

© Дж.А.Азадалиев, Э.Б.Гусейнова, 2009

МИНЕРАЛОГО-ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЗОНЫ ГИПЕРГЕНЕЗА ГАРАДАГСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ МЕДНО-ПОРФИРОВЫХ РУД (Гядабейский рудный район Малого Кавказа, Азербайджан)

Дж.А.Азадалиев, Э.Б.Гусейнова

*Институт геологии НАН Азербайджана
AZ1143, Баку, просп. Г. Джавида, 29А*

Зона гипергенеза, рассматриваемая впервые, характеризуется специфической геологической позицией, определенными минералого-генетическими и геохимическими особенностями. Она обнаружена в относительно более древних месторождениях медно-порфировых руд, связанных с малыми интрузиями кварцево-диоритово-порфиритового состава позднеюрского возраста в северо-восточной части Малого Кавказа, и представлена подзонами: 1) окисления, 2) выщелачивания, 3) вторичного сульфидного обогащения, 4) смешанных руд, которые размещены в вертикальном сечении сверху вниз и отличаются свойственными им минеральными ассоциациями.

Краткая геолого-историческая справка.

В истории тектоно-магматического развития Малого Кавказа месторождения и проявления медно-порфировых руд формировались в северо-восточной части региона (Лок-Гарабагская структурно-формационная зона) на позднегеосинклинальной (поздняя юра) и на орогенной (кайнозой) стадиях развития региона (Мисхана-Зангезурская и Гейча-Акеринская структурно-формационные зоны).

Тем не менее надо заметить, что медно-порфировые месторождения и рудопроявления, генетически связанные с гранитоидными интрузиями кайнозойского возраста, в Мисхана-Зангезурской и Гейча-Акеринской зонах Малого Кавказа давно были известны. Однако до 60-х годов XX в. аналогичный промышленно-генетический тип месторождений и рудопроявлений в северо-восточной части Малого Кавказа в связи с мезозойским магматизмом не был известен, и в этой связи долгое время названный регион считался бесперспективным на медно-порфировое оруденение. Между тем после 60-70-х годов XX в. детальными геолого-съёмочными и геолого-поисковыми работами азербайджанских геологов (Г.И.Алиев, Д.М.Ахмедов, Г.Г. Мехтиев, Т.Г.Баширов и др.)^{*} в Гядабейском, Гарабагском и Муровдагском рудных районах был открыт для северо-восточной части Малого

Кавказа новый промышленно-генетический тип медно-порфировых руд.

Следует подчеркнуть, что зона гипергенеза обнаружена именно в нововыявленных относительно более древних месторождениях медно-порфировых руд, связанных с позднеюрским гранитоидным магматизмом, что нельзя сказать о более молодых медно-порфировых месторождениях и рудопроявлениях, и не обнаруживается в молодых (кайнозойских) аналогичных объектах Мисхана-Зангезурской и Гейча-Акеринской структурно-формационных зон.

В настоящей статье впервые рассматриваются специфическая геологическая позиция, минералого-генетические и геохимические особенности зоны гипергенеза Гарадагского месторождения, которая представлена подзонами (окисления и выщелачивания, вторичного сульфидного обогащения и смешанных руд).

Гарадагское месторождение, расположенное в 1,0-1,5 км от сел. Чардахлы, занимая юго-западную часть Гарадаг-Хархарского рудного поля, размещено в центральной части Шамкирского тектонического поднятия, являющегося одним из перспективных рудоносных структур Лок-Гарабагской зоны региона.

Медно-порфировое оруденение пространственно приурочено к вулканитам (байос-бат) и породам Атабейского плагиогранитного интрузива (верхний байос), однако генетически тесно связано с позднеюрскими

^{*} В статье фондовые материалы были использованы частично.

малыми интрузиями, штоками и дайками кварцево-диоритовых порфириров, сопровождающимися генетически связанными с ними же околорудными метасоматическими изменениями (вторичные кварциты, пропилиты, аргиллизиты и др.) и являющимися магматическими производными Дашкесан-Гядабейского интрузива позднеюрского возраста. По этому поводу некоторые исследователи необоснованно высказывают мнение о том, что медно-порфировое оруденение в Гядабейском рудном районе связано с Атабейской плагиогранитной интрузией. Однако многолетний опыт по определению генетической связи оруденения с магматизмом и квалифицированный анализ геологической позиции и фактического материала позволяют высказать совершенно противоположную точку зрения (Азадалиев, 1989, 1990, 1997, 1998; Азадалиев, Гусейнова, 2009; Бабазаде и др., 2007). Оказалось, что абсолютный возраст этих порфировидных малых интрузивов, штоков и дайкообразных тел кварцево-диоритовых порфириров, определенный по нашей просьбе радиологическим (калий-аргоновым) методом, составляет в среднем из четырех определений 137 млн. лет*, что соответствует поздней юре (Абдуллаев и др., 1979).

Эти порфировидные малые интрузивы и дайкообразные тела кварцево-диоритовых порфириров, прорывая среднеюрский Атабейский интрузив, подвергаются аутометасоматическим изменениям с медно-порфировой минерализацией. Отсюда и определяется нижняя возрастная граница медно-порфирового оруденения в Гядабейском рудном районе как позднеюрская. Поскольку в районе исследований отсутствует более молодой магматизм за исключением малых интрузий и дайкообразных тел кварцево-диоритовых порфириров, завершивших формирование вулканоплутонических ассоциаций региона, то напрашивается логический вывод о том, что медно-порфировые оруденения в Гядабейском рудном районе

генетически либо парагенетически связаны с постмагматической гидротермальной деятельностью тех же порфировидных малых интрузивов и даек кварцево-диоритовых порфириров позднеюрского возраста.

