

Зона окисления Бабарыкинского колчеданно-полиметаллического месторождения (Южный Урал)

Вопрос золотоносности железных шляп колчеданных месторождений актуален благодаря вовлечению в эксплуатацию мелких медноколчеданных объектов, одним из которых является Бабарыкинское месторождение. Оно находится в Александринском рудном районе, который принадлежит Восточно-Магнитогорской палеоостровной дуге. Месторождение было открыто в 1949 г. Южной ГПП треста «Башзолото», первые подсечения сплошных руд получены во время поисковых работ под руководством А. Д. Штейнберга в 1975 г. В настоящее время на месторождении проводятся поисково-оценочные работы под руководством Б. И. Агеева (ОАО АГРК), В. М. Мосейчука и В. В. Ямшиковой (ФГУП «Южуралгеологоразведка»), в результате которых получен ряд рудных пересечений. Авторским коллективом в рамках проекта была изучена зона окисления сульфидных руд, первое описание которой приводится ниже.

В геологическом разрезе участка снизу вверх выделяется александринская толща ($D_2zv\ kr$), состоящая из дацитов, риодацитов и их обломочных аналогов, афировых базальтов, подушечных лав, их лавокластитов. Выше залегает улутауская толща ($D_2zv\ ul$), представленная вулканогенно-осадочными породами андезитового состава, известковистыми гиалокластитам с прослоями и линзами известняков и углистых сланцев; в основании этой толщи на участке залегает тело джасперитов. Завершает разрез бабарыкинская толща (аналог мукасовского горизонта $D_3zv\ fr$), представленная кремнистыми сланцами. Рудовмещающими являются породы кислого состава александринской толщи (рис.).

Месторождение характеризуется сложной тектонически нарушенной структурой, что затрудняет увязку скважин. Рудные тела представлены вкрапленными и сплошными разностями и группируются в субмеридиональную зону (по В. В. Ямщиковой). Рудное тело № 1 сплошных руд подсечено на глубине 68.7 м от дневной поверхности, имеет линзообразную форму, пологое падение на юго-запад. Его верхняя часть с востока срезана крутопадающим разломом, который разграничивает рудовмещающую александринскую толщу с вулканогенно-осадочными породами улутауского комплекса. К нему же, вероятно, приурочены и прожилково-вкрапленные барит-полиметаллические руды. Все породы александринской толщи несут вкрапленность пирита. В составе *первичных руд* преобладают сфалерит, галенит, халькопирит, пирит. Второстепенное значение имеют теннантит и борнит; редко

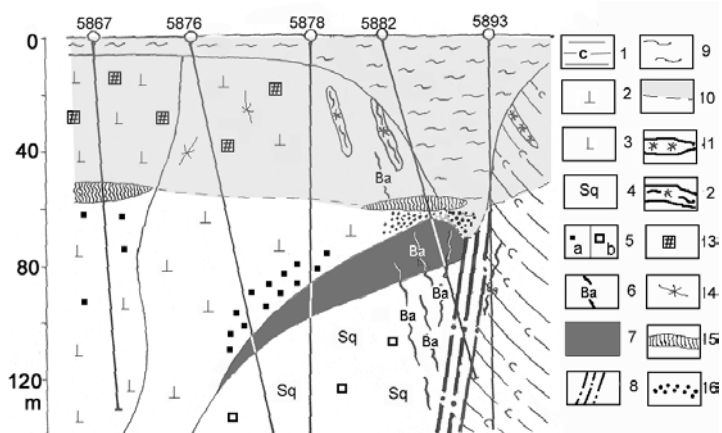


Рис. Схема строения зоны окисления Бабарыкинского месторождения (составлена Е. В. Белогуб, К. А. Новоселовым с использованием материалов В. В. Ямщиковой)

1 – гиалокластиты андезибазальтового состава с известковым цементом; 2 – кислые вулканы нерасчлененные; 3 – базальты; 4 – серицит-кварцевые метасоматиты; 5 – вкрапленность, а) пиритовая, в) полисульфидная; 6 – барит-полиметаллические прожилки; 7 – сплошные пирит-халькопирит-сфалеритовые руды; 8 – тектоническая зона; 9–10 – кора выветривания: 9 – делювиальная с обломками бурых железняков, барита, 10 – элювиальная; 11–12 – бурые железняки: 11 – колломорфные, 12 – кавернозные по барит-полиметаллическим прожилково-вкрапленным рудам; 13 – выщелоченная пиритовая вкрапленность, 14 – ярзитовые прожилки, 15 – алюминит, 16 – сыпучки нерасчлененные
встречаются штрмейерит, дигенит, халькозин, медистый кервеллит, электрум, германит (?) [5].

