

2. **Зайков В.В., Зайкова Е.В., Котляров В.А.** Осмиевый след по минеральным включениям в древних золотых изделиях // *Археология, этнография и антропология Евразии*. 2010, № 1 (41). С. 37–43.
3. **Кобяшев Ю.С., Никандров С.Н.** Минералы Урала / *Под ред. П.М. Вализера*. Екатеринбург: Квадрат, 2007. 312 с.
4. Минералогия Урала. Элементы. Карбиды. Сульфиды / *Под ред. Н.П. Юшкина*. Свердловск: УрО АН СССР, 1990. 391 с.
5. **Савельев Д.Е., Сначев В.И., Савельева Е.Н., Бажин А.Г.** Геология и хромитоносность габбро-гипербазитовых комплексов южного Урала. Уфа: Гилем, 2008. 319 с.
6. **Юминов А.М., Зайков В.В. Сиротин С.В. Хворов П.В., Котляров В.А.** Состав золотых изделий из материалов погребений курганных могильников Переволочан-II, Переволочан-II и одиночного кургана Яковлевка-II (Ю. Урал) // *Уральский минералогический сборник*. 2010. № 17. С. 153–161.
7. **Harris D.C., Cabri L.J.** Nomenclature of Platinum-group-element alloys: review and revision // *Canadian Mineralogy*. 1991. V. 29. P. 231–237.

МИНЕРАЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ СЛОИСТЫХ СУЛЬФИДНО-ГЕМАТИТОВЫХ РУД УЧАЛИНСКОГО МЕДНО-ЦИНКОВО-КОЛЧЕДАННОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ (ЮЖНЫЙ УРАЛ)

Н.Р. Аюпова, В.В. Масленников, Н.П. Сафина

Институт минералогии УрО РАН, г. Миасс, aupova@mineralogy.ru

В последнее время для генетических построений месторождений колчеданного типа в большей степени используется текстурно-структурное картирование рудных залежей. Горизонты слоистых сульфидных турбидитов и продуктов субмаринного окисления руд, характеризующихся специфическими структурно-минералогическими и геохимическими особенностями, имеют большую площадную распространенность и представляют собой интерес как поисковые признаки.

Различные вопросы минералогии и текстурно-структурных особенностей руд, в том числе и слоистых разновидностей Учалинского колчеданного месторождения, освещены во многих работах [3, 4, 5, 6]. Нами изучен рудный горизонт, представленный переслаиванием тонкослоистых сульфидных руд с хлоритолитами и гематит-кварцевыми породами на юго-западном фланге месторождения. Микроскопические исследования проведены с использованием микроскопа Olympus B202 и дополнены структурным травлением основных рудных минералов. Содержание элементов-примесей в пробах определено в Институте геологии и геохимии УрО РАН (г. Екатеринбург) методом ИСП-МС на масс-спектрометре ELAN-9000, точечные анализы микроэлементов в сульфидах выполнены методом ЛА-ИСП-МС на приборе HP-4500 в Тасманийском университете (г. Хобарт, Австралия).

Изученный разрез представляет собой ритм, подошва которого состоит из градиационно-слоистых сульфидных песчаников, залегающих на слоистых гематит-кварцевых породах. Вверх по разрезу появляются хлоритолиты, переслаивающиеся с сульфидными алевропесчаниками. Разрез завершается магнетитсодержащими гематит-кварцевыми породами. Мощность ритма составляет 40–50 см, мощность слоев варьирует от первых миллиметров до 10–20 см. Многократное чередование гематит-кварцевых и сульфидных слоев на южном фланге месторождения отмечено в [5].

Рудный горизонт характеризуется распальцеванием сульфидных и гематит-кварцевых слоев и, вероятно, представляет собой ответвление от главного рудного тела. Поверхность слоев крайне неровная, с микроуглублениями, заполненными пелитовым сульфидным или

нерудным материалом. Внутри слоистой пачки нередко обнаруживаются деформации, которые напоминают следы взмучивания нелигифицированного сульфидного осадка с последующим возникновением тончайших пиритовых и кварцевых прожилков; наблюдаются элементы волнистой и кривой слоистости и проседание слоев под вышележащими породами, свидетельствующие о неспокойном гидродинамическом режиме седиментации.