Следует подчеркнуть, что зона гипергенеза на Гарадагском месторождении изучена главным образом по керновым материалам многочисленных буровых скважин глубиной от 150 до 540 м, а также по естественным обнажениям и наземным горным выработкам. Ибо так и следовало быть: Гарадагское месторождение разведывалось главным образом сетью (200x200 м) многочисленных буровых скважин глубиной от 150 до 540 м, из которых опробованы керны 80 буровых скважин в общей сложности около 2400 п.м. и одной штольной около 1000 п.м.

Следовательно, главная масса фактического материала была собрана из кернов буровых скважин на различных эрозионных срезах и глубинах, частично из естественных выходов коренных пород и наземных горных выработок. Особое внимание было уделено изучению и геохимическому опробованию рудоносных метасоматитов, охватывая всю полноту зоны гипергенеза. При этом первичные ореолы главных металлов (Cu и Mo) отчетливо фиксируют рудные тела и существенно превосходят по размерам зоны гипергенеза, из которых собрано 2680 образцов горных пород и руд, 50 образцов мономинералов для различных видов анализов (рентгенография, термография и т.д.), для изготовления шлифов и аншлифов, термобарогеохимических определений и особенно для количественно-спектральных анализов 2680 геохимических проб на 26 химических элементов – Cu, Mo, Pb, Zn, Ag, Co, Ni, V, Cr, Mn, Be, Zr, V, Vb, Ga, Sc, Ba, Sr, Si, Al, Ti, Fe, Mg, Ca, K, Na и 420 проб для атомно-абсорбционного анализа на 6 химических элементов – Cu, Mo, Pb, Zn, Co, Ni, а также для изготовления шлифов (3970 шт.) и аншлифов (395 шт.). На основании данных 380 геохимических картсрезов составлено 20 геохимических профилей (продольные и поперечные) на Cu и Mo в масштабах 1:2000 (горизонтальный) и 1:1000 (вертикальный), которые наглядно показывают количественное распределение этих элемен-

* Для определения абсолютного возраста малых интрузивов и мощных даек кварцево-диоритовых порфириров содержание калия в образцах определено ст.н.с. Э.Б.Гусейновой, а радиологическое измерение произведено канд. г.-м.н., вед.н.с. О.Д.Багирбековой в ИГ НАН Азербайджана.

тов по горизонтали и вертикали в виде аномалий, отражая в какой-то мере морфологию рудных тел и аномалий.

Предварительной разведкой в центральной части (2,0 кв.км) месторождения оконтурено тело медно-порфировых руд (в основном вторичные сульфиды меди) площадью 0,8 кв.км со средним содержанием меди 0,47% (по борту 0,30%) и молибдена 0,004% (по скважинным данным). Мощность рудного тела на месторождении изменчива (от 5-10 до 50-100, реже 200 и более метров, в среднем 54,6 м) и имеет сложную штокообразную форму неоднородного строения с неравномерным распределением меди и молибдена. На горизонтах 1381-1369 м высокие концентрации меди, по-видимому, следует отнести к зоне вторичного сульфидного обогащения, которая прослеживается до сечения 1333 м, имея мощность 40-50 м и протяженность свыше 1,0 км в северо-восточном (близширотном) направлении. В зоне гипергенеза молибден более устойчив, в связи с чем рудные столбы выдержаны на всем изученном интервале. Устойчивость молибдена в зоне гипергенеза позволяет использовать его также в качестве элемента-индикатора прожилково-вкрапленных молибдено-медных руд Гарадагского месторождения с мощной зоной гипергенеза.

Следует отметить, что формирование Гарадагского месторождения медно-порфировых руд происходило в три этапа, характеризуясь своими минералого-генетическими особенностями. На **первом** этапе, названном дорудным высокотемпературным гидротермально-метасоматическим, образовались метасоматиты преимущественно вторичнокварцитового и пропилитового типа с редкими вкрапленниками пирита, халькопирита и молибденита, гематита, магнетита, сфалерита и др. На **втором**, именованном среднетемпературным гидротермальным этапом, формировались прожилково-вкрапленные медно-порфировые руды (штокверковые зоны). Концентрация меди в геохимических полях значительно возрастает, достигая 1-2 до 4%, при минимальных содержаниях 0,3%.

Объемно-геохимическое моделирование позволяет выявить минералого-геохимическую зональность, дать прогноз одновременно

на глубину и фланги, разработать локальные поисковые критерии. **Третий** этап отличается формированием мощной зоны гипергенеза, охватывающей подзоны окисления, выщелачивания, вторичного сульфидного обогащения и цементации (или смешанных руд), которые характеризуются более или менее высокой вариацией уровней концентрации меди, отчасти молибдена.

Каждому этапу рудогенеза соответствуют определенные типы геохимических полей концентрирования, морфология, состав, структура, уровни концентрирования и пространственно-временные положения, которые почти определяют сложный генезис месторождения (табл. 1).