На участке месторождения разделяются продукты регионального выветривания (элювиальные и делювиальные коры) и зона окисления, связанная с рудными телами. Кора выветривания распространяется на глубины свыше 50 м, в карманах до 100 м и представлена, в основном, породами каолинит-гидрослюдистого состава.

Зона окисления была вскрыта канавами и скважинами. Наиболее полный разрез ее приурочен к линейной зоне, наследующей ориентировку тектонического шва. По данным бурения в зоне окисления Бабарькинского месторождения наблюдается зональность, сходная с расположенным в том же районе Александринским месторождением [2]. Нижняя часть профиля (подзона выщелачивания) стратифицирована – на окисленных сульфидных рудах залегает слой остаточных пиритовых и кварц-барит-пиритовых, переходящих в кварц-баритовые, сыпучек мощностью до 1.5 м. Перечисленные ассоциации развивались по сплошным рудам. Над сыпучками присутствует выдержанный мощный (до нескольких метров) слой с развитием сети жил алюминита. Выше, в подзоне полного окисления, последовательность нарушается: осаризоваит-баритовая ассоциация проявлена фрагментарно, в виде карманов. Вся верхняя часть профиля представлена бурыми железняками, лимонитовыми охрами по вмещающим породам и сопровождается прожилковой ярозитовой минерализацией (см. рис.).

Бурые железняки на поверхности образуют два субпараллельных элювиальных развала. Восточный приурочен к породам улутауской толщи и повторяет их простирание, представлен, в основном колломорфными железняками инфильтрационной природы. Западный имеет меньшие размеры и распространен в основном над зоной прожилково-вкрапленной барит-полиметаллической минерализации. Железняки характеризуются пористой, кавернозной текстурами. Нижняя граница распространения бурых железняков опускается до 30–60 м.

Бурые железняки характеризуются сравнительно невысокими содержаниями элементов рудного спектра (по данным спектрального анализа) и широкими их вариациями, что объясняется гетерогенностью бурожелезняковых образований на участке. В вертикальном профиле химическими компонентами руд обогащены продукты их непосредственного замещения (нижняя стратифицированная часть). Максимальные содержания благородных металлов (до 9.74 г/т золота и 654 г/т серебра) наблюдаются в осаризоваит-баритовых породах. Ожелезненные породы и бурые железняки, как правило, не обогащены золотом.

Таблица

Гипергенные минералы Бабарькинского месторождения

| Сульфиды | Сульфаты | Силикаты | Оксиды, гидрооксиды | Карбонаты | Самородные |
|---------------------|---|---------------------------|--|------------------|------------|
| Ковеллин, халькозин | Барит*, ярозит, натроярозит, биверит-осаризаваит, цианотрихит, гипс, бассанит, алюминит, метаалюминит, гексагидрит -бианкит**, гр. розенита** | Каолинит, иллит, смектиты | Гетит, лимонит, кварц*, куприт, делафоссит | Сидерит, малахит | Медь |

Примечание: * – гипергенная природа вероятна, но не доказана, ** – сульфаты-эфемериды, отчасти образованы при окислении руды в лабораторных условиях

Минералогия гипергенных образований, в целом, обычна для уральских колчеданных месторождений (табл.), но следует отметить ее сульфатную специализацию.

Самородная медь, куприт, делафоссит и сидерит обнаружены в одной ассоциации на глубине 66–80 м на удалении от тела сплошных руд. Самородная медь образует примазки в обохренных породах и джасперитах. Куприт представлен октаэдрическими ярко-красными кристалликами размером до 3 мм, уплощенными по оси L3. Часто куприт окаймляет выделения самородной меди, образует пленки и корки, подложкой служит лимонитовая охра. Кристаллический куприт в зонах окисления южноуральских месторождений встречается относительно редко. В основном он образует псевдоморфозы по самородной меди и пленчатые, сплошные выделения.

