очерченными обломками со следами растворения и срезанием текстурного рисунка. Для руд характерно тесное сонахождение разнообразных по размерам и строению обломков. Насыщенность обломками в рудах различная и зависит от их размеров. Пирит в обломках представлен кристаллически-зернистыми фрагментами литифицированных руд зонального строения, представленного пористым ядром, более плотной промежуточной зоной и наружной пиритовой оторочкой с прослоями нерудного вещества. В рудокластах кристаллического пирита с помощью травления конц. HNO_3 выявляется грубая зональность первого рода.

В *сфалерит-пиритовых рудах* присутствует несколько структурных разновидностей пирита. Широко представлены обломки колломорфно-крустификационной структуры, в которых тонкие пиритовые зоны перемежаются с зонами нерудного вещества. Иногда в них встречаются слои с пластинчатыми кристаллами пирита, вероятно, образованными по марказиту. Обломки зональных кристаллов пирита замещаются сфалеритом, а фрамбоидальный пирит образует сегрегации размером до 1–2 мм и замещается теннантитом (мас. %: Fe 7.62, Cu 38.99; Zn 4.56; As 19.14). Пиритовые обломки сцементированы сфалеритом (Fe 2–4 мас. %). Под микроскопом сфалерит обнаруживает тонкую (иногда еле заметную) вкрапленность халькопирита.

Включения галенита размером 3–4 мкм и электрума (Ag 52–60 мас. %, Au 40–47 мас. %) размером до 5 мкм в сростках с галенитом – характерная черта сфалерита. Более крупные скопления галенита встречаются на контакте сфалерита и пирита, где отмечено развитие англезита по галениту.

Магнетитовые руды представлены тонкозернистой массой, образованной в результате последовательного замещения сфалерит-пиритовых руд магнетитом. Под микроскопом устанавливаются различные соотношения между минералами: пирит образует зерна неправильной формы, магнетит – равномернозернистые агрегаты, часто обладающие зональным строением, сфалерит – крупные агрегаты. Кроме того, присутствуют пластинки магнетита с реликтами тонкодисперсного гематита. Цемент представлен анкеритом и сидеритом. Процессы замещения магнетитом прослеживаются от начальных его стадий до образования магнетитовых слоев.

В магнетитовых слоях отмечается одновременное замещение пирита халькопиритом и магнетитом. Магнетит псевдоморфно замещает пиритовые зерна, постепенно наследуя их облик. По мере развития магнетита появляются незначительные самостоятельные скопления халькопирита, изредка отдельные крупные зерна пирита и агрегаты сфалерита изометричной формы с угловатыми очертаниями и при этом более отчетливо наблюдается его замещение магнетитом. Наряду с тонкой вкрапленностью халькопирита в сфалерите, появляется большое количество его крупных выделений.

Замещение сфалерита магнетитом сопровождается укрупнением включений галенита и увеличением их количества. Многочисленные скопления галенита появляются в магнетитовой ассоциации, а также в более поздних крупных зернах пирита. Результаты электронно-микроскопических исследований показывают, что галенит содержит в своем составе от 4 до 7 мас. % Se. Электрум (мас. %: Ag 41–43; Au 57–59) в сфалерите образует отдельные включения размером 1–2 мкм, фиксируется в ассоциации с новообразованным халькопиритом, а также встречается в магнетите. В реликтах сфалерита и пирита обнаруживаются субмикроскопические выделения касситерита (менее 1–3 мкм). Вкрапленность касситерита, иногда гессита, установлена также в магнетите без видимой связи с сульфидами. Постоянным спутником магнетита являются идиоморфные кристаллы арсенопирит псевдоморфической формы.

Таким образом, пиритовые и сфалерит-пиритовые кластогенные руды сформировались в результате интенсивного разрушения сульфидного холма и являются коллювиальными брекчиями с наименьшим расстоянием от источника сноса. Образование каемок позднего пирита в обломках может быть связано с длительно протекавшими процессами диагенеза еще не в затвердевшем рудном осадке. Подобные руды на месторождении описаны на флангах основного рудного тела № 1 [Гаврилов и др., 1984]. Вероятно, рудное тело № 5 является фрагментом основной рудной залежи, а его современное залегание является результатом перемещения по разлому, о чем свидетельствуют его U-образная форма, нахождение в зоне расщепления, а также текстурно-структурные особенности руд.

Отсутствие признаков гидротермальных изменений и перекристаллизации рудных минералов, сохранение зональности роста I в пирите, отсутствие порфирировидных структур и псевдоморфные замещения сульфидов магнетитом с формированием устойчивых минеральных ассоциаций с редкими элементами могут свидетельствовать о диа- и катагенетических процессах преобразования сфалерит-пиритовых руд. Замещение сульфидов магнетитом сопровождалось высвобождением серы и резкой сменой окислительно-восстановительного потенциала среды минералообра-

зования, что способствовало перераспределению элементов-примесей, содержащихся в рудах, и в ряде случаев привело к образованию новых минеральных форм. Известно, что золото-селеновая минерализация является характерной чертой как зоны субмаринного, так и континентального гипергенеза некоторых колчеданных месторождений Урала [Аюпова и др., 2012]. Понижение температуры и рост pH среды минералообразования могли способствовать образованию электрума в рудах.