Таблица 1

Геохимические поля концентрирования и геохимическая зональность химических элементов на Гарадагском месторождении

Этапы минерализации	Состав геохимических полей
I этап	CuMo(CaBaMgMn)(ScYbZr) CuSc(ZrYbGa)(KMgTi) CuGa(YbZr)(TiMgK)
II этап	CuAgPbMn (ScGaVCoNi)(SrBa)(MgKAlTi) CuMo(BaSrMn)(VCoNi)(YYBScZr)(CaMgTi) CuVNiCoCaK(MoAgPbZn)(MnBaSr)(MgTi)
III этап	Cu(KNaTiAl) – зона гипергенеза

Зона первичных руд характеризуется халькопирит-пиритовой ассоциацией с незначительным халькозином и молибденитом и относится к прожилково-вкрапленному типу. Морфология молибденсодержащих медно-порфировых руд на месторождении в целом является штокверковой. Причем его верхняя часть, оконтуренная по содержанию меди в среднем 0,47% (по борту 0,30%), представляет собою пластообразное тело, являющееся зоной вторичного сульфидного обогащения. Мощность зоны выщелачивания в зависимо-

сти от конфигурации рельефа колеблется от первых десятков до 50-100 м и более, в среднем – около 80 м.

Перспективная на данной стадии изученности площадь Гарадагского рудного поля с вместе взятыми Хархарским и Хошяльским участками составляет более 15,0 кв.км. При общей заряженности минерализацией меди и частично молибдена в ее центральной (собственно Гарадагское месторождение), южной и восточной (Хархарский и Хошяльский участки) частях оконтурены рудные тела и зоны с повышенным содержанием меди, которое в рудном теле колеблется в пределах от 0,3-0,8 до 1,0-2,0%, иногда и более, составляя в среднем 0,47%, а содержание молибдена – значительно низкое, ибо его и так мало, к тому же он, по-видимому, в значительной степени размывается при бурении скважин растворами и не превышает обычно 0,005%, изредка доходит до 0,01%. Однако на горизонтах штолен Гарадагского и Хархарского месторождений содержание молибдена увеличивается в несколько раз, иногда доходя до 0,04-0,10%. В аншлифах из штольни №1 молибдена содержится до 15%.

Итак, Гарадагское месторождение медно-порфировых руд характеризуется наличием зон гипергенеза, где широко представлены вторичные рудные и нерудные минералы, которые могут быть использованы в качестве поисковых признаков. В частности, в зоне окисления присутствуют такие минералы, как малахит, азурит, халькозин, хризоколла, бирюза и др., которые могут указать на обнаружение скрытых медно-порфировых руд.

В настоящей статье рассматривается главным образом минералого-геохимическая вещественная характеристика продуктов гипергенетических процессов, формирующих зоны гипергенеза. По характеру вторичных процессов и минерального состава зоны гипергенеза на Гарадагском месторождении в вертикальном сечении выделяются подзоны (сверху вниз): 1) окисления; 2) выщелачивания; 3) вторичного сульфидного обогащения, 4) смешанных руд; далее – зона первичных

руд. Границы названных зон довольно четкие. При этом верхняя граница смешанных руд не только легко отбивается при документации кернов, но и подтверждается резким увеличением содержания меди. Однако нижняя граница зон смешанных (или цементации) и первичных сульфидных руд весьма нечеткая и характеризуется постепенным переходом халькозин-пиритовой руды в халькопирит-пиритовую. Зона окисления на месторождении развита на отдельных небольших участках, особенно на западном фланге месторождения вдоль крупного рудовмещающего близмеридионального разрыва. Породы зон окисления интенсивно лимонитизированы и каолинизированы, реже малахитизированы и азуритизированы, в них иногда отмечаются бирюзоносные минералы и бирюза. В зоне вторичного сульфидного обогащения часто встречаются нитеобразные и петельчатые структуры, возникающие в результате замещения халькопирита халькозином или халькозина ковеллином. В верхних частях данной зоны и в зоне выщелачивания встречаются колломорфные структуры отложения лимонита. Для зоны выщелачивания характерны петельчатые структуры замещения.

Основную промышленную значимость, подобно всем медно-порфировым месторождениям мира, для Гарадагского месторождения медно-порфировых руд составляет зона вторичного сульфидного обогащения. Здесь рудные минералы представлены главным образом пиритом, гораздо меньше халькозином и еще реже молибденитом, ковеллином, по мере углубления появляется халькопирит. Мощность зоны смешанных руд по месторождению весьма изменчива и колеблется в пределах от 10-50 до 100-140 м с содержанием меди от 0,2-0,3 до 0,41-0,74, редко 0,74-4,52%, а молибдена – 0,0001-0,003%; мощность зоны выщелачивания в зависимости от конфигурации рельефа колеблется от первых десятков до 50-100 м и более, в среднем составляет 80 м.

В рудах Гарадагского месторождения в большинстве случаев под микроскопом уста-

навливаются вкрапленная структура, при которой на общем фоне нерудных минералов выступают отдельные, чаще равномерно рассеянные мелкие вкрапленники сульфидных минералов. В сплошных рудах крайне редко встречаются структуры, которые характеризуются цементацией изометрических зерен пирита более поздними рудными минералами – блеклой рудой, борнитом и т.д. Наблюдаются также решетчато-сетчатые структуры распада твердого раствора «*борнит–халькопирит*», значительно распространены структуры замещения. Благодаря разъеданию ранее выделившихся зерен пирита более поздним кварцем, халькопиритом, рутилом и молибденитом образуются скелетные структуры. Встречаются также руды с графической структурой замещения борнита халькозином, где на общем фоне халькозина сохранились мелкие бесформенные реликты борнита.