Слоистые руды (мощность слоев от 2 мм до 1–2 см) содержат обломки кристаллов пирита и их сростков с зональностью роста и реликтами почковидно-коллоидных структур. Поздний пирит образует каймы обрастания вокруг обломков пирита и раннедиагенетических обособлений фрамбоидального пирита. Халькопирит пространственно тесно связан с пиритом и развивается по нему. В халькопирит-пиритовой ассоциации обнаружено золото изометричной формы размером 4×12 мкм. Сдвойникованные зерна новообразованного сфалерита цементируют пирит и замещают халькопирит, который также имеет сдвойникованное внутреннее строение. Сфалерит-магнетитовая ассоциация является более поздней по сравнению с другими ассоциациями. В сульфидных слоях, переслаивающихся с хлоритолитами, содержание магнетита резко увеличивается (до 30% от объема), отмечается появление гематита. Магнетит присутствует, в основном, в виде гипидиоморфных кристаллов. Для магнетита, как и для сфалерита характерны реликтовые включения халькопирита и пирита. Барит и кварц представлены идиоморфными кристаллами и их сростками. Барит ассоциирует преимущественно с теннантитом, а кварц — с халькопиритом, сфалеритом и магнетитом.

Для ранних разновидностей пирита отмечаются повышенные содержания Ni (до 164 г/т), а для поздних — повышенные содержания Co (до 24 г/т) при низких значениях Ni (0,2–0,6 г/т). В большинстве случаев обломки пирита характеризуются значительными вариациями повышенных содержаний Te (48–1067 г/т) и Au (0,92–8,96 г/т). Содержания Au и Ag коррелируют с содержаниями Te. Сфалерит и халькопирит обеднены большинством элементов-примесей по сравнению с пиритом, в том числе Au (0,1–0,9 г/т). В продуктах их перекристаллизации содержания золота существенно ниже. Очевидно, на этапе замещения пирита халькопиритом и сфалеритом золото переходит в свободную форму. В некоторых сегрегациях сфалерита отмечаются высокие содержания Ti, V, Mn, Cr за счет микровключений нерудной матрицы.

Подобные минералого-геохимические тенденции отмечаются в гематит-сульфидных отложениях Яман-Касинского месторождения (Медногорский рудный район) [7].

Хлоритолиты образуют однородные слои черного цвета мощностью 0,2–0,4 см, чередующиеся с сульфидным материалом. Они состоят в основном из хлорита, образованного, вероятно, путем хлоритизации вулканического стекла, аутигенного кварца, лейкоксена и доломита. По химическому составу хлорит относится к железистой разновидности (мас. %): SiO₂ 32,90; TiO₂ 0,38; Al₂O₃ 17,50; Fe₂O₃ 8,12; FeO 22,94; MnO 0,34; MgO 4,39; CaO 0,55; Na₂O 0,05; K₂O 0,16; P₂O₅ 0,18; ппп 7,14. В хлоритолитах отмечается присутствие разнообразного по составу, но неравномерно распределенного в пределах слоев рудного материала (до 15% от объема слоя). Магнетит представлен сильно изъеденными кристаллическими выделениями с редкой вкрапленностью пластинчатого гематита, галенита. Следует отметить, что гематит в виде рассеянной вкрапленности отмечается и в кварц-хлоритовой цементирующей матрице. Так же, как и в сульфидных слоях, для магнетита характерно большое количество реликтовых включений пирита и халькопирита. В единичных случаях по сохранившимся внешним контурам выделений магнетита удается обнаружить его пластинчатое строение (псевдоморфоза по гематиту?). Халькопирит присутствует в виде ксеноморфных пятен или удлиненных согласно слоистости участков. Теннантит в ассоциации с галенитом и сфалеритом образует прожилки в кварц-хлоритовой матрице. В меньшем количестве в хлоритолитах присутствует пирит в виде кристаллов и их сростков с включениями фрамбоидов пирита. Нередко отмечается замещение пирита галенитом. В целом, хлоритолиты характеризуются высокими содержаниями (в г/т): Cu до 2636; Zn до 1711; Pb

до 776; Au до 1,77; Те до 17,14; Ga до 34,57 и U до 1,87 и Ва 1–2%. Такие же особенности имеют хлоритолиты, ассоциирующие с сульфидными песчаниками и оксидно-железистыми продуктами окисления руд на Сибайском месторождении [2].

