

УДК 546.59 (234.9)

МИНЕРАЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЗОЛОТОНОСНЫХ РУДОПРОЯВЛЕНИЙ В ЧЕРНОСЛАНЦЕВЫХ ТОЛЩАХ ГОРНОГО ДАГЕСТАНА

© 2012 Р. М. Багатаев¹, д.г.-м.н., М. Г. Бергер², д.г.-м.н., проф.

¹ Управление по недропользованию по Республике Дагестан Роснедра
Минприроды России, Россия, 367015, г. Махачкала, ул. М. Ярагского, 93а.
e-mail: dagnedra@yandex.ru

² Международный инновационный научно-технологический центр «Устойчивое
развитие горных территорий»; Центр геофизических исследований ВЦ РАН
и РСО-А, Россия, 362002, г. Владикавказ, ул. Маркова, 93а.
e-mail: berger7@rambler.ru

Рассматриваются особенности минералогии и геохимии золотоносных рудопроявлений Куруш-Мазинского рудного узла (юго-восточная часть Горного Дагестана).

Ключевые слова: Горный Дагестан, Куруш-Мазинский рудный узел, черносланцевая формация, золото-полиметаллические рудопроявления, минералого-геохимические особенности рудопроявлений, околорудные изменения.

Введение

Горный Дагестан входит в состав восточной части мегантиклинория Большого Кавказа, особенности формирования, геологическое строение и металлогения которого являются предметом многолетних дискуссий [Шолпо, 1978; Геология и полезные ископаемые..., 1987; Скрипченко, Пруцкий, 2005; Большой Кавказ..., 2007; и др.].

По современным представлениям, складчатая структура Большого Кавказа считается сформированной в результате интенсивного глубинного тангенциального сжатия, вызванного, главным образом, продвижением к северу относительно жесткого Черноморско-Закавказского массива и поддвиганием его под Большой Кавказ. При этом отмечаются характерные для последнего асимметричность склонов, различия по ширине и, что особенно важно, существенные изменения (наряду с элементами сходства) геолого-структурных особенностей его восточного, центрального и западного сегментов [Геология и полезные ископаемые..., 1987; и др.]. Существенно различными являются особенности геологического строения Большого Кавказа и отдельных его сегментов и в субмеридиональном направлении.

Включающий Горный Дагестан восточный сегмент Большого Кавказа, или Восточный Кавказ, характеризуется складчато-разрывной тектоникой, обусловленной этим же тангенциальным сжатием. Здесь развиты направленные к югу крупные тектонические покровы, которые рассматриваются как результат действия механизма горизонтальных сжимающих усилий.

По данным многочисленных геологических исследований, в пределах Горного Дагестана выделяются две структурно-геоморфологические области (и соответ-

ствующие им литолого-формационные зоны), называемые Сланцевым Дагестаном и Известняковым Дагестаном [Ажгирей и др., 1976; Физическая..., 1996; и др.].

Наиболее ранние находки золота на юго-восточном окончании Горного Дагестана в сланцевой области принадлежат К.И. Богдановичу (1902 г.), а затем – В.П. Ренгартену (1927 г.). В результате последующих геологических исследований этой до сих пор слабо изученной горной территории сведения о коренной золотоносности были получены попутно в процессе выполнения различных геолого-съёмочных работ, а также при поисках и разведке цветных металлов.

Золотоносность в Горном Дагестане устанавливается в области, сложенной терригенными и вулканогенно-терригенными черносланцевыми формациями [Блюман, 1988; Халифа-Заде, Магомедов, 1982; Пруцкий, Рудянов, Энна, 2006; Петров и др., 2007; Константинов, 2008]. В последние годы проводятся геологические исследования по выявлению крупнообъемного золотого оруденения в этих отложениях. В результате полевых работ, анализа и обработки собранных материалов и обобщения имевшихся ранее сведений в данной области, проведенных ОАО «Севкавгеология», ГУП РЦ «Дагестангеомониторинг», ФГУП «ЦНИГРИ» по заказу Дагестаннедра, получены новые данные об условиях формирования, геолого-структурных особенностях локализации, вещественном составе и геохимии минералов золото-сульфидного оруденения черносланцевых формаций Горного Дагестана.

Основные черты металлогении Горного Дагестана

В соответствии с общими сведениями о металлогении Большого Кавказа, в пределах Горного Дагестана прослеживаются Приводораздельная и Самур-Белореченская металлогенические зоны. При этом выделяются следующие рудные районы и другие таксоны [Колчеданные месторождения..., 1973; Черницын, 1977].

1. Белокано-Аварский рудный район, включающий Мушлак-Химрикский, Филзчай-Мачхалорский и Диндичай-Курдульский рудные узлы, а также отдельные месторождения и ряд перспективных участков с множеством рудопроявлений.

2. Ахтычай-Самурский рудный район, включающий Хнов-Борчинский и Куруш-Мазинский рудные узлы.

3. Южно-Дагестанский ртутнорудный район, включающий Микрах-Хпекский рудный узел.

В то же время, существенные отличия геолого-структурных условий локализации, морфологических черт, минералогического состава и структурно-текстурных особенностей полиметаллических руд различных участков Горного Дагестана и Северной Осетии не дают достаточных оснований для однозначного заключения о распространении Казбекского диабазового пояса и Самур-Белореченской металлогенической зоны (Садонский тип полиметаллического оруденения) на территории Горного Дагестана.

С учетом этого, Приводораздельная металлогеническая зона шириной 5-25 км в пределах Горного Дагестана объединяет территорию и все формационные типы оруденения, ранее относимые к двум металлогеническим зонам. Она протягивается с юго-востока на северо-запад до Транскавказского поперечного сбросо-сдвига (восточная граница Осетинского поднятого блока). В ее пределах устанавливается колчеданное оруденение двух стратиграфических уровней – верхнетоарско-нижнеааленское и верхнеааленское (медное, иногда с кобальтом) и полиметаллическое, а также золотое оруденение, относящееся к черносланцевому (терригенно-углеро-

дистому) формационному типу с золото-полиметаллическим (золото-сульфидным) составом руд. Формирование этой зоны завершилось магматизмом, представленным интрузивными (гипабиссальными) дайками и силлами Кахетинского диабазового пояса.

Считается, что жильное оруденение цветных металлов является продуктом регенерации и переотложения массивных, будинированных колчеданных руд в связи с формированием дайкового пояса. В этой мобильной долгоживущей зоне проявляются признаки крупнообъемного оруденения золота, локализованного в секущие линейные штокверки, согласные и комбинированные (согласно-секущие) трещинные рудоносные зоны.

По результатам анализа фаций и закономерностей вариации суммарных мощностей ниже-среднеюрских отложений (тоар, аален) в регионе выделяются рифтогенные структуры как общекавказской, так и субмеридиональной ориентировки. Последние имеют важное значение в локализации и масштабах проявления золото-сульфидного оруденения и позволяют объединить в региональном структурном плане перспективные площади Горного Дагестана, проследить общность особенностей их геолого-структурной локализации с известными крупномасштабными золоторудными месторождениями Средней Азии.

При структурно-формационном и металлогеническом анализе в регионе выделен ряд рудных формаций, которые характеризуются как колчеданно-медно-полиметаллическая золотосодержащая, колчеданно-медно-пирротиновая, жильная кварц-карбонат-халькопирит-пирротин-полиметаллическая.

По современному состоянию геологической изученности эндогенного оруденения Горного Дагестана наиболее интересными и перспективными на обнаружение крупнообъемного золотого оруденения представляются Филизчай-Мачхалорский, Хнов-Борчинский и Куруш-Мазинский рудные узлы с золотосодержащей минерализацией цветных металлов в терригенно-флишоидных формациях тоара и аалена, где преимущественно в пределах дайкового пояса выявлены рудные проявления сульфидно-кварцевого состава, содержащие золото до 8 г/т.

Проводимые с 2007 г. целевые геологические исследования, включая полевые работы, по выявлению крупнообъемного оруденения золото-терригенно-углеродистой формации сосредоточены на Куруш-Мазинском рудном узле в юго-восточной части Горного Дагестана. Данный рудный узел выделяется в пределах Ахтычай-Самурского рудного района, приуроченного к фронтальной части Закавказской плиты (в проекции), охватывая зону поддвига антиклинория Главного хребта под антиклинорий Бокового хребта (Хновский разлом и др.). Характерной особенностью рудного района является широкий ареал преимущественно жильных медно-полиметаллических рудопроявлений в висячем, отчасти – лежащем боку поддвига (надвига) и «линейная» структура полиметаллических геохимических ореолов. В лежащем (южном) боку поддвига жильные рудопроявления единичны, вмещающие породы значительно больше пиритизированы, по вторичным ореолам рассеивания преобладают геохимические ореолы меди, марганца, бария и здесь же расположено медно-колчеданное месторождение Кизил Дере [Маркус, 2011].

Кроме Куруш-Мазинского рудного узла, в пределах Ахтычай-Самурского рудного района выделяются Хнов-Борчинский медно-полиметаллический рудный узел и ряд перспективных участков. По северной периферии рудного района на крайнем северо-западе в зоне Ахвай-Хадумской меридиональной ступени с конседимента-

ционными разломами и в створе с Диндичайским глубинным разломом выделяется Дюльтычайское потенциально золоторудное поле. Восточнее известно Ихрекское рудное поле полиметаллической минерализации с убогим оруденением в гидротермально проработанных зонах дробления. Юго-восточнее, в междуречье Самура и Ахтычая локализовано Хал-Тукеркильское полиметаллическое рудное поле, которое тяготеет к субширотной зоне Курукальского разлома глубокого заложения. Оно представлено окварцованными брекчиями с прожилково-вкрапленными рудами в тектонических зонах дробления северо-восточной и северо-западной ориентировки и продолжает к северо-западу Куруш-Мазинский рудный узел, составляя фрагмент северной полосы полиметаллических проявлений и геохимических ореолов [Маркус, 2011].

Геолого-структурная позиция и особенности строения Куруш-Мазинского рудного узла

Эпизодически проводившиеся ранее в пределах Куруш-Мазинского рудного узла поисковые работы на жильное полиметаллическое оруденение в силу ограниченности объемов этих работ не могли привести к каким-либо заметным результатам. При этом геологические исследования в основном касались одних и тех же рудопоявлений, обнаженных в долинах притоков реки Чехичай, а золото определялось далеко не во всех пробах (С. М. Рыпинский и др., 1966; Н. Т. Романов и др., 1978).

Куруш-Мазинский рудный узел расположен на юго-восточном окончании Приводораздельной металлогенической зоны Большого Кавказа, занимает площадь 160 км², сложен преимущественно отложениями тоар-ааленского терригенного комплекса, содержащими дайки восточного окончания Кахетинского диабазового пояса, а также множество жил и зон кварц-пирит-полиметаллического состава. На его площади известен ряд участков (Сельдынские, Скалистый, Сумрайкамский, Мукеркамский, Перевальный, Вахчахчайский, Ихирский и др.) с различными рудопоявлениями цветных металлов, содержащими золото. Все они остаются пока малоизученными.

В геолого-структурном плане Куруш-Мазинский рудный узел находится в области пересечения двух систем глубинных разломов общекавказской и субмеридиональной ориентировки [Багатаев и др., 2003; Маркус, 1986]. Первые объединяют серию прослеживаемых в чехле долгоживущих продольных тектонических разломов, таких как Хновский, Ахтычайский, Даличайский и др. Ахтычайский разлом рассматривается как конседиментационный, проходящий вблизи осевой части рифта, а два других считаются сформированными в период складкообразования и последующего гипабиссального интрузивного магматизма, а также процессов регенерации первичных колчеданных руд.

Большинство разломов общекавказского простирания сопровождаются интенсивными складчатыми деформациями, сериями даек, гидротермальной проработкой пород, локализуют медно-колчеданное и полиметаллическое оруденение. В связи с ними выделяются линейно протяженные трещиновато-дробленные секущие зоны, содержащие золото-колчеданно-полиметаллическую минерализацию в дайках основного состава и переслаивающихся (в различных сочетаниях) вмещающих аргиллитовых, алевролитовых и песчаных породах нижнего аалена и верхнего тоара. В последних отмечаются горизонты локального перемыва с образова-

нием конгломератов и гравелитов, содержащих различную по петрографическому составу гальку местного материала, реже мономинерально кварцевую. Характерно развитие палеооползней (особенно в пачках песчаников верхнего тоара (?)), свидетельствующих об активной сейсμοдинатике в ходе осадконакопления и на последующем этапе и связанных с этим структурных деформациях, в значительной мере конседиментационных. Выделяются также горизонты углеродистых сланцев (аргиллитов), которые в ряде тектонических зон милонитизированы.

Субмеридиональные разломы выявлены по косвенным признакам – резкому сокращению мощностей отложений, серии кулисообразных конседиментационных брахиантиклинальных поднятий субкаспийского простирания со стратиграфическими и угловыми несогласиями в юрских и меловых отложениях Шахдаг-Параулозенской зоны, а также отчетливыми признаками отмеченной выше субмеридиональной рифтогенной структуры. Восточнее параллельно ей расположены Западная и Восточная линейно-кулисообразные брахиантиклинальные зоны, образующие в комплексе сравнительно стабильное краевое поднятие относительно юрско-мелового (западное) и современного каспийского (восточное) морских бассейнов с более интенсивным погружением блоков. К югу в Азербайджане на продолжении краевого поднятия выделяется Кюрдамир-Саатлинское погребенное поднятие. Шахдаг-Параулозенская структура сопровождается серией мелких секущих жильных ртутных проявлений и месторождений (Каладжухское, Микрахское, Хпекское, Гепцайское, Казардикамское и др.).

В геохимических полях Куруш-Мазинский рудный узел выделяется группой сближенных геохимических аномалий зонального строения полиметаллического состава с сурьмой и мышьяком, медно-полиметаллического состава с молибденом, вольфрамом и оловом, шлиховыми ореолами сульфидов.

На площади рудного узла выделяются две параллельно расположенные линейные антиклинальные складки сложного строения, к осевым частям которых приурочены цепочки жильных рудопроявлений полиметаллического состава. К южной (Мукеркамской) антиклинали приурочены Перевальное, Скалистое, Рагданчайское, Вахчагчайское, Сельдынское и др., а к северной (Ихирской) – Джиг-Джигские, Ихирские и Сельдынское Северное рудопроявления. В соответствии с их размещением Н.Т. Романов и Ю.Я. Черненко (1979) выделили 6 зон, содержащих золото в количестве 0,1-9 г/т и серебро 0,1-83 г/т.

В 2007-2009 гг. на некоторых перспективных площадях Горного Дагестана проведены работы по оценке ресурсного потенциала благородных и цветных металлов терригенных и вулканогенно-терригенных комплексов. При этом в пределах Мукеркамской антиклинали исследованы части выделенных предыдущими работами зон, содержащие золото в количестве более 0,5 г/т.

На площади юго-восточной части данной складчатой структуры линейно вытянутые секущие рудоносные зоны перекрыты четвертичными отложениями, контурами которых сразу следуют обнажения рудоносных зон в долинах ручьев Скалистый, Рагданчай и др. с соответствующими названиями рудопроявлений.

Таким образом, к началу поисковых работ на крупнообъемное оруденение золота (2010 г.) известные в пределах Куруш-Мазинского рудного узла однотипные по структурному положению, условиям залегания, морфологии единые рудоносные зоны оказались относительно более изученными на отдельных рудопроявле-

ниях. Проведенные здесь в последние 2-3 года работы позволили уточнить геолого-структурные особенности, условия формирования и локализации золотоносного оруденения Мукеркамской антиклинали.

Данная антиклиналь имеет северо-западную ориентировку и «двугорбый» свод – синклинальная складка разделяет его на два ядра. Характерной особенностью антиклинальной структуры является ее асимметрия (как и осложняющих складок). Северные крылья антиклинальных складок более крутые (азимут падения 10-30°, угол падения 65-85°), а южные более пологие (азимут 190-240°, угол 40-65°). В целом складка погружается к юго-востоку. При этом крылья структуры осложнены мелкими линейными зонами смятия и дробления, образующимися при межформационном проскальзывании пластов, сопровождающем формирование складчатых структур при боковом стрессе. Одновременно в своде и крыльях северо-восточного ядра антиклинали образуется система кулисообразно расположенных продольных сбросо-сдвиговых нарушений, оперяющих по падению разрывную зону сочленения ее со структурой Бокового хребта. В сводовой части складки образуются также пологие срывы и зоны трещиноватости. В этих системах тектонических нарушений весьма неравномерно локализовано золото-полиметаллическое оруденение в ассоциации с кварцем и карбонатами (рис. 1).

Рудоносные зоны обнажены в долинах ручьев и вскрыты расчистками, канавами и скважинами. Тяготея к присводовой части северо-восточного ядра Мукеркамской антиклинали, они локализуются, в основном, вдоль продольно вытянутых штокверков, связанных с трещинами юго-западного падения, а также в локальных участках межформационного смятия и мелкой трещиноватости вмещающих пород.

Минералого-геохимические особенности рудопроявлений Куруш-Мазинского рудного узла

Проведенные в Институте геологии и минералогии СО РАН (г. Новосибирск) и Институте геохимии СО РАН (г. Иркутск) аналитические исследования образцов руд и горных пород различных участков Куруш-Мазинского рудного узла включали методы оптической и электронной микроскопии, рентгеновский фазовый анализ, количественный и полуколичественный спектральный анализ, атомно-абсорбционный и микрозондовый анализ (микрозонд «*Camebax-micro*»). Изучение форм нахождения золота в рудах проводилось методом сцинтилляционного атомно-эмиссионного анализа (Аналитический центр Института геохимии СО РАН, г. Иркутск).

Изучение прозрачных шлифов и фазовый рентгеновский анализ гидротермально измененных пород из минерализованных зон показали, что они в основном состоят из кварца, слюды (серицит), карбонатов и пирита и их можно отнести к метасоматитам типа березитов (табл. 1) [Плющев, Шатов, 1985].

По результатам проведенных аналитических исследований, руды Куруш-Мазинского рудного узла содержат золото и серебро и в основном сложены пиритом, галенитом, сфалеритом, а также включают халькопирит, арсенопирит, пирротин, вюртцит, марказит, гематит, лимонит и блеклую руду. Нерудные минералы представлены кварцем и карбонатами. В окисленных местах рудопроявлений установлены гипергенные минералы: гидроксиды железа, ярозит, малахит, азурит, каолинит. В целом, минеральный состав руд Куруш-Мазинского рудного узла характеризуется небольшим разнообразием. Более углубленные исследования проведены в отношении самородного золота и серебра.

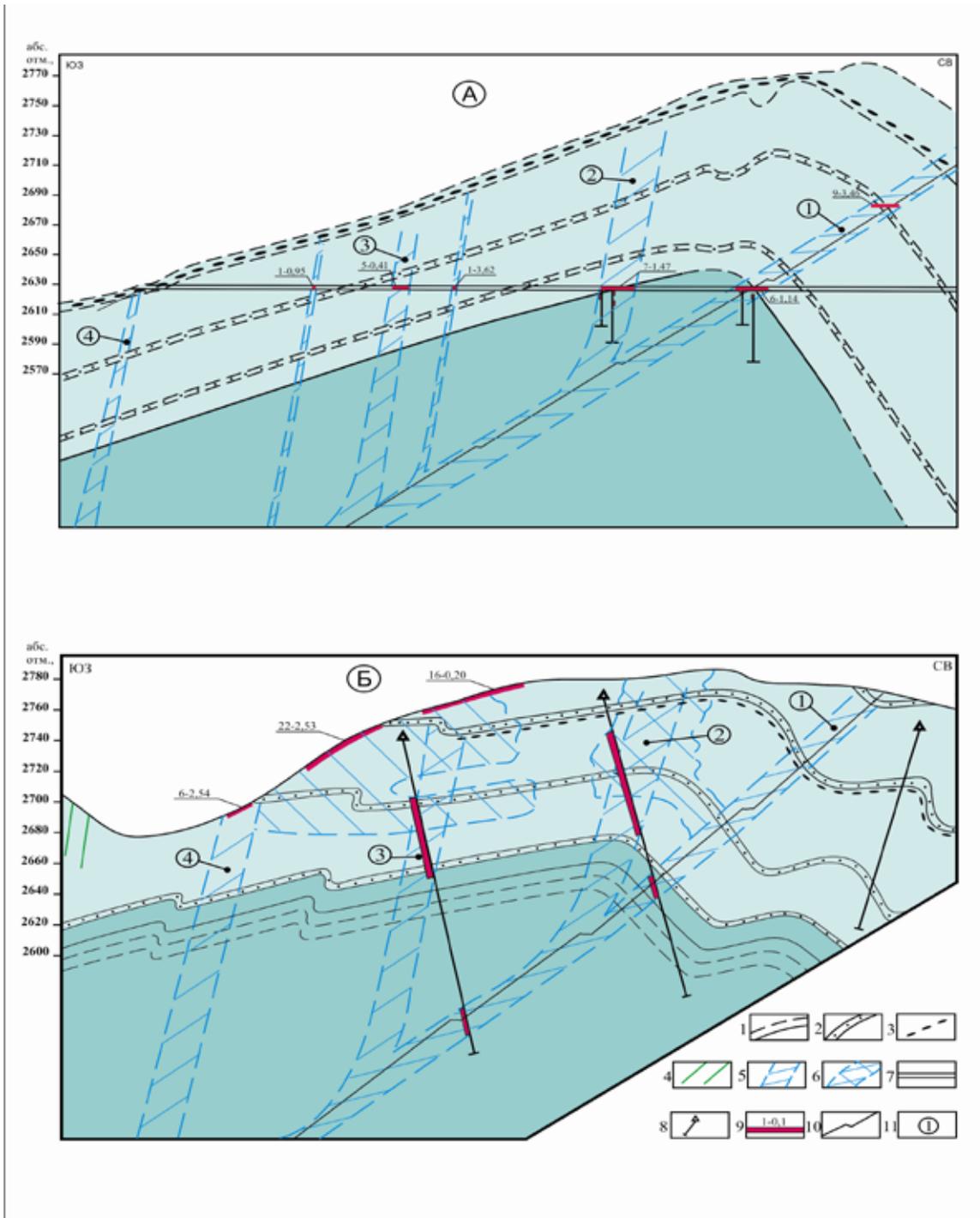


Рис. 1. Геологические разрезы Мукеркамского (А) и Перевального (Б) участков Куруи-Мазинского рудного узла

Условные обозначения: 1 – аргиллиты; 2 – аргиллиты с прослоями алевролитов и песчаников; 3 – конгломераты; 4 – малые интрузии (диабазы); 5 – секущие линейно вытянутые зоны нарушения пород с весьма неравномерной локализацией золотоносных рудопоявлений; 6 – согласные и комбинированные рудоносные зоны; 7 – поисковые каналы и расчистки; 8 – керновые скважины; 9 – рудные интервалы по данным опробования поверхностных выработок, пробирного анализа золота (первое число – длина рудного интервала, второе число – содержание), геологической документации керна и анализа его проб золото-спектрометрическим методом; 10 – сбросо-сдвиговое нарушение; 11 – номера секущих рудоносных зон.

Таблица 1

Состав гидротермально измененных пород

Участок	Проба	Минеральный состав (основные фазы)
Перевальный	Брекчированные аргиллиты с пирит-кварцевыми прожилками	Кварц, слюда, кальцит, пирит; примесь галенита, сидерита, следы хлорита
	Брекчированные аргиллиты с пирит-кварцевыми прожилками	Кварц, пирит, слюда, каолинит; второстепенные – галенит, сидерит, следы хлорита
Рагданчай	Метасоматит по диабазу	Кварц, слюда мусковитового типа, анкерит, пирит, реликты плагиоклаза
Сельды-Север	Метасоматит с сульфидами (частично окисленный)	Кварц, слюда мусковитового типа, пирит, карбонат, примесь ярозита и анатаза, калиевый полевой шпат, следы хлорита, каолинита и смектита

Золото в основном связано с сульфидами, находится в субмикроскопическом виде и невидимо в световых микроскопах. Крайне редко оно образует микронные выделения в кварцевом цементе брекчированных пород совместно с пиритом, халькопиритом и сфалеритом, а также галенитом, присутствующем в интерстициях мелких друз кварца. Сцинтилляционным атомно-эмиссионным анализом установлено, что доля частиц золота размером менее 2 мкм составляет более 90%.

Золото в значимых количествах установлено в пробах брекчированных пород или пород, содержащих прожилково-вкрапленную полиметаллическую минерализацию. Устанавливается высокий коэффициент корреляции золота (0,7-0,8) с мышьяком и серебром.

Учитывая значимую корреляционную связь золота с мышьяком, более детально изучена проба из участка Мукеркам, в которой установлены высокие содержания золота (16,4 г/т) и мышьяка (1,73%). В ходе исследований на электронном сканирующем микроскопе с энергодисперсной приставкой Kevex установлены мелкие (5-8 мкм) частицы золота пластинчатой и пленочной формы, а также арсенопирит двух разновидностей: удлиненно призматический (12 мкм по длинной оси) и в виде тонкозернистого агрегата неправильной формы размером до 14 мкм. Последняя разновидность была установлена в виде включений в жильном кварце, удлиненно призматический арсенопирит – в виде вкрапленности в гидротермально измененной вмещающей породе. Частицы самородного золота и арсенопирита диагностированы по их составу, определенному на энергодисперсной приставке Kevex.

Таким образом, проведенные минералогические и геохимические исследования показали, что наиболее тесные корреляционные связи золота с мышьяком определяются его ассоциацией с арсенопиритом. Это позволяет использовать геохимические ореолы мышьяка в качестве надежного поискового признака коренного

золотого оруденения. В контурах таких ореолов золотая минерализация пространственно связана с зонами дробления и рассланцевания пород, в которых проявлена полиметаллическая минерализация.

Серебро определяется в блеклой руде, галените и реже в других рудных минералах, его среднее содержание 15-17 г/т. Для серебра более тесные корреляционные связи устанавливаются, кроме золота, с сурьмой и медью (0,5-0,7). Это связано с тем, что основным минералом-носителем серебра в рудах является сурьмяная блеклая руда (фрейбергит).

Формы нахождения золота и размеры частиц самородных металлов. С помощью сцинтилляционного атомно-эмиссионного анализа на Au и Ag установлено, что практически все частицы самородного золота в пробах характеризуются размерами в основном в интервале 2-6 мкм. В пробах с повышенными содержаниями золота устанавливаются более крупные его частицы (фракции 6-10 и 10-16 мкм). Мельчайший размер частиц самородного золота не позволил выделить его для проведения микрозондового анализа. Сцинтилляционный анализ позволяет определять содержание золота в порошке проб по количеству и объему его частиц, размер которых превышает 2 мкм. Поэтому установленные этим методом содержания золота являются заниженными, по отношению к данным атомно-абсорбционного и золото-спектрометрического анализа.

Полученные по различным методикам результаты определения серебра в одних и тех же пробах хорошо повторяют друг друга. В выделенных мономинеральных пробах пирита и галенита серебра оказывается больше, например, в пробе пирита участка Мукеркам. Распределение серебряных частиц по размерам тоже вполне логично; с увеличением содержания Ag доля крупных частиц растёт, достигая 50-80%. Так как в некоторых пробах были установлены большие содержания серебра, пробы повторно анализировались при разбавлении в 5 раз материалом стандартного образца СГ-2 (гранит). Анализ разбавленных проб подтвердил установленные содержания серебра в пиритах.