В зоне вторичного сульфидного обогащения часто встречаются нитеобразные и петельчатые структуры, возникшие в результате замещения халькопирита халькозином или халькозина ковеллином. В верхних частях этой зоны и в зоне выщелачивания встречаются колломорфные структуры отложения лимонита. Для этой зоны также характерны петельчатые структуры замещения. В зоне гипергенеза молибден более устойчив, в связи с чем рудные тела выдержаны на всем изученном интервале. Молибден в данном случае является хорошим индикатором медно-порфировой минерализации с мощной зоной гипергенеза. Морфология рудных тел и ореольных зон, пространственное их размещение, устойчивость молибдена в зоне гипергенеза позволяют использовать его в качестве элемента-индикатора прожилково-вкрапленных молибдено-медных руд Гарадагского месторождения.

На всех медно-порфириновых объектах Гядабейского рудного района промышленную ценность составляют зоны окисления, выщелачивания, вторичного сульфидного обогащения и смешанных руд, которые обычно занимают близповерхностные и самые верхние горизонты месторождения. Здесь рудные ми-

нералы представлены пиритом, гораздо меньше – халькозином и еще реже – молибденитом, баритом, ковеллином и др., а по мере углубления появляются халькопирит и другие первичные рудные минералы. Мощность зоны смешанных руд по месторождению весьма изменчива и колеблется в пределах от 10-50 до 100-140 м. Содержание меди в ней составляет 0,30-1,00%, иногда до 3,00% и более. Мощность зоны цементации колеблется от 1,0-5,0 до 10-20 м.

Границы зон окисления, выщелачивания и вторичного сульфидного обогащения довольно четкие. При этом верхняя граница цементации не только легко отбивается при документации кернов, но и подтверждается резким увеличением содержания меди. Нижняя граница зон смешанных и первичных сульфидных руд весьма нечеткая и характеризуется постепенным переходом халькозин-пиритовой руды в халькопирит-пиритовую.

Мощность зоны выщелачивания в зависимости от конфигурации рельефа колеблется от первых десятков до 50-100 м и более, в среднем около 80 м. Зоны окисления на месторождении развиты незначительно. Метасоматические породы зоны окисления интенсивно лимонитизированы и каолинизированы, в них нередко наблюдаются малахитизация и азуритизация, иногда отмечаются бирюза и бирюзоносные породы. Из медных минералов встречаются малахит и азурит на отдельных небольших участках и в пунктах по зоне разрывов, контактов даек и т.д. При этом содержание меди обычно низкое (0,10-0,30%). Единичными скважинами (143, 144, 146, 196, 200, 198 и др.) по сетке 400x400 м в южной части Хошьяльского участка на глубине 50-100 м обнаружены практически богатые рудами интервалы единого рудного тела, являющегося восточным продолжением медно-порфириновой залежи, оконтуренной в центральной части Гарадагского рудного поля. В целом этот участок является высокоперспективным.

Зоны первичных сульфидных руд характеризуются халькопирит-пиритовой ассоциацией с незначительным халькозином и молиб-

денитом. Наибольшим распространением среди первичных руд пользуются пирит, халькопирит (пирит, как правило, превалирует над халькопиритом) и незначительно молибденит, менее – сфалерит, магнетит и борнит.

Минералы зон окисления – гематит, гетит, гидрогетит, гидроокислы железа, малахит, азурит, хризоколла, бирюза, повеллит, а минералы зон вторичного сульфидного обогащения – халькозин, ковеллин, борнит. Все эти минералы образуют мелкую неравномерно рассеянную вкрапленность, иногда встречаются в прожилках и жилах небольшой мощности. В зоне окисления поверхность пирита покрыта тонкими стально-серыми пленками, а внутри остается свежей. После травления раствором $\text{HNO}_3 + \text{CaF}_2$ в пирите обнаруживаются отдельные небольшие зерна, являющиеся монозернами. Пирит в зоне окисления полностью замещается лимонитом. В верхней части зоны вторичного сульфидного обогащения он иногда интенсивно замещается вторичными сульфидными минералами меди (ковеллином и халькозином), а в нижней части наблюдается замещение пирита в основном ковелином. Халькопирит с периферии часто замещается тонкими каемками борнита и халькозина, что характерно для зоны окисления. Он замещает породообразующие минералы, магнетит, кварц, пирит и молибденит. По границам зерен и по трещинкам халькопирит иногда замещается халькозином, который образует характерную петельчатую структуру. Наблюдается замещение магнетита гематитом. Вокруг замещенных зерен магнетита наблюдается переход к другим окислам и гидроокислам железа. В зоне окисления магнетит замещается мартитом.

Халькозин распространен в зоне окисления локально. Он развивается на месте первичных сульфидов меди. Нередко наблюдается в виде каемок по периферии халькопирита. Местами халькопирит сохраняется в виде реликтов в халькозине. Величина каемок и прожилков халькозина варьирует от тысячных долей миллиметра до 0,02 мм. В рудах халькозин почти полностью замещает борнит.

Борнит пользуется ограниченным развитием в виде мелких неправильных зерен, нередко образует включение совместно с халькопиритом в пирите или же развивается по перифериям зерен халькопирита и замещается тонкой каемкой (до 0,02 мм) халькозина. В первом случае борнит является гипогенным, во втором – гипергенным.