Гематит-кварцевые породы представляют собой слои ярко-красного цвета в кровле ритма. Слоистость в них обусловлена присутствием тонких прослоев, обогащенных хлоритизированным гиалокластическим материалом. Основная масса породы сложена кварцем и тонкодисперсным гематитом, находящимися в разнообразных срастаниях (Fe_2O_3 11–14 мас. %, SiO_2 74–78 мас. %). Здесь же наблюдаются участки, разбитые трещинами синерезиса на многочисленные многогранники, иногда с включениями сульфидов, очевидно, являющимися псевдоморфозами по рудокластам. Одни псевдоморфозы сохранены хорошо, другие утратили полностью первичное строение и слились с основной массой. В породе присутствуют неравномерно распределенные, но равные по размеру метакристаллы зонального пирита, магнетита, гематита, также обнаружены кальцит, доломит и барит.

Магнетит в гематит-кварцевых породах, в отличие от сульфидных слоев, характеризуется повышенными содержаниями (в г/т): Ti (191–34247), V (583–891), Cr (63–266), Mn (257–2127), Sn (19–1023) за счет микровключений нерудной апогиалокластической матрицы. Повышенные содержания As (38–733 г/т) в магнетите связаны с реликтами пирита.

На контакте с сульфидными слоями наблюдается концентрирование позднего сдвойникового халькопирита. Несмотря на то, что гематит-кварцевые породы сильно преобразованы, они так же, как и хлоритолиты, характеризуются повышенными содержаниями (в г/т): Cu до 339; Zn до 906; Pb до 242; Au до 0,44; Те до 3,69; Ga до 14,22 и U до 1,67 и Ва 1–2%. Геохимические характеристики сульфидных песчаников сопоставимы с продуктами окисления колчеданных руд [1].

Таким образом, изученная слоистая пачка отражает специфические условия околорудной седиментации, в формировании которой принимали участие процессы размыва, переотложения обломочного рудного вещества, подводного окисления и диагенетического преобразования. Образование как сульфидных, так и железоксидных и хлоритолитовых слоев, вероятно, происходило в щелочной обстановке в окислительных условиях диагенеза сульфидно-осадочных смесей. Трансформация гиалокластики в хлориты, вероятно, происходила за счет взаимодействия смешанослойных силикатов с иловыми водами на стадии диагенеза в условиях тенденции повышения рН (>9), о чем свидетельствует широкое присутствие в их составе доломита. Сульфидная минерализация в хлоритолитах и гематит-кварцевых слоях имеет свои особенности. В подошве хлоритолит-сульфидных отложений преобладают сегрегации халькопирит-магнетит-пиритового состава, а по направлению к кровле увеличивается количество сфалерита и пирита, уменьшается количество магнетита, развивающегося по сульфидам. В подошве гематит-сульфидных отложений преобладают сегрегации сдвойникового халькопирита и сфалерита с пиритом, а незначительное количество включений магнетита (до 3%) приурочены к сфалериту, а галенита (до 1%) к халькопириту. По направлению к кровле возрастает количество пирита (до 80%), снижается количество халькопирита и сфалерита. В нерудном прослое, разделяющем сульфидные слои отмечается концентрирование идиоморфных кристаллов пирита с включениями фрамбоидов.

Работы выполнены при поддержке Программы Интеграционного проекта с СО РАН (№ 09-И-5-2004) и гранта Президента РФ (МК-526.2009-5).