Делафоссит CuFeO_2 образует таблитчатые, пластинчатые кристаллики, их сферолитообразные сростки размером до 0.2 мм, подложкой служит лимонитовая охра. Делафоссит обособлен от куприта, но встречен в одной ассоциации. Цвет – черный с зеленоватым оттенком. Агрегат легко раскрашивается на отдельные индивиды. Минерал диагностирован на основании дебаеграммы. На Урале был описан в зоне окисления Учалинского месторождения [1].

Гипергенный сидерит $\text{Fe}(\text{CO}_3)$ обнаружен совместно с купритом, делафосситом. Образует очень мелкие – менее 0.1 мм кристаллики, ограненные гранями тупого ромбоэдра. Кристаллики нарастают на поверхность лимонитизированной породы, тесно соприкасаются с выделениями оксидов меди. Диагностирован на основании оптических свойств и дебаеграммы.

Малахит $\text{Cu}_2(\text{CO}_3)(\text{OH})_2$ редок, встречается в виде примазок в обохренных породах железной шляпы, среди карбонатизированных пород.

Гипергенный (?) барит BaSO_4 присутствует в виде мелких хорошо ограненных кристалликов в пустотах обохренной породы.

Осаризаваит $Pb(Cu,Al,Fe)_3(SO_4)_2(OH)_6$ входит в состав зеленовато-желтых охристо-песчанистых участков в железной шляпе, отмечен в ассоциации с алюминитом в нижней части профиля. Диагностирован на основании дифрактограммы и качественного микрорентгеноспектрального анализа. Энергодисперсионный спектр содержит линии Pb, S, Cu, Al, Fe, S. Ярозит обнаружен в виде маломощных прожилков, наложенных на обохренные кислые вулканиты в верхней части профиля.

Алюминит $Al_2(SO_4)(OH)_4 \times 7H_2O$ диагностирован в большинстве скважин рудной зоны. Образует шестоватые, волокнистые агрегаты белого или серовато-белого цвета. Мощность алюминитовых прожилков достигает 10 см. Алюминитовый агрегат рассекает выщелоченные руды (иногда с реликтовым пиритом), обохренные вмещающие породы, в том числе брекчии, цементированные кальцитом. Горизонт алюминита распространен над густовкрапленными и сплошными рудами и связан с перекрывающими карбонатизированными базальтоидами. Над вкрапленными рудами в кислых вулканитах алюминит не отмечен. Минерал определен на основании дифрактограмм, качественного микрорентгеноспектрального анализа.

Цианотрихит $Cu_4Al_2(SO_4)(OH)_{12} \times 2H_2O$ диагностирован в составе медных синей среди лимонитизированных кварц-иллитовых пород на глубине 40 м. Минерал образует редкие просечки и корочки мощностью 0,1 мм, имеет ядовито-голубой цвет, параллельношестоватое, волокнистое строение, волокна ориентированы поперек трещин. На свежем сколе имеет шелковистый отлив. Минерал характерен для удаленных от первичных руд участков зоны окисления, наблюдался также на Александринском месторождении.

Прожилки гипса и бассанита встречаются во всех породах зоны окисления и в рудах. Гипс встречается на глубинах более 30–40 м; нижняя граница его распространения опускается ниже 100 м. Эфемерные сульфаты групп розенита и бианкита обнаружены среди сильно минерализованных пород и руд, а также как продукт их техногенного окисления [3].

Таким образом, на Бабарыкинском месторождении наблюдается полнопрофильная гипергенная зональность. Основными чертами ее строения является стратифицированность зоны выщелачивания и фрагментарное развитие осаризаваитовой подзоны в зоне полного окисления (железной шляпе). Гидрослюдисто-каолинитовый тип коры выветривания и присутствие аналога ярозитовой подзоны свидетельствуют о семиаридных условиях образования. Незначительная мощность зоны выщелачивания, повсе-

местное присутствие реликтового пирита даже в верхних горизонтах профиля свидетельствуют о начальном «полиметаллическом» этапе развития зоны окисления, когда в процесс вовлечены лишь наименее устойчивые сульфиды – сфалерит, галенит и халькопирит. Основным окислителем служит свободный кислород воздуха, количество сульфата железа невелико.