Ковеллин, будучи вторичным сульфидом меди, развивается по халькозину и имеет значительно меньшее распространение. Он проникает в халькозин либо по трещинкам, либо развивается по пириту в виде пластинчатых агрегатов (от 0,1x0,1 мм до 0,2x0,6 мм). Также наблюдается развитие ковеллина по халькопириту.

Гетит, будучи гидроокислом железа, распространен широко. Он интенсивно замещает пирит, халькопирит, магнетит и гематит, образуя тонкие каемки.

Малахит широко распространен в зоне окисления и вторичного обогащения. Обычная форма его проявления – тонкие пленочки, корочки, примазки на стенках трещин, частично выполняет промежутки между зернами минералов в породе, как бы цементируя их. Он очень часто слагает почки с радиально-лучистым и скрытокристаллическим строением и замещает халькопирит, халькозин и др.

Азурит распространен в окисленных рудах значительно реже, чем малахит, но почти всегда встречается вместе с ним, выделяясь позже него. На тех участках, где преобладает азурит над малахитом, наблюдается тонкое переслаивание корочек азурита и малахита. Азурит образует корочки, примазки и почки на поверхности трещин, покрытых гетитом, каолинитом и малахитом. Почки его имеют радиально-лучистое и скорлуповатое строение. Диаметр шариков азурита достигает 1,5 см, толщина корочек его измеряется от сотых долей до 2 мм. Азурит, как правило, образует зернистые и редко скрытокристаллические агрегаты в землистых массах.

Рентгенометрические анализы азурита с примесью микровключений кварца приведены в табл. 2.

Таблица 2

Результаты рентгенометрических анализов азурита
из Гарадагского месторождения медно-порфировых руд

Азурит из Гарадагского месторождения		Азурит (Михеев, 1957)		Азурит из Гарадагского месторождения (продолжение)		Азурит (Михеев, 1957) (продолжение)	
I	d α	I	d α	I	d α	I	d α
90	5,15	100	5,20	50	1,594	60	1,593
80	3,65	100	3,67	30	1,569	40	1,560
100	3,52	100	3,53	50	1,513	60	1,513
70	3,34	-	-	50	1,474	40	1,480
40	3,10	40	3,10	50	1,428	40	1,430
40	2,92	40	2,94	40	1,370	40	1,380
40	2,82	40	2,81	30	1,351	40	1,353
80	2,52	100	2,54	40	1,293	60	1,293
50	2,33	60	2,35	30	1,254	40	1,257
70	2,28	80	2,28	30	1,235	40	1,233
70	2,22	80	2,24	30	1,200	40	1,194
40	2,16	40	2,18	20	1,177	20	1,173
30	2,10	40	2,12	20	1,148	20	1,151
20	2,01	20	2,02	10	1,123	20	1,123
70	1,947	80	1,945	10	1,105	20	1,108
30	1,897	20	1,900	10	1,076	20	1,071
60	1,816	80	1,825	10	1,050	20	1,051
50	1,779	60	1,785	10	1,032	20	1,025

На рис. 1 показана кривая нагревания азурита. Наблюдается ступенчатый характер эндотермических реакций, зафиксированных при температуре 80, 250-350, 560 и примерно 1000°C. Общая потеря веса составляет 25,25%.

Хризоколла встречается в небольшом количестве в каолинитах в ассоциации с пиритом и образует мелкорассеянную вкрапленность светло-зеленого цвета. В агрегатах хризоколла имеет скрытокристаллическое и геле-

вое строение. Рентгенограмма хризоколлы приведена в табл. 3.

На рис. 2 показана кривая нагревания хризоколлы. Отличает ее явно выраженный эндотермический эффект при температуре 265-357°C, который обусловлен, по-видимому, выделением межпакетной воды (если, как принято, считать, что хризоколла относится к группе монтмориллонита). Потеря веса минерала составляет 29%.

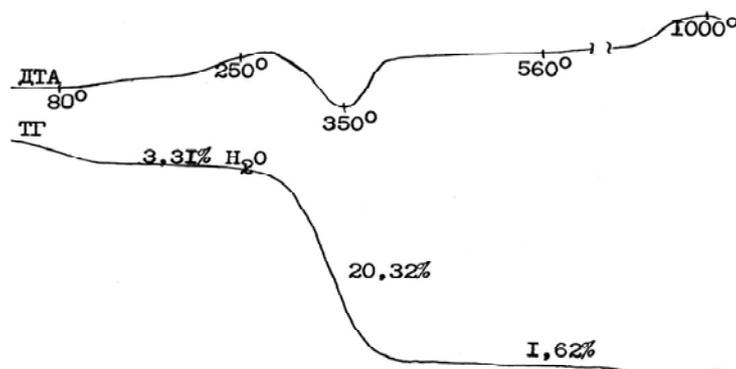


Рис. 1. Кривые ДТА и ТГ азурита из Гарадагского месторождения

Таблица 3

Результаты рентгенометрических анализов минералов из
Гарадагского месторождения медно-порфировых руд