Литература:

1. **Аюпова Н.Р., Масленников В.В.** Гальмиролититы Узельгинского колчеданоносного поля. Миасс: УрО РАН, 2005. 199 с.
2. **Масленников В.В.** Седиментогенез, гальмиролиз и экология колчеданоносных палеогидротермальных полей (на примере Южного Урала). Миасс: Геотур, 1999. 348 с.
3. **Петровская Н.В., Касьянов А.В.** Некоторые черты минералогии и генезиса Учалинского месторождения на Южном Урале. М.: ЦНИГРИ, 1960. Вып. 37. С. 56–94.

4. **Пирожок П.И., Злотник-Хоткевич А.Г.** Новые данные о генезисе Учалинского колчеданного месторождения // ДАН РАН. 1978. Т. 242, № 2. С. 390–393.

5. **Пирожок П.И., Нафиков У.С.** Слоистые и кластические руды на флангах Учалинского месторождения как источник новой информации о его генезисе // Минералогия и геохимия сульфидных месторождений и рудоносных комплексов Южного Урала. Уфа: БФАН СССР, 1979. С. 18–29.

6. **Пшеничный Г.Н.** Минералого-геохимическая зональность руд Учалинского колчеданного месторождения // Вопросы геологии, минералогии, геохимии и полезных ископаемых Урала. Уфа: БНЦ УрО РАН, 1992. С. 3–13.

7. **Сафина Н.П., Масленников В.В.** Рудокластиты колчеданных месторождений Яман-Касы и Сафьяновское (Урал). Миасс: УрО РАН, 2008. 260 с.

БЕДНОВКРАПЛЕННЫЕ ХРОМОВЫЕ РУДЫ РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН И ПЕРСПЕКТИВЫ ИХ ПРАКТИЧЕСКОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

Д.Е. Савельев¹, Е.Н. Савельева²

¹ Институт геологии УНЦ РАН, savl71@mail.ru

² ООО «БашНИПИнефть»

Хромовая промышленность России на протяжении последних 20 лет испытывает острый дефицит в товарных рудах, большая часть которых в бывшем СССР поступала из месторождений Кемпирсайского массива (Казахстан). В настоящее время потребность в хромитах покрывается за счет импорта.

В 1990–2000-х гг. на Урале и некоторых других регионах России активно велись поисковые работы на хромиты, но значительного прироста запасов руд получено не было. Связано это как с недостаточным финансированием работ, так и с отсутствием четких поисковых критериев на хромиты, связанные с офиолитовыми комплексами. Опыт поисков и разведки крупных и уникальных Кемпирсайских месторождений, расположенных в степной зоне и большей частью основанный на геофизических методах, не подходит для более мелких месторождений в условиях пересеченной и залесенной местности.

Открытые в последние годы небольшие месторождения в пределах Уфалейского (Зиновьев, 2006 г.), Татищевского и Варшавского (Иванушкин, 2002–2006 гг.) массивов, были отработаны в течение короткого периода и не могли решить существующую проблему в долгосрочной перспективе. Большие перспективы связываются с месторождениями полярноуральских массивов, где поисковые и разведочные работы ведутся уже на протяжении нескольких десятилетий, а также с месторождениями в расслоенных интрузиях Северо-Запада России.

Большая часть заводов-потребителей руд сосредоточена в Уральском регионе, а готовящиеся к эксплуатации месторождения находятся на Полярном Урале (массив Рай-Из), Карелии (Аганозерское) и Кольском полуострове (Сопчеозерское). Но даже при разработке всех этих объектов потребность в хромитовом сырье полностью не будет решена. Значительная часть руд указанных месторождений относится к вкрапленному типу и требует обогащения. Таким образом, поиск месторождений хромитов на Урале вблизи заводов-потребителей является актуальной задачей.

Для решения поставленной проблемы можно указать два главных направления исследования: 1) разработка поисковых критериев на основе нового понимания механизма формирования месторождений хрома в офиолитах, 2) вовлечение в эксплуатацию месторождений бедновкрапленных руд и их комплексное использование. Если практическая от-