Существуют находки касситерита в штокверковых рудах метаморфизованных колчеданных месторождений [Petersen, 1986]. Повышенные содержания олова отмечены для крустификационного халькопирита и сфалерита труб палеозойских «черных курильщиков» [Maslennikov et al., 2009] и кластогенных руд колчеданных месторождений Урала [Сафина, Масленников, 2007]. Предполагается, что олово может концентрироваться в сфалерите в виде изоморфной примеси [Maslennikov et al., 2009]. В данном случае касситерит в магнетитовых рудах мог появиться как продукт субмаринного окисления Sn^{2+} , входящего в структуру сфалерита.

Появлению включений гессита в магнетите и арсенопирита в рудах, вероятно, способствовало высвобождение Te и As в результате замещения сульфидов магнетитом. Наряду с сульфоарсенидной минерализацией в колчеданных рудах, связанной с метаморфическими процессами или регенерацией руд при взаимодействии с магматическими телами, некоторые исследователи выделяют диагенетический арсенопирит [Goodfellow et al., 2003].

Таким образом, краткий анализ структурно-вещественных особенностей сульфидных и магнетитовых руд показывает, что диа-катагенетические процессы могут быть определяющими в образовании специфических аутигенных минеральных ассоциаций в апосульфидных магнетитовых рудах.

Работы поддержаны программой Президиума РАН (№ 12-П-5_1003) и Федеральной целевой программой «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009-2013 годы (ГК № 14.740.11.1048).

Литература

Аюпова Н. Р., Белогуб Е. В., Котляров В. А. Золото-селенидная минерализация в продуктах субмаринного и континентального окисления колчеданных руд // Геодинамика, рудные месторождения и глубинное строение литосферы (XV чтения памяти академика А.Н. Заварицкого). Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2012. С. 11–12.

Гаврилов В. А., Скуратов В. Н., Исмаилов М. И. Структура и условия локализации Западно-Озерного колчеданного рудопроявления // Доклады АН СССР, сер. геол. 1984. Т. 1. С. 161–164.

Масленников В. В. Седиментогенез, гальмиролиз и экогенез колчеданоносных палеогидротермальных полей (на примере Южного Урала). Миасс: ИМин УрО РАН, 1999. 348 с.

Масленников В. В., Аюпова Н. Р., Белогуб Е. В. и др. Сульфидно-магнетитовые фации колчеданных месторождений Урала // Уральский минералогический сборник. 2007. № 14. С. 37–64.

Поротов Г. С., Пертель А. И., Веселов Е. В. Геологические особенности Приорского колчеданного месторождения // Геология рудных месторождений. 1973. № 1. С. 64–73.

Сафина Н. П., Масленников В. В. Рудокластиты колчеданных месторождений Яман-КУасы и Сафьяновское, Урал. Миасс: УрО РАН, 2009. 260 с.

Ярош П. Я. Диагенез и метаморфизм колчеданных руд на Урале. М.: Наука, 1973. 239 с.

Goodfellow W. D., McCatcheon S. P. Geological and genetic attributes of volcanic-sediment-hosted massive sulfide deposits of the Baturst Mining Camp, Northern New Brunswick – a synthesis // *Economic Geology Monograph*. 2003. Vol. 11. P. 497–512.

Maslennikov V. V., Maslennikova S. P., Large R. R., Danyushevsky L. V. Study of trace element zonation in vent chimneys from the Silurian Yaman-Kasy VHMS (the Southern Urals, Russia) using laser ablation inductively coupled plasma mass spectrometry (LA-ICP MS) // *Economic Geology*. 2009. Vol. 104. P. 1111–1141.

Petersen E. U. Tin in volcanogenic massive sulfide deposits: an example from the Geco Mine, Manitouwadge district, Ontario, Canada // *Economic Geology*. 1986. Vol. 81. P. 323–342.

И. А. Блинов

*Институт минералогии УрО РАН, г. Миасс
ivan_a_blinov@mail.ru*

Гипергенные минералы бурых железняков Амурского месторождения (Ю. Урал)

Амурское цинковое месторождение находится в Брединском районе Челябинской области. Месторождение было открыто по выходам бурых железняков [Штейнберг и др., 1976ф]. В 2007–2008 гг. на месторождении проведены разведочные работы, по результатам которых выделены тела окисленных «несульфидных» цинковых руд. Зона окисления Амурского месторождения имеет линейную морфологию и приурочена к тектоническому шву. Промышленный интерес представляли глинистые продукты гипергенных изменений перекрывающих вулканитов с содержаниями цинка до 3 мас. % в форме сорбированного комплекса смектитизированных хлоритов и слюд [Отчет..., 2008ф; Белогуб, 2009]. Поверхностная зона окисления, представленная бурыми железняками, не представляла экономического интереса и осталась недоизученной, в связи с чем сформулирована цель данной работы – характеристика гипергенных минералов в бурых железняках Амурского месторождения.

Было изучено 4 аншлифа, изготовленных из kernового материала. Химический состав минералов определен автором на СЭМ Vega 3 sbu Tescan с ЭДС Oxford Instruments X-act.

Бурые железняки представлены различными структурно-текстурными разновидностями. Основными типами являются сплошные агрегаты гидроксидов железа и кварцевые брекчии, в которых гидроксиды железа являются цементом или вкраплены в кварцевом агрегате. Основные новообразованные минералы – гетит и гидрогетит, также выявлены барит, минералы группы крандаллита, селениды (тиманнит и клаусталит), единичные зерна природной латуни, золота, йодаргирита и гипергенного сфалерита.

Гидроксиды железа широко распространены в виде сплошных массивных, ноздреватых агрегатов. Они цементируют кварцевые зерна, пропитывают мелкозернистый кварц, придавая ему бурую окраску, и представлены массивными, радиально-