Гипс, Обр.2331		(Михеев, 1957)		Ангидрит, Обр.2877		(Михеев, 1957)		Хризоколлa с кварцем Обр.2ЭБ-3		(Михеев, 1957)	
I	d α	I	d α	I	d α	I	d α	I	d α	I	d α
100	7,499	40	7,7	100	3,504	100	3,49	30	4,242	-	-
70	4,254	100	4,29	10	3,339*	10	3,11	100	3,35	100	3,35
30	3,792	20	3,81	90	2,847	80	2,85	50	2,454	40	2,46
60	3,048	60	3,06	10	2,463	20	2,46	60	1,817	80	1,810
40	2,874	70	2,87	50	2,325	60	2,32	40	1,542	80	1,536
50	2,683	60	2,68	30	2,207	60	2,20	20	1,374	20	1,373
20	2,212	30	2,22	20	2,084	30	2,08				
50	2,073	60	2,07	10	1,943	20	1,93				
10	1,881	40	1,88	50	1,812	70	1,86				
40	1,778	50	1,79	30	1,668	60	1,74				
40	1,621	40	1,62	40	1,649	80	1,64				
30	1,365	30	1,360	20	1,165	50	1,163				

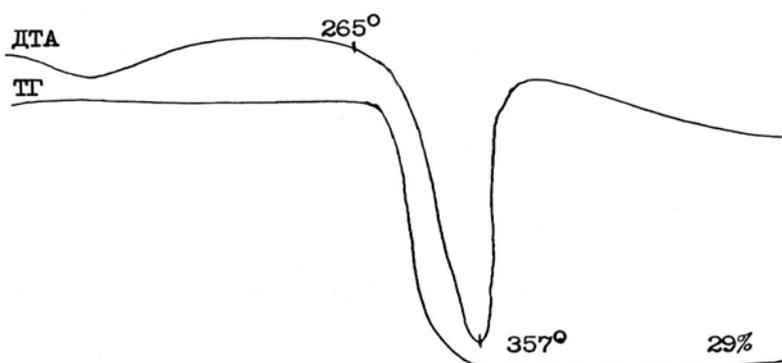


Рис. 2. Кривые ДТА и ТГ хризоколлы из Гарадагского месторождения

Бирюза встречается в зоне окисления, ассоциируя с опалом, каолинитом, бурыми железняками и др. Нередко этот минерал образуется по полевым шпатам и др. Цвет бирюзы яблочно-зеленый и наблюдается в виде плотных скрытокристаллических масс почковидной или неправильной формы, а также корок и прожилок. На кривой нагревания бирюзы отмечается по одному эндотермическому (550°C) и экзотермическому эффекту (рис. 3).

Повеллит пользуется наименьшим распространением. Он интенсивно, иногда нацело замещает молибденит, образуя псевдоморфозы с сохранением его общего облика. Размер выделений повеллита не превышает 0,05-0,2 мм.

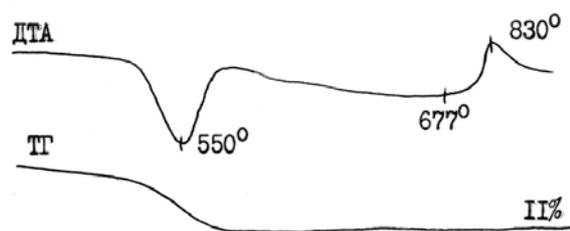


Рис. 3. Кривые ДТА и ТГ бирюзы из Гарадагского месторождения

Глинистые минералы представлены каолинитом, диккитом, монтмориллонитом и галлуазитом. Выделяются два генетических типа каолинита.

Каолинит-I гипогенный – широко распространенный минерал в рудовмещающих метасоматитах Гарадагского месторождения. Каолинит метасоматически развивается по плагиоклазам, серициту и др. Обычно встречается в парагенезисе с серицитом, кварцем и гидрослюдами. Содержание его в породах от 0-10% до 50% и более. Интенсивная каолинизация пород на месторождении как продукт гидротермальной аргиллизации наблюдается в разломных зонах с повышенным содержанием включений и прожилков пирита. В таких зонах нередко образуется мономинеральная каолининовая масса большой мощности, нередко имеющая промышленное значение. Гипогенный каолинит

представлен агрегатами мельчайших листочков и чешуек размером 0,05-0,001мм.

Каолинит-II гипергенный образуется в зоне окисления, ассоциируя с гидрослюдой, гипсом, кварцем, опалом, кальцитом. Гипергенная каолинизация и лимонитизация пород взаимосвязаны. С глубиной каолинизация и лимонитизация пород затухают, но каолинизированные породы прослеживаются глубже нижней границы зоны лимонитизации.

Рентгенограммы каолинитов (табл. 4) показывают, что в их составе присутствуют также кварц (4,23-4,25; 3,331-3,346; 1,812-1,821) и гидрослюда (9,847-10,00; 4,74-4,955; 2,561-2,625).