В минералогическом плане основная особенность рассматриваемого объекта – наличие слоя алюминита. На других подобных по строению объектах (Александринское, Западно-Озерное месторождения) сходное положение занимали другие содержащие алюминий сульфаты: алунит, биверит [2].

Крупные скопления алюминита обычно приурочены к осадочным породам. В зонах окисления алюминит отмечен на оловянном месторождении Депутатском [4] и серебряном месторождении в Магаданской области [6]. О находках алюминита в колчеданных месторождениях нам ничего не известно.

Образование алюминита связывают с действием вод, содержащих H_2SO_4 , на глинистое вещество. Осаждение алюминита происходит на нейтрализующем барьере в результате смешения кислых сульфатных и нейтральных вод, обычно в результате буферизирующего действия карбонатов при $pH > 5$ [7]. Для образования алунита, по экспериментальным данным, при температуре 25 °С необходимы среды с pH 3–5.3. Увеличение концентрации ионов алюминия и калия сдвигает поле устойчивости в сторону больших pH [8]. Таким образом, по кислотности поля устойчивости алунита и алюминита могут незначительно перекрываться. Однако, алюминит нуждается, в целом, в более щелочных условиях. Источником алюминия для образования как алюминита, так и алунита служат порообразующие минералы вмещающих пород – полевые шпаты и глинистые минералы. Источник калия – полевые шпаты вмещающих пород, которые на участке характеризуются низкими содержаниями калия (в среднем 0.3–0.6 %). Образование алюминитового слоя, по-видимому, связано как с ощелачивающим действием карбонатов, так и низкими содержаниями калия в растворах.

Авторы признательны Б. И. Агееву, В. В. Ямшиковой и В. М. Мосейчуку за содействие в проведении полевых работ и полезные консультации. Финансовая поддержка: ОАО АГРК, программа COPERNICUS (проект MinUrals ICA2-СТ-2000-10011) и ФЦП «Интеграция» (проект № Э0364/729).

Литература

1. Андрущенко П. Ф., Пирожок П. И. Первая находка делафосита на Южном Урале // Кора выветривания. М.: Наука, 1974. С. 146–157.
2. Белогуб Е. В., Новоселов К. А., Зайков В. В. Первые данные о минералогии зоны гипергенеза Александринского медно-цинково-колчеданного месторождения (Урал) // Уральский минералогический сборник № 6. Миасс: ИМин УрО РАН, 1996. С. 166–177.
3. Будько У. Ю., Белогуб Е. В., Хворов П. В. Продукты современного техногенного изменения руд Бабарькинского полиметаллического рудопоявления (Южный Урал) // Металлогения древних и современных океанов-2002. Миасс: ИМин УрО РАН, 2002. С. 275–280.
4. Жданов Ю., Соловьев Л. И. Геологическое строение и минералогический состав зоны окисления Депутатского месторождения олова // Отечественная геология, 1998. С. 77–79.
5. Новоселов К. А., Белогуб Е. В., Котляров В. А. Теллуридо-сульфид серебра и меди из колчеданно-полиметаллических руд Бабарькинского рудопоявления (Южный Урал) // Минералогические музеи. Материалы IV Международного симпозиума. СПбГУ: НИЗК СПбГУ, 2002. С. 116–117.
6. Ойколлонов В. Н., Долинина Ю. В., Огородова Л. П., Соколов В. Н. Алуминит из зоны окисления малосульфидного месторождения серебра // Вестник МГУ, 1994. Сер 4. С. 58–61.
7. Bigham J. M., Nordstrom D. K. Iron and aluminium hydroxylsulfates from acid sulfate waters // Sulfate Minerals. MSA, Washington, 2000. Pp. 351–404.
8. Stoffregen R. E., Alpers C. N., Jambor J. L. Alunite-jarosite crystallography, thermodynamics, and geochronology // Sulfate Minerals. MSA, Washington, 2000. Pp. 454–475.