Таким образом, проведенное изучение форм нахождения золота и размеров частиц самородных металлов в рудах с помощью сцинтилляционного атомно-эмиссионного анализа, а также исследование тонкодисперсного золота на электронном сканирующем микроскопе с энергодисперсной приставкой Kevex позволили установить, что основная форма нахождения золота в рудах – самородная, представленная тонкодисперсными фракциями. В количественном отношении среди установленных частиц преобладает фракция 2-6 мкм, в некоторых пробах отмечается незначительное количество частиц размером 6-10 мкм, еще реже частицы более крупных фракций. Исключение составляет одна проба, в которой преобладает фракция 6-10 мкм (70–77%) и в ней установлены наиболее высокие содержания золота – 16,4 г/т, а при изучении препаратов из этой пробы на электронном сканирующем микроскопе с энергодисперсной приставкой Kevex установлены тонкие (5-8 мкм) частицы золота пластинчатой и пленочной формы. Две частицы золота пластинчатой формы и размером 8 и 15 мкм установлены этим же методом и в препаратах из пробы участка Перевальный.

Анализ с помощью сцинтилляционного атомно-эмиссионного анализа мономинеральных фракций пирита и галенита показал, что в пирите золото присутствует в больших количествах, чем в галените, и оно представлено более крупными фракциями.

Пирит представлен тремя генерациями. Пирит-1 – в основном наблюдается рассеянной вкрапленностью, изредка образует гнёзда и желваки во вмещающих сланцах; пирит-2 – в своей основе имеет наложенный на пирит-1 характер, в ряде случаев он встречается в сочетании с халькопиритом и сфалеритом даже в составе микроскопических гнёзд; пирит-3 – встречается в метасоматически измененных породах и в кварцевых прожилках.

Проведенные микрозондовые исследования пирита показали примесь As при максимальном содержании 1,77 мас. %. Среднее содержание по 69 анализам составило 0,21 мас. %. Характерно, что повышенные содержания мышьяка в пиритах наблюдаются в рудных пробах с повышенными содержаниями золота, серебра и сурьмы. Установлено присутствие Ni в качестве небольшой примеси в пиритах из двух проб, где её содержание достигает 0,27 мас. %, при среднем содержании по 13 анализам 0,12 мас. %. В пиритах из остальных проб Ni либо не фиксировался вообще, либо его содержания находились вблизи пределов обнаружения (табл. 2).

Таблица 2

Химический состав пиритов

№ п.п.	Fe	Co	As	S	Sb	Ni	Cu	Сумма
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	46,10	0,00	0,82	53,05	0,00	0,01	0,00	99,98
2	46,55	0,02	0,00	53,04	0,02	0,00	0,22	99,84
3	46,65	0,00	0,47	52,76	0,00	0,00	0,00	99,88
4	46,76	0,01	0,39	52,68	0,00	0,01	0,00	99,85
5	46,79	0,00	0,21	52,53	0,00	0,00	0,04	99,57
6	46,87	0,02	0,19	52,87	0,01	0,00	0,00	99,97
7	46,43	0,00	1,33	51,85	0,01	0,02	0,00	99,63
8	46,56	0,02	0,00	53,09	0,00	0,01	0,01	99,69
9	46,68	0,00	0,00	53,08	0,00	0,00	0,00	99,76
10	46,83	0,00	0,00	53,36	0,00	0,02	0,00	100,21
11	47,06	0,05	0,00	53,66	0,00	0,02	0,01	100,79
12	46,97	0,03	0,04	52,69	0,00	0,01	0,00	99,73
13	45,88	0,00	0,63	52,18	0,00	0,05	0,00	98,74
14	45,89	0,02	0,75	52,37	0,00	0,03	0,00	99,06
15	46,05	0,00	1,63	51,92	0,01	0,01	0,00	99,63
16	46,37	0,01	0,00	52,83	0,01	0,01	0,07	99,30
17	46,27	0,00	0,00	53,17	0,00	0,02	0,11	99,57
18	46,13	0,01	1,69	51,00	0,00	0,00	0,00	98,83
19	46,60	0,01	0,00	53,64	0,00	0,00	0,02	100,27
20	45,87	0,01	0,00	53,18	0,00	0,00	0,05	99,11
21	46,47	0,00	0,00	52,49	0,00	0,02	0,00	98,98
22	46,29	0,00	0,11	52,38	0,03	0,02	0,01	98,84
23	46,31	0,00	1,77	51,45	0,00	0,00	0,00	99,54
24	46,50	0,00	1,68	51,59	0,01	0,01	0,00	99,79
25	46,58	0,00	0,00	53,25	0,00	0,00	0,17	100,00
26	46,51	0,00	0,28	52,19	0,02	0,00	0,01	99,01
27	46,66	0,00	0,00	53,79	0,00	0,00	0,00	100,45

28	46,79	0,00	0,18	52,85	0,01	0,00	0,00	99,84
29	46,28	0,00	0,24	52,26	0,00	0,00	0,02	98,80
30	46,30	0,01	0,99	52,02	0,01	0,01	0,01	99,35
31	46,61	0,02	0,65	52,34	0,00	0,01	0,01	99,64
32	46,39	0,02	0,00	53,27	0,00	0,04	0,00	99,72
33	46,37	0,01	0,00	53,61	0,00	0,00	0,01	100,00
34	45,55	0,33	0,11	52,59	0,02	0,22	0,00	98,83
35	46,53	0,03	0,00	53,46	0,00	0,10	0,00	100,12
36	46,48	0,02	0,00	53,27	0,00	0,27	0,00	100,04
37	45,73	0,11	0,00	53,33	0,00	0,07	0,00	98,24
38	45,26	0,00	0,00	53,49	0,00	0,09	0,00	98,85
39	44,96	0,05	0,00	53,89	0,00	0,12	0,00	99,02
40	45,66	0,00	0,00	52,66	0,01	0,06	0,01	98,40
41	46,31	0,02	0,00	52,93	0,00	0,06	0,01	99,33
42	45,52	0,00	0,00	53,79	0,00	0,04	0,01	99,35
43	45,80	0,00	0,00	53,33	0,00	0,00	0,00	93,14
44	46,01	0,01	0,00	53,27	0,00	0,02	0,00	99,31
45	46,04	0,00	0,00	53,10	0,00	0,02	0,00	99,15
46	46,14	0,04	0,00	53,31	0,04	0,14	0,00	99,67
47	45,96	0,05	0,00	53,00	0,03	0,13	0,01	99,17
48	46,08	0,06	0,00	53,37	0,03	0,10	0,01	99,65
49	46,14	0,03	0,00	53,08	0,00	0,05	0,00	99,30
50	46,67	0,02	0,00	53,00	0,04	0,12	0,02	99,87
51	46,67	0,02	0,00	52,69	0,02	0,10	0,01	99,51
52	46,20	0,08	0,00	53,43	0,02	0,07	0,01	99,81
53	46,15	0,05	0,00	53,70	0,05	0,11	0,02	100,08
54	46,15	0,13	0,00	53,15	0,02	0,24	0,06	99,75
55	46,91	0,00	0,00	53,35	0,00	0,00	0,00	100,26
56	46,74	0,01	0,00	53,34	0,04	0,00	0,02	100,15
57	45,83	0,07	0,00	53,33	0,05	0,01	0,01	99,30
58	46,60	0,00	0,00	53,31	0,01	0,02	0,00	99,93
59	46,44	0,00	0,00	53,28	0,00	0,02	0,00	99,74
60	46,32	0,03	0,00	52,95	0,00	0,00	0,00	99,30
61	47,35	0,07	0,00	52,75	0,04	0,09	0,02	100,31
62	46,53	0,09	0,00	52,04	0,06	0,11	0,00	98,83
63	46,85	0,06	0,00	52,77	0,04	0,07	0,02	99,81
64	46,91	0,00	0,00	53,85	0,00	0,00	0,02	100,77
65	46,64	0,00	0,00	53,71	0,00	0,00	0,00	100,35
66	46,56	0,00	0,00	52,83	0,00	0,01	0,06	99,45
67	46,84	0,00	0,00	53,87	0,00	0,00	0,00	100,72
68	47,00	0,00	0,00	53,38	0,01	0,00	0,00	100,39
69	46,67	0,02	0,00	53,32	0,02	0,00	0,02	100,05

Галенит встречается обычно в виде ксеноморфных образований, нередко пре-парирующих дефекты кристаллов нерудных минералов. Часто галенит развивается по пириту, в ряде случаев образует включения в метакристаллах пирита. Иногда галенит развивается по сфалериту.

В исследованных рудных образцах практически не встречено гнёзд галенита, эродированных кварцем и пиритом, – напротив, галенит развивается среди агрегатов и идиобласт указанных минералов, о чём свидетельствуют, в частности, закруглённые вершины кристаллов пирита, контактирующих с галенитом, и слабо закруглённые вершины идиоморфных кристаллов кварца. Однако как единичные встречаются случаи, когда кварц и другие нерудные минералы избирательно развиваются по спайности галенита.

По трещинам спайности галенита в ряде случаев развивается вюртцит. Наряду с этим, обособления сфалерита (вюртцита?), заполняющие трещины в галените, нередко оказываются отороченными регенерационной каймой галенита. Также есть контакты галенита и сфалерита, которые свидетельствуют о наложении галенита на сфалерит.

Галениты характеризуются весьма постоянным составом (табл. 3). Из элементов-примесей было обнаружено только Ag в количестве 1,64 мас. % в пробе участка Перевальный.

Сфалерит представлен ксеноморфными гнёздами клейофана и марматита, нередко содержащими тонкую эмульсиевидную вкрапленность халькопирита – следы распада твёрдых растворов. Корродирующий зёрна пирита, сфалерит заполняет интерстиции между кристаллами пирита, но прорывается жилами кварца, разъедающими как сфалерит, так и пирит.

Нередко коррозия кварцем сфалерита приводит к сохранению его в виде реликтовых гнёзд. Иногда сфалерит служит цементом в брекчированном пирите. Изредка встречаются атоллоидные текстуры, ядро которых сложено сфалеритом, а периферия – кварцем или пиритом.

Сфалерит по своему составу представлен маложелезистой разностью. Содержание Fe варьирует в диапазоне 0,68-8,72 мас. %, при среднем содержании 5,15 мас. % по 29 анализам. Присутствие в количестве десятых долей процента зафиксировано для Cd (табл. 3).

Халькопирит в составе рудной минерализации находится в подчинённом количестве. В ряде случаев по халькопириту наблюдается побежалость, изредка развит ковеллин. Халькопирит встречается как в виде отдельных ксеноморфных гнёзд в кварце, пирите и сфалерите, так и в виде тонкой эмульсиевидной вкрапленности в сфалеритовом базисе, характерной для фигур распада твёрдых растворов.

Часто халькопирит встречается в интерстициальных полостях внутри агрегатов пирита и сфалерита. Иногда халькопирит развивается по пириту, имеющему параллельно-пластинчатую ориентировку трещин и в ряде случаев существенно корродирует пирит. В некоторых случаях с таким халькопиритом соседствует также ксеноморфный галенит, содержащий гнёзда халькопирита, которые приурочены к контакту галенита и сфалерита.

Вюртцит развивается по трещинам в пиритовых зернах, нередко образует «колломорфные» структуры в трещинах пиритного агрегата. В ходе диафореза образует колломорфные агрегаты и в трещинах сфалерита. Вюртцит образует также скорлуповидные агрегаты в ассоциации с пиритом, халькопиритом и галенитом. В случае образования атоллоидных структур вюртцит оторачивает как халькопирит, так и галенит. Изредка наблюдаются идиоморфные (эвгедральные) кристаллы аутигенного вюртцита.

Блеклая руда установлена лишь в рудных пробах, отличающихся повышенными содержаниями золота. Интересным фактом является обнаружение блеклой руды в галените, сформировавшейся, вероятно, близко по времени с галенитом. По химическому составу она соответствует фрейбергиту (Ag-содержащей разности тетраэдрита).

Таблица 3

Химический состав галенита, сфалерита, блеклой руды и халькопирита

№ п.п.	Fe	Cu	Zn	As	S	Pb	Bi	Hg	Ag	Cd	Sb	Сумма
	Галенит											
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>	<i>11</i>	<i>12</i>	<i>13</i>
1	0,00	0,04	0,03	0,00	13,21	86,85	0,10	0,01	0,01	0,00	0,00	100,24
2	0,01	0,05	0,03	0,00	13,18	86,86	0,08	0,01	0,03	0,00	0,00	100,24
3	0,01	0,02	0,04	0,00	13,10	86,24	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	99,40
4	0,01	0,05	0,05	0,00	13,05	86,33	0,16	0,00	0,03	0,00	0,00	99,68
5	0,00	0,05	0,03	0,00	13,07	86,05	0,11	0,00	0,06	0,00	0,00	99,37
6	0,00	0,05	0,01	0,00	13,02	86,19	0,03	0,04	0,00	0,00	0,00	99,35
7	0,01	0,03	0,04	0,00	13,12	85,92	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	99,15
8	0,04	0,00	0,00	0,00	13,82	85,58	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	99,45
9	0,01	0,00	0,00	0,00	12,85	86,13	0,00	0,06	0,02	0,00	0,00	99,07
10	0,00	0,00	0,00	0,00	13,18	86,46	0,05	0,02	0,00	0,00	0,00	99,72
11	0,04	0,04	0,01	0,00	13,46	86,48	0,05	0,00	0,02	0,00	0,00	100,10
12	0,05	0,02	0,03	0,00	13,09	85,94	0,06	0,00	0,05	0,00	0,00	99,25
13	0,01	0,04	0,02	0,00	13,42	86,31	0,03	0,00	0,01	0,00	0,00	99,82
14	0,03	0,03	0,01	0,00	13,36	86,35	0,05	0,01	1,64	0,00	0,00	101,47
15	0,02	0,04	0,03	0,00	13,77	86,14	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	100,01
16	0,03	0,03	0,04	0,00	13,70	86,68	0,03	0,02	0,03	0,00	0,00	100,55
17	0,01	0,04	0,04	0,00	13,24	86,21	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	99,54
18	0,00	0,07	0,07	0,00	13,31	85,81	0,00	0,05	0,04	0,00	0,00	99,35
19	0,01	0,02	0,06	0,00	13,39	85,89	0,00	0,02	0,01	0,00	0,00	99,41
20	0,01	0,06	0,05	0,00	13,44	86,09	0,04	0,03	0,01	0,00	0,00	99,72
21	0,00	0,04	0,06	0,00	13,51	86,25	0,00	0,07	0,01	0,00	0,00	99,96
22	0,00	0,02	0,01	0,00	13,40	86,32	0,01	0,03	0,01	0,00	0,00	99,80
Сфалерит												
23	7,72	1,06	57,65	0,00	33,12	0,00	0,07	0,04	0,02	0,10	0,00	99,78
24	5,99	0,18	60,45	0,00	32,85	0,00	0,00	0,07	0,01	0,09	0,00	99,64
25	7,44	0,30	58,04	0,00	33,84	0,00	0,00	0,01	0,00	0,07	0,00	99,70
26	8,26	0,17	57,35	0,00	33,21	0,00	0,01	0,03	0,00	0,11	0,00	99,13
27	8,67	0,09	56,56	0,00	33,01	0,00	0,07	0,02	0,00	0,11	0,00	98,53
28	1,75	0,00	65,15	0,00	33,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,09	0,00	100,01
29	8,65	0,21	56,70	0,00	33,47	0,00	0,00	0,06	0,00	0,08	0,00	99,16

30	8,65	0,03	56,60	0,00	33,22	0,00	0,00	0,03	0,00	0,06	0,00	98,60
31	8,72	0,01	57,01	0,00	33,97	0,00	0,06	0,00	0,00	0,10	0,01	100,22
32	8,51	0,04	58,01	0,00	33,59	0,00	0,00	0,00	0,00	0,39	0,00	100,85
33	1,42	0,05	64,17	0,00	33,98	0,00	0,00	0,05	0,00	0,13	0,00	99,80
34	1,40	0,03	64,79	0,00	33,86	0,00	0,00	0,04	0,00	0,12	0,01	100,25
35	0,68	0,03	65,53	0,00	33,65	0,00	0,00	0,00	0,00	0,12	0,00	100,01
36	1,16	0,03	64,27	0,00	33,69	0,00	0,07	0,06	0,00	0,15	0,35	99,77
37	4,39	0,00	61,37	0,00	32,88	0,00	0,00	0,03	0,00	0,07	0,00	98,74
38	4,61	0,16	61,87	0,00	32,89	0,00	0,00	0,02	0,00	0,17	0,00	99,72
39	2,85	0,02	63,24	0,00	32,95	0,00	0,00	0,02	0,00	0,07	0,00	99,15
40	3,94	0,01	63,31	0,00	32,70	0,00	0,00	0,00	0,00	0,09	0,00	100,05
41	4,55	0,20	61,45	0,00	33,21	0,00	0,05	0,00	0,00	0,08	0,00	99,53
42	1,36	0,02	64,67	0,00	33,40	0,00	0,00	0,00	0,01	0,05	0,00	99,86
43	1,41	0,03	64,46	0,00	33,67	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10	0,00	99,66
44	1,45	0,03	64,23	0,00	33,65	0,00	0,00	0,03	0,00	0,11	0,02	99,52
45	6,36	0,09	59,83	0,00	34,04	0,00	0,03	0,00	0,00	0,08	0,00	100,42
46	3,83	0,03	62,09	0,00	33,85	0,00	0,00	0,00	0,00	0,11	0,00	99,91
47	5,19	0,01	61,11	0,00	33,75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,21	0,00	100,28
48	6,27	0,10	59,98	0,00	33,22	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	0,00	99,64
49	7,23	0,09	58,41	0,00	33,51	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10	0,00	99,34
50	8,19	1,37	56,98	0,00	33,77	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10	0,00	100,41
51	8,59	0,14	57,84	0,00	33,37	0,00	0,00	0,05	0,00	0,08	0,00	100,07
Блеклая руда												
52	3,65	22,70	2,46	0,00	21,98	0,00	0,00	0,12	19,50	0,02	27,23	97,71
53	3,61	23,40	2,55	0,00	22,15	0,05	0,00	0,06	18,80	0,02	27,34	98,06
54	3,63	23,66	2,54	0,00	22,24	0,03	0,00	0,08	18,54	0,05	27,41	98,23
55	3,66	23,36	2,58	0,00	22,11	0,00	0,00	0,05	18,37	0,03	27,61	97,83
56	3,66	23,11	2,56	0,00	22,26	0,00	0,00	0,09	18,29	0,00	27,39	97,41
Халькопирит												
57	30,12	34,73	0,09	0,00	34,66	0,00	0,00	0,04	0,01	0,01	0,00	99,66

Флюидные включения, содержащиеся в кварце жильного оруденения участка Сумрайкам, исследованы методами крио- и термометрии (микротермокамера THMSG-600 фирмы «Linkam» с диапазоном измерений $-196 + 600$ °C).

В кварце присутствует множество мелких (10 мкм и менее) двухфазных флюидных включений, содержащих водно-солевой раствор и небольшой пузырь газа, а также однофазные флюидные включения, содержащие водно-солевой раствор и существенно газовые включения. В большинстве случаев они имеют неправильную форму. Первичные включения образуют зоны роста в кристаллах кварца. Вторичные и псевдвторичные флюидные включения располагаются по системам трещин в кварце. Присутствие двухфазных и газовых включений в зонах роста кварца свидетельствует о гетерофазном состоянии рудообразующего флюида (рис. 2).

Двухфазные включения в зонах роста кристаллов кварца при нагревании гомогенизируются в интервале температур 135-100 °С. Разброс температур гомогенизации первичных включений связан с захватом разных порций фаз гетерофазного рудообразующего флюида. Псевдоторичные двухфазные включения гомогенизируются при 100-95 °С. Охлаждение включений до низких температур (–197 °С) приводит к образованию в них фазы льда и эвтектики. Эвтектика плавится при 23-22 °С, что типично для водно-солевых систем, содержащих хлориды Na и K [+]. Плавление льда происходит в интервале температур –5,3-1,5° С, что соответствует общей концентрации солей 7,8-1,7 мас.% в NaCl эквиваленте. Газовые включения содержат низкоплотную газовую фазу, представленную преимущественно парами воды.

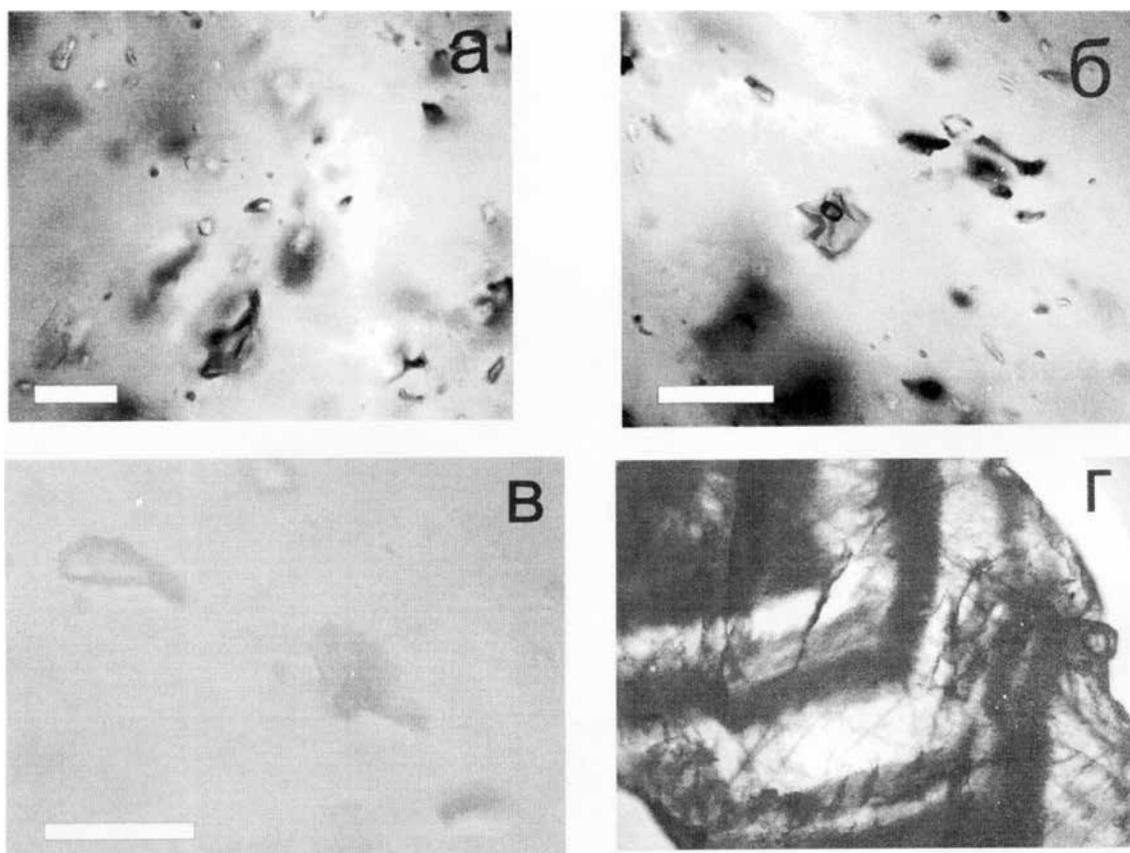


Рис. 2. Включения в кварце. Двухфазные, однофазные и газовые первичные и псевдоторичные флюидные включения (а, б, в), зоны роста кристаллов кварца, трассируемые флюидными включениями (г). Линейка равна 10 мкм.

Таким образом, в формировании кварцевых жил принимали участие гетерофазные низкотемпературные (140-95 °С) хлоридные гидротермальные растворы с низкой и умеренной концентрацией солей.

Литература

1. Ажгирей Г. Д., Баранов Г. И., Кропачев С. М., Панов Д. И., Седенко С. М. Геология Большого Кавказа. М.: Недра, 1976. 263 с.
2. Багатаев Р. М., Сулейманов А. К., Нечаев Ю. В. и др. Отображение глубинных структур Дагестана в поле тектонической раздробленности литосферы // Вестник отделения наук о Земле РАН. Электронный научно-информационный журнал. 2003. № 1 (21).
3. Блюман Б. А. Золоторудная «черносланцевая» формация: модель взаимоотношений регионального метаморфизма, гранито- и рудообразования // Рудообразование и генетические модели эндогенных рудных формаций. Новосибирск: Наука, 1988. С. 135-141.
4. Большой Кавказ в альпийскую эпоху / Ред. Ю. Г. Леонов. М.: Геос, 2007. 368 с.
5. Геология и полезные ископаемые Большого Кавказа / Отв. ред. Е. Е. Миляновский и Н. В. Короновский. М.: Наука, 1987. 269 с.
6. Колчеданные месторождения Большого Кавказа / Отв. ред. В. И. Смирнов. М.: Недра, 1973. 256 с.
7. Константинов М. М. Литолого-стратиграфический контроль золоторудных месторождений в осадочных толщах // Региональная геология и металлогения. 2008. № 36. С. 92-98.
8. Маркус М. А. Долгоживущие структуры Восточного Кавказа // Сов. геология. 1986. № 10. С. 63-69.
9. Маркус М. А. К вопросу о золоторудной площади Куруш и не только // Труды ИГ ДНЦ РАН. Вып. 57. Махачкала: Изд-во ООО «ДИНЕМ», 2011. С. 84-87.
10. Петров О. В., Соболев Н. Н. и др. Минерагенические особенности черносланцевых формаций // Региональная геология и металлогения. 2007. № 32. С. 126-133.
11. Плющев Е. В., Шатов В. В. Геохимия и рудоносность гидротермально-метасоматических образований. Л.: Недра, 1985. 247 с.
12. Пруцкий Н. И., Рудянов И. Ф., Энна Н. Л. Коренная золотоносность Северо-Кавказского региона. История изучения, основные результаты и рекомендации по направлению дальнейших исследований // Региональная геология и металлогения. 2006. № 29. С. 110-116.
13. Скрипченко Н. С., Пруцкий Н. И. Проблемы геодинамики и металлогении Большого Кавказа // Региональная геология и металлогения. 2005. № 25. С. 39-51.
14. Физическая география Дагестана / Отв. ред. Б. А. Акаев. М.: Школа, 1996. 382 с.
15. Халифа-заде Ч. М., Магомедов А. М. Среднеюрские отложения восточной части Большого Кавказа. М.: Наука, 1982. 274 с.
16. Черницын В. Б. Металлогения Большого Кавказа. М.: Недра, 1977. 191 с.
17. Шолпо В. Н. Альпийская геодинамика Большого Кавказа. М.: Недра, 1978. 176 с.

MINERALOGICAL-GEOCHEMICAL FEATURES OF AURIGEROUS ORE OCCURRENCES IN BLACK – SHALE SECTIONS OF MOUNTAINOUS DAGESTAN

R. M. Bagataev¹, Sc. Doctor (Geol.), M. G. Berger², Sc. Doctor (Geol.), prof.

¹Service for the Supervision of Natural Resources on the Republic of Dagestan of Ministry of Natural Resources and Environment of Russia, e-mail: dagnedra@yandex.ru

²International Innovation Scientific-Technological Centre «Sustainable Development of Mountain Territories», Center of Geophysical Investigations of VSC RAS and RNO-A, Vladikavkaz, Russia, e-mail: berger7@rambler.ru

Features of mineralogy and geochemistry of auriferous ore occurrences of Kurush-Mazinskiy ore cluster (South-Eastern part of Dagestan) is considered.

Keywords: Mountainous Dagestan, Kurush-Mazinskiy ore cluster, black – shale sections, mineralogical-geochemical features of ore occurrences, wallrock alteration.