Таблица 4

Результаты рентгенометрических анализов каолинита из Гарадагского месторождения медно-порфировых руд

Обр. 3017		Обр. 3016		Обр. 2246		Каолинит (Михеев, 1957)	
I	d α	I	d α	I	d α	I	d α
80	7,09	90	7,10	100	7,09	100	7,14
30	4,39	20	4,439	-	-	30	4,48
40	4,238	40	4,230	10	4,238	40	4,36
10	4,125	-	-	-	-	40	4,17
10	3,867	-	-	10	3,867	20	3,85
10	3,726	-	-	10	3,763	20	3,73
70	3,562	40	3,562	90	3,566	100	3,57
100	3,331	100	3,334	100	3,346	30	3,32
20	2,637	-	-	20	2,625	10	(2,63)
30	2,564	30	2,564	40	2,562	40	2,559
20	2,519	-	-	30	2,531	30	(2,529)
30	2,495	40	2,495	-	-	60	2,489
10	2,375	20	2,373	-	-	40	2,378
30	2,338	20	2,338	50	2,342	80	2,338
30	2,286	80	2,277	-	-	60	2,291
-	-	60	2,235	-	-	10	2,248
10	2,173	-	-	10	2,178	20	2,186
10	2,125	10	2,122	10	2,123	10	2,137
20	1,990	40	1,973	30	2,011	60	1,993
10	1,852	-	-	-	-	30	1,896
10	1,814	10	1,812	10	1,815	40	(1,839)
10	1,758	-	-	-	-	10	1,711
30	1,665	10	1,669	40	1,674	70	1,665
30	1,542	20	1,542	30	1,542	50	1,541
70	1,486	60	1,486	40	-	100	1,487
10	1,382	20	1,381	10	1,486	20	1,390
10	1,371	20	1,374	10	1,382	20	(1,373)
-	-	40	1,289	-	1,371	70	1,283
20	1,199	10	1,199	-	-	30	1,199

Термограммы каолинитов (рис. 4) дают похожие между собою характерные кривые нагревания. Эндотермические реакции носят ступенчатый характер при температурах 290-325, 460-470 и 557-570⁰С. Экзотермический эффект зафиксирован при температуре 1000⁰С.

Эндотермический эффект при температуре 557-570⁰С обусловлен потерей гидроксильных ионов и аморфизацией. Экзотермическая реакция при температуре 1000⁰С вызвана возникновением муллита или же кристобалита. Общая потеря веса каолинита составляет 11-12%.

По данным спектрального анализа как в гипогенном, так и гипергенном каолинитах наблюдаются постоянные примеси: Cu, Mo, Ca, Mg, Fe, Mn, Ti, V, Cr, Co, Ni, Pb, Zn, Ga, Be, Y, Zr, Vb, Sc, Ba и Sr. Количественно-спектральным анализом установлено (в %): Cu – 0,26 (ср. из 7 опр.), Pb – 0,0005 (ср. из 7 опр.), Zn – 0,0016 (ср. из 7 опр.), Ag – 0,0003 (1 опр.), Mo – 0,00034 (ср. из 7 опр.), Ti – 0,30 (ср. из 7 опр.), V – 0,0058 (ср. из 5 опр.), Cr – 0,0026

((ср. из 7 опр.), Co – 0,00035 (ср. из 3 опр.), Ni – 0,0009 (ср. из 4 опр.), Mn – 0,0159 (ср. из 7 опр.), Ga – 0,00172 (ср. из 5 опр.), Be – 0,0002 (ср. из 4 опр.), Y – 0,0005 (ср. из 4 опр.), Zr – 0,0042 (ср. из 7 опр.), Vb – 0,00035 (ср. из 2 опр.), Sc – 0,00029 (ср. из 5 опр.), Ba – 0,0094 (ср. из 6 опр.), Sr – 0,0106 (ср. из 7 опр.).

Гарадагское месторождение в известном смысле имеет относительно простую морфологию рудных тел. На месторождении минерализованная зона (рудное тело) в целом носит штокверковый характер. Причем верхняя часть его, оконтуренная геологами по содержанию Cu в среднем 0,47% (по борту 0,30%), представляет собой пластообразное тело, являющееся в основном зоной вторичного сульфидного обогащения. Распределение прожилково-вкрапленного оруденения носит неравномерный характер. Концентрация оруденения затухает от центральной части рудного тела к периферии, а с глубиной возрастает. Максимальная глубина распространения первичных руд выявлена скв. 170, 174^а, 181 и составляет 380 м.

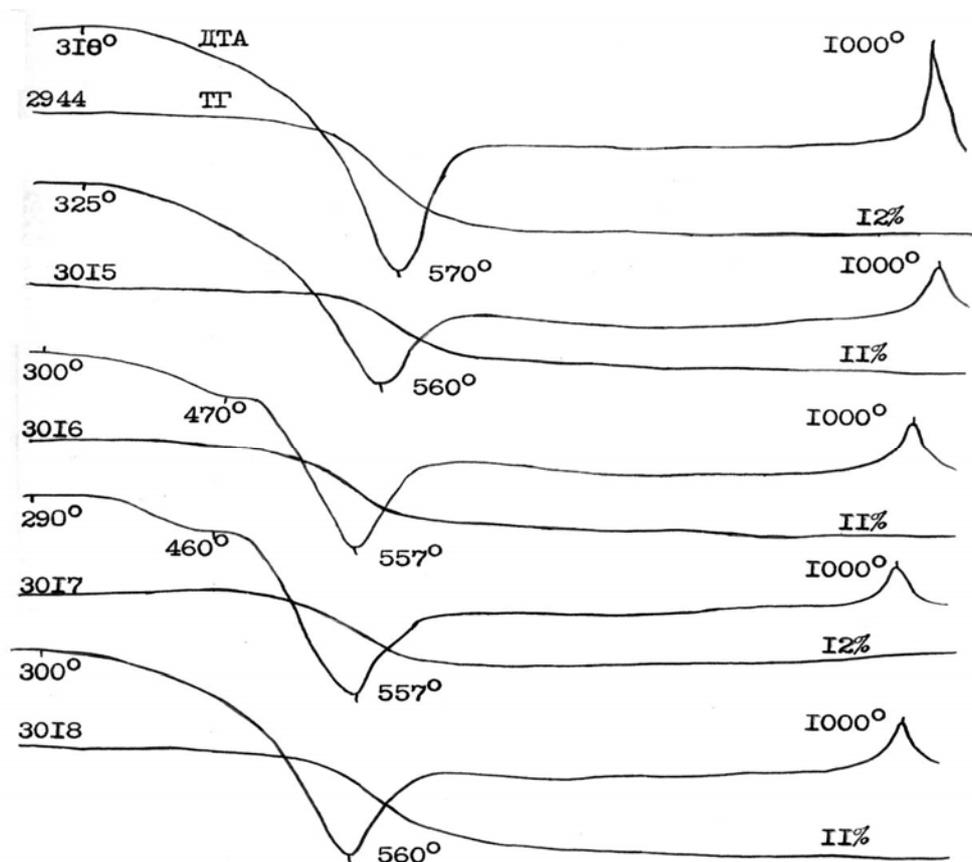


Рис. 4. Кривые ДТА и ТГ каолинитов из Гарадагского месторождения

В целом форма рудного тела отвечает штокверкообразному. Сложено оно вкрапленниками и сетью тонко переплетающихся прожилков пирита, халькопирита, молибденита и др. минералов, обычно приуроченных к порам и трещинам метасоматитов. Нередко наблюдаются чешуйки молибденита, но его очень мало. В пределах рудоносного штокверка выделяются обогащенные рудной минерализацией обособленные участки, отвечающие по форме раздувам, карманам, чаще приуроченным к рудовмещающим разрывам, а также узлам пересечения разнонаправленных разрывов и систем трещин.

Зона первичных сульфидных руд характеризуется преимущественно халькопирит-пиритовой ассоциацией минералов с незначительным халькозином и молибденитом. Содержание меди в рудном теле колеблется в пределах 0,1-0,5 до 0,74, иногда 1,0-4,52%. Мощность зоны первичных сульфидных руд в месторождении составляет от 40-50 м до 300 м и более.

Основные выводы

1. Медно-порфировые месторождения и проявления северо-восточной части Малого Кавказа, генетически (либо парагенетически) связанные с малыми интрузиями и дайками кварцево-диоритовых порфиритов поздней юры, характеризуются наличием зоны гипергенеза значительной мощности.

2. Впервые на уровне современных требований рассматриваются геологическая позиция, минералого-генетические и геохимические особенности зоны гипергенеза Гарадагского месторождения медно-порфировых руд.

5. По минералого-генетическим особенностям зоны гипергенеза на Гарадагском месторождении в вертикальном сечении (сверху

вниз) выделяются подзоны: 1) окисления, 2) выщелачивания, 3) вторичного сульфидного обогащения, 4) цементации (или смешанных руд), границы которых довольно четкие.

ЛИТЕРАТУРА

- АБДУЛЛАЕВ, Р.Н., ИСМЕТ, А.Р., БАГИРБЕКОВА, О.Д., АБДУЛЛАЕВ, И.А. 1979. Возрастное расчленение магматических образований северо-восточной части Малого Кавказа по данным К-Аг метода. Элм. Баку, 250.
- АЗАДАЛИЕВ, Дж.А. 1989. Геолого-генетическая модель медно-порфировых формаций геосинклинального режима как основа прогноза и поисков скрытого оруденения (на примере Малого Кавказа). *Изв. АН Азерб. ССР, серия наук о Земле*, 4, 64-72.
- АЗАДАЛИЕВ, Дж.А. 1990. Геолого-генетическая и объемно-геохимическая модели медно-порфировых месторождений геосинклинального режима как основа прогноза и поисков скрытого оруденения (на примере Малого Кавказа). В кн.: *Научные принципы прогнозирования эндогенного оруденения в восточно-азиатских вулканических поясах СССР*. Недра, Москва, 226-237.
- АЗАДАЛИЕВ, Дж.А. 1997. Особенности медно-порфирового оруденения различных тектоно-магматических режимов Малого Кавказа. В материалах международного научного симпозиума: *Геодинамика и принципы палеотектонических реконструкций*. Ташкент, 145-147.
- АЗАДАЛИЕВ, Дж.А. 1998. Плутоногенно-триединные процессы контактово-термального метаморфизма, скарнового рудогенеза и медно-порфирового оруденения (на примере Малого Кавказа). Докторская дисс. в виде науч. доклада. Баку, 62.
- АЗАДАЛИЕВ, Дж.А., ГУСЕЙНОВА, Э.Б. 2009. Особенности рудоносных метасоматитов Гарадагского месторождения медно-порфировых руд (Гядабейский рудный район Малого Кавказа, Азербайджан). *Докл. НАН Азербайджана*, LXV, 1.
- БАБАЗАДЕ, В.М., РАМАЗАНОВ, В.Г., МАМЕДОВ, З.И., ИСМАЙЛОВА, А.М., АБДУЛЛАЕВА, Ш.Ф. 2007. Геолого-геофизические и геохимические основы модели рудно-магматических систем медно-порфировых месторождений Гядабейского рудного района. В кн.: *Научное наследие академика М.А.Кашкая: взгляд из XXI века*. Nafta-Press, Баку, 58-84.

Рецензент: член-корр. НАН Азербайджана Г.В.Мустафаев