

Доктору геол.-мин. наук Абову С.Б.

НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК РЕСПУБЛИКИ АРМЕНИЯ
ИНСТИТУТ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ НАУК

На правах рукописи

ХАЧАНОВ ХРИСТОФОР ВАГАРШАКОВИЧ

МИНЕРАЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ И ПЕРВИЧНЫЕ ОРЕОЛЫ
ДРМБОНСКОГО ЗОЛОТО-МЕДНОКОЛЧЕДАННОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Специальность 04.00.13

Геохимические методы поисков
месторождений полезных ископаемых

А в т о р е ф е р а т

диссертации на соискание ученой степени
кандидата геолого-минералогических наук

Ереван - 1993

Работа выполнена в Институте геологических наук
Национальной Академии наук Республики Армения

- Научный руководитель - академик НАН РА,
доктор геолого-минералогических
наук, профессор - С.В.Григорян
- Официальные оппоненты - доктор геолого-минералогических
наук - Ш.О.Амирян (ИГН НАН РА)
- кандидат геолого-минералогических
наук - Р.С.Мовсесян (ЕГУ)
- Ведущее предприятие - АрмНИПРОЦВЕТМЕТ

Защита состоится *23 сентября* 1993 г. *14* час. *00* мин.

на заседании Специализированного Совета К.005.16.01
при Институте геологических наук НАН РА.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Института
геологических наук НАН РА.

Адрес: 375019, г.Ереван-19, пр.Маршала Баграмяна 24а,
Институт геологических наук НАН РА

Автореферат разослан *21 августа* 1993 г.

Ученый секретарь Специализированного Совета,
кандидат геолого-минералогических наук

П.М.Капелян П.М.Капелян

Актуальность работы. Сомхито-Карабахская металлогеническая зона является важной сырьевой базой для развития цветной металлургии региона и одной из перспективных на возможность открытия новых и расширения старых геологических объектов, ориентированных на благородные и цветные металлы.

В связи с этим большое значение приобретают прогрессивные методы поисков, в том числе и геохимические, ведущая роль в разработке и разведке которых принадлежит таким ученым, как Э.Н. Баранов, В.П. Барсуков, А.А. Беус, В.А. Бугров, И.И. Гинзбург, С.В. Григорян, Р.И. Дубов, Л.Н. Овчинников, В.Г. Поликарпочкин, А.А. Сауков, Н.И. Сафронов, А.П. Соловов, Н.Н. Сочеванов, Л.В. Таусон, Дж. Узоб, В.П. Федорчук, Х. Хокз, Ю.Г. Шербаков, Э.М. Янишевский и другие.

Анализ современного состояния теории и практики геохимических методов поисков позволяет сделать вывод, что перечисленные ореолы, широко применяемые при поисках и разведке колчеданных месторождений, весьма недостаточно изучались в месторождениях золото-содержащей медноколчеданной формации, особенно в исследуемом регионе. Кроме того, наличие ряда вновь выявленных рудопоявлений и месторождений (Дрмбоекское) поставило задачу разработки надежных геохимических критериев поисков с целью выявления новых слепых рудных тел на флангах и глубоких горизонтах для месторождений подобного формационного типа.

Цель и основные задачи работы - выявление минералого-геохимических особенностей и разработка на их основе признаков золото-медноколчеданного оруденения. Выяснение закономерностей временно-пространственного развития минералов и химических элементов в рудных телах и вмещающих их породах позволяет оценить перспективы флангов и глубоких горизонтов, а также выявленных аномалий месторождений подобного типа. При этом решались следующие основные задачи: 1) установление глубины и физико-химических условий формирования колчеданного оруденения, а также стадийности процессов рудообразования; изучение геохимических особенностей распределения рудогенных элементов в мономинералах, рудах и вмещающих породах; 2) выявление моно- и полиэлементных геохимических ореолов и анализ их в аномальном геохимическом поле вокруг месторождения; 3) выявление и изучение зональности распределения рудогенных элементов и элементов-примесей в аномальном геохимическом поле; 4) разработка для данного типа месторождений геохимических поисково-оценочных критериев.

Научная новизна. 1. Детально изучен вещественный состав руд

и выявлены три новых для месторождения минерала. 2. Установлены стадийность и последовательность минералообразования, его циклический характер и уточнен температурный режим. 3. Детально изучено распределение рудообразующих компонентов и элементов-примесей в минералах, рудах и вмещающих породах месторождения, выявлены их парагенетические ассоциации. 4. Впервые в полном объеме и по единой методике проведено изучение первичных ореолов с анализом особенностей их состава и строения. 5. Установлена закономерность пространственного распределения химических элементов и выявлена геохимическая зональность первичных ореолов. 6. Разработаны критерии выявления и предварительной оценки геохимических аномалий. 7. Проведена переоценка типа месторождения.

Практическое значение работы. На основе проведенных исследований разработаны геохимические поисковые признаки, с помощью которых выявлены новые аномальные участки и произведена предварительная оценка их перспективности. Разработанные методические приемы могут быть использованы для геохимических исследований месторождений данной формации региона.

Основные защищаемые положения, сформулированные и обоснованные в диссертационной работе, следующие:

1. Формирование главной рудной залежи месторождения происходило многостадийно, на фоне интратрудных подвижек, в течение 4 последовательных стадий минерализации: 1) кварц-пиритовой; 2) кварц-магнетит-пирит-халькопиритовой (с золотом); 3) кварц-пирит-халькопирит-сфалеритовой (продуктивной золоторудной); 4) карбонатной.

Температурный режим минералообразования характеризуется условиями средних-низких температур (350-130°C) при преобладающем оттожении золоторудной ассоциации в узком интервале температур - 320-230°C. Золото тонкодисперсное, высокопробное; преобладающая масса сконцентрирована в халькопирите-II, в меньшей степени - в пирите и сфалерите.

2. Локализация рудных тел месторождения сопровождалась формированием интенсивных ореолов *Au, Cu, Ag, Zn, Pb, Mo*, в меньшей степени - *As, Sb, Co, Ni, Sn*, общей особенностью которых является их полиэлементальное центробежное строение в последовательности (от тыловых к фронтальным):

Mo-Co-Ni-Sn-Ba-Bi-Cu-Au-Zn-Pb-Ag

3. Разработаны геохимические поисковые признаки, которые мо-

гут эффективно применяться для: а) выявления геохимических аномалий; б) оценки уровня аномалий относительно рудных тел (по коэффициенту зональности); в) оценки примерных масштабов оруденения (по коэффициенту интенсивности).

Фактическая основа работы. В основу диссертации положены материалы, собранные автором или при его участии в период с 1978 по 1988 гг. В ходе исследований непосредственно автором или под его руководством отобрано около 7650 геохимических проб, в том числе с поверхности - около 1300, с подземных горных выработок - около 5500, а также из керна 21 разведочной скважины - свыше 850 проб (около 4850 п.м.). Кроме того, отобрано 75 мономинеральных проб. Аналитическую основу работы составляют результаты приближенно-количественного, атомно-абсорбционного на золото и серебро, лазерного спектрального анализа.

Апробация работы. Основные положения работы докладывались на Всесоюзном совещании по металлогении Тянь-Шаня (Ташкент, 1979), на V Всесоюзном вулканологическом совещании (Тбилиси, 1980), научной конференции молодых специалистов Института геологии и НК "Геофизика" АН АзССР (Баку, 1981), на Всесоюзной конференции молодых ученых ИГЕМ АН СССР (Москва, 1981), Всесоюзном симпозиуме "Эволюция офиолитовых комплексов" (Свердловск, 1981), III сессии Дальневосточной секции СГПИ (Благовещенск, 1986), Юбилейной научной сессии, посвященной памяти К.Н.Паффенгольца (Ереван, 1993). В процессе исследований по теме были составлены следующие отчеты: "Вещественный состав, текстурно-структурные особенности руд Драмбонского и Гошинского месторождений" (в соавторстве с А.А.Алиевым и Ш.Д.Мамедовым, Баку, ККГЭ ЦНИГРИ, 1985); "Изучение вещественного состава золотосодержащих комплексных руд месторождений Азербайджана для совершенствования технологической схемы обогащения" (в соавторстве с М.М.Мамедовым, А.А.Алиевым, Ш.Д.Мамедовым, Баку, ЦНИГРИ, 1986).

Публикации. По результатам исследований опубликовано 7 работ.

Структура и объем работы. Диссертация объемом 233 страниц машинописного текста состоит из введения, пяти глав и заключения, сопровождается 21 таблицами и 39 рисунками. Список литературы содержит 87 наименований.

Работа выполнялась в отделе геохимических методов поисков ИГН НАН Армении под научным руководством академика Национальной Академии наук Республики Армения, доктора геолого-минералогических

наук, профессора С.В. Григоряна, которому автор выражает глубокую благодарность за постоянную помощь и поддержку. Автор приносит искреннюю признательность кандидатам геолого-минералогических наук А.А. Алиеву, Г.Б. Аракеляну, Г.А. Казарину, П.М. Капленяну, А.Х. Минаканян, А.С. Фармазину, Г.В. Шагиняну, а также М.П. Асланяну, А.О. Бабалян, Т.А. Калитеряну, Н.Г. Коренновой, П.Л. Мурадян, Х.О. Саргсяну, оказавшим участие и содействие в исполнении работы. Особую благодарность автор выражает кандидату геолого-минералогических наук Г.А. Саркисяну за ценные замечания при просмотре рукописи.

Глава I. КРАТКАЯ ГЕОЛОГО-ПЕТРОГРАФИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РУДОВМЕЩАЮЩИХ ПОРОД И РУД МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Исследованное месторождение локализовано примерно в центральной части Сомхето-Карабахской структурно-формационной зоны Малого Кавказа, характеризующейся преобладающим распространением отложений геосинклинальных стадий киммерийского (ранняя юра - ранний мез) тектоно-магматического этапа развития.

Раннегеосинклинальная (ниже-среднерусская) и позднегеосинклинальная (ниже-среднерусская) и позднегеосинклинальная (верхнеюрско-нижнемеловая) вулканогенно-плутогенные андезитовая-плагиолипаритовая-глагогранитная и андезито-базальтовая-андезито-липаритовая-липаритовая-тоналитовая формации соответственно являются потенциально рудоносными на золото-колчеданно-полиметаллическое, молибден-меднопорфировое, скарново-мелезорудное и кобальтовое, вольфрамовое и некоторые другие типы оруденений.

Мехманинский рудный район, куда входит Дрмбонское месторождение, находится на сопряжении Сомхето-Агдамского и Карабахского блоков (антиклизорий) Сомхето-Карабахской зоны и продолжении осевого шва Тоурагачайского синклиналия Севано-Акеринской структурно-металлогенической зоны. Региональными структурами, ограничивающими район, являются Агдамский антиклинорий на севере, Карабахский антиклинорий на юге, Тоурагачайский синклиналий на западе. Мехманинское поднятие, расположенное на ЮВ зоны, сложено вулканогенно-осадочными породами бая, поздней юры и мела. На его СВ. окраине выделяется сложная вулканическая кальдерообразная структура (Т.Г. Гаджиев, Ю.Р. Ширинов и др., 1980).

Исследованное месторождение относится к кварц-золото-медно-

сульфидному типу умеренно-сульфидной фации (по классификации Н.Е.Петровской, К.Г.Сафонова, С.Д.Шера, 1976).

Дрибонское месторождение локализовано в центральной части одноименной вулкано-купольной постройки, представляющей собой эродированный стратовулкан с основанием эллипсоидальной формы, вытянутой в север-северо-восточном направлении при размерах 6х3,5 км по длинной и короткой осям соответственно.

Рудное поле Дрибонского месторождения площадью 19,5-20 кв. км практически совпадает с контурами основания вулкано-купольной постройки и кроме собственно Дрибонского (Кзылбулахского) месторождения золото-медноколчеданных руд включает в себе около полдесятка рудопоявлений, локализованных по север- и северо-восточному внешнему контуру центрального участка месторождения на расстояниях 0,5-1,2 км от последнего.

По северо-восточному обрамлению вулкано-купольной постройки в общекавказском направлении прослеживается мощная (до 1,5-2,0 км) зона парных долговживущих разломов, играющих, по-видимому, контролирующую роль в пространственном размещении фаций разновозрастного магматизма и оруденений медных и полиметаллических формаций.

К юго-западу от зоны разломов расположена вулкано-купольная структура и золото-медноколчеданные месторождения и рудопоявления с интенсивным и масштабным проявлением вулканических процессов в лавовой, пирокластической, экструзивно-субвулканической фациях, в то время как по северо-восток-восточной стороне зоны разломов преимущественно развиты разобщенные мелкие массивы - спателиты Мехманинского гипабиссального интрузивного комплекса тоналитовой формации ($Z_2 - K_1$) и парагенетически связанные с ним свинцово-цинковые (Мехмана) и меднопорфировые (Касанет) гидротермально-плутоногенные месторождения и около десятка рудопоявлений.

Рудное поле Дрибонского месторождения в пределах вулкано-купольной постройки сложено лаво-пирокластическими образованиями батского яруса средней юры (лавы андезит-базальтов, андезитов, липарито-дацитов, реже липаритов) и соответствующими им по составу лапиллиевыми, гравийными, агломератовыми туфами и вулканомиктовыми песчаниками, аргиллитами, алевролитами. Весь разрез лаво-пирокластических образований имеет двухярусное сложение: в основании залегают лавы и лавобрекчии базальт-андезито-базальтового состава (подрудный горизонт), а выше - лавы, лавобрекчии, мелкообломочные, агломератовые и глыбовые туфы кварцевых и базокварце-

вых дацитов, липарито-дацитов (надрудный горизонт).

Батский вулканогенный и вулканогенно-осадочный комплекс прорван дайками и субвулканическими телами андезитовых, диоритовых, андезито-дацитовых и дацитовых порфиритов, липарито-дацитовыми и липаритовыми порфирами (дорудными), а также пострудными дайками диабазовых и андезитовых порфиритов (Ю.Р.Ширинов и др., 1981).

Основной рудовмещающей средой является положительная структура, соответствующая синвулканическому поднятию биклиналиного типа (вулканический купол на синклиниальном основании, в понимании Э.Н.Эрлиха, М.Б.Бородаевской, Г.Ф.Яковлева и др.), осложненному в западной части месторождения разломом глубокого заложения субмеридиональной ориентации. Этому разлому ряд исследователей приписывают роль главного магмо- и рудоподводящего канала.

Биклиналиная структура осложнена с запада и востока сбросами близмеридионального простирания с падением на восток и северо-восток соответственно, а также субширотными разрывами. На севере месторождения биклиналиь оканчивается центриклинальным замыканием пластов кислых вулкаников; на юге морфоструктурное окончание неясное из-за отсутствия горных выработок.

Золото-медноскопеченное оруденение локализовано в пределах трех весьма неравноценных по параметрам (размерам) и интенсивности минерализации, в том числе и золотоносности, рудных тел.

Основная масса промышленного оруденения приурочена к так называемой "Главной" рудной залежи, локализованной в контактовой полосе подрудных вулкаников основного-среднего состава с надрудными лаво-пирокластолитами средне-кислого состава. "Главная залежь" имеет в плане (на гор.шт.№ 3) эллипсоидально-овальную форму, вытянутую в северо-западном направлении примерно на 220-230м при ширине выхода около 110-120 м.

Глубже на 25 м (гор.шт.№ 4) единое тело "Главной" залежи северо-западными и широтными разрывами расчленено на один крупный блок, соответствующий прикровельной части залежи, и три мелких равновеликих, растасканных микроблока, сброшенных и передвинутых относительно друг друга примерно на 10-15 м.

В продольных и поперечных вертикальных разрезах "Главная" залежь вырисовывается в виде выгнутой к земной поверхности дугообразной пластовой залежи мощностью до 40-45 м (в центре) с пологими изменчивыми углами ($10-35-45^{\circ}$) падения на северо-восток. Участки дугообразного выклинивания залежи характеризуются более круты-

ми углами падения (55-60°). В участках проявления пострудных обросо-сдвиговых перемещений картина существенно усложняется и наблюдаются случаи выполаживания выклинивающихся частей дуги.

Два других мелких тела пластсобразно-линзовидной формы протяженностью соответственно 35-40 и 100-110 м при мощностях 5-6 м и 10-12 м соответственно залегают друг над другом под "Главной" залежью с примерно одинаковым интервалом в 40-45 м. Они быстро выклиниваются в северном и восточном направлениях. Характер поведения западных и южных окончаний не удается установить в связи с отсутствием соответствующих разведочных подсечений.

Все три рудные залежи залегают в поле гидротермально измененных пород площадью 0,5 кв. км при вертикальной протяженности от первых метров (на флангах залежи) до 150-16 м (в центральной). Особо следует подчеркнуть вертикальную асимметрию ореола метасоматитов по отношению к "Главной" залежи. Подрудная часть метасоматического ореола представлена карбонат-серицит-хлорит-кварцевыми пиритизированными пропилитами мощностью до 100-120 м при различной степени замещения исходных андезитов-базальтовых и андезитовых лав.

Надрудная часть метасоматического ореола представлена серицит-кварцевыми и хлорит-серицит-кварцевыми пиритизированными пропилитами при мощностях в 8-12 раз уступающих таковым подрудного ореола. Ореолы гидротермальных метасоматитов значительно превышают контуры промышленного оруденения и прослеживаются по падению "Главной" залежи после их выклинивания на первые десятки метров.

Надрудные серицит-кварцевые метасоматиты образованы за счет лавово-пирокластических пород дацит-липаритового состава, которые в силу своих физико-механических свойств и наличия в прикровельной части залежи межпластовых отслоений мощностью до 5-6 м с глинками притирания выполняли в процессе многостадийного оруденения экранирующую роль. Как будет показано ниже, экранирующее значение надрудной толщи особо четко выявляется при изучении распределения индикаторных элементов оруденения, когда максимальные и контрастные их содержания концентрируются в подрудной и рудной толщах.

Рудообразующие парагенетические ассоциации, выполняющие "Главную" залежь, представляют собой сложный штокверк, приуроченный к вскаемому боку разлома.

Руды месторождения существенно медноколчеданные с золотом.

По текстурным признакам выделяются следующие основные типы: массивная, вкрапленная, прожилковая, брекчиевидная, колосчатая. Локально проявляются петельчатая, котломорфная и друзовая текстуры. Выделяются определенные морфогенетические типы руд: убоговкрапленные и прожилково-вкрапленные пиритовые, прожилково-вкрапленные халькопирит-пиритовые, прожилково-пятнисто-вкрапленные пирит-халькопиритовые, штокверковые золотосодержащие пирит-халькопиритовые, массивные медноколчеданные халькопирит-пиритового состава, прожилково-вкрапленные пирит-сфалеритовые. В целом наблюдается четкая зональность в распределении типов руд. Штокверковый тип оруденения преимущественно тяготеет к центральной части рудной залежи, а вкрапленный тип оруденения характерен для верхней и нижней ее частей; на западном фланге месторождения отмечаются массивные медноколчеданные руды.

Взаимоотношения между рудослагающими минералами характеризуются многообразием структур: структуры отложения - аллотриоморфнозернистая, гипидиоморфнозернистая, интестициальная, пойкилитовая, метакolloидная; структуры замещения - коррозионная, скелетная, реликтовая, петельчатая, краевых каемок; структуры дробления - катекластическая, порфирукластическая, раскошенная; структура распада - эмульсионная.

Образование руд происходило в условиях малых глубин. Гидротермальный процесс имел многоактивный характер и сопровождался многоактными интратрудными подзаклами. Руды претерпели незначительный пострудный метаморфизм, о чем свидетельствует сохранность реликтовых метакolloидных структур в кварцах различных генераций.

Глава 2. МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Основными видами работ при изучении минералого-геохимических особенностей развития периферических геохимических ореолов Дрмбонского месторождения являлись: а) геохимическое опробование; б) выделение монофракций рудных и нерудных минералов; в) анализ проб и минералов; г) обработка и интерпретация результатов анализов.

Геохимическому опробованию подверглись рудомещающие коренные породы и руды как по поверхности и горизонтам шт. № 3 (75 м) и 4 (725 м), так и по серии из 6 эталонных разрезов, выбор которых определялся согласно разведанности рудных тел на глубину, воз-

возможности вскрытия центральных участков рудных тел и флангов. Геохимические пробы отбирались согласно "Инструкции по геохимическим методам поисков рудных месторождений" (1983) методом "пунктирной борозды" из коренных пород и керна скважин. Интервал опробования варьировал в пределах 0,5-10 м, в зависимости от смены пород, степени гидротермального изменения и тектонических нарушений. Все отобранные геохимические пробы и мономинералы после дробления и истирания были подвергнуты приближенно-количественному спектральному анализу. Золото и серебро анализировались атомно-абсорбционным методом. Главные и типоморфные минералы месторождения анализировались также методом лазерного спектрального микроанализа в лаборатории физико-минералогических исследований ЦНИГРИ (аналитик Н.Г. Кореннова) при помощи лазерного микроанализатора ЛМА-10. Были использованы также результаты количественно-минералогических подсчетов с помощью интеграционного устройства МИУ-1 на поверхности шлифов. Описания минералов, составляющих руды месторождения, приводятся по данным изучения методами минералогического, рентгенометрического, термографического анализов. Оценка сходимости результатов анализов проводилась по методике, изложенной в "Руководстве по предварительной математической обработке геохимической информации при поисковых работах" (1965).

При обработке результатов анализа широко использовались методы математической статистики. Для определения связей между различными величинами применялся метод ранговой корреляции. Парагенетические ассоциации выделялись методом кластерного анализа.

Выделение и оконтуривание моноэлементных и мультипликативных ореолов производилось по трем уровням вероятности появления аномальных содержаний в фоновой выборке с учетом величин стандартного отклонения. Расчет величин показателя зональности первичных ореолов производился согласно формуле (Л.Н. Овчинников, С.В. Григорян, 1970):

$$V_i = \frac{\bar{C}_i}{\sum Me}$$

где $\bar{C}_i$ - среднее содержание элемента в единицах геохимического фона; $\sum Me$ - сумма средних содержаний всех элементов-индикаторов.

Для определения уровня эрозионного среза был использован коэффициент зональности, представляющий собой отношение произведения средних содержаний ореолов надрудных (фронтальных) к подруд-

ным (тыловым) элементам.

С целью выявления относительной значимости оруденения в выявленных аномалиях определялся коэффициент интенсивности оруденения $K_{и}$ (С.В. Григорян, Г.М. Федотова, 1973), равный отношению произведений средних содержаний основных рудных элементов к произведению средних содержаний элементов выноса.

Для объективной оценки выявленных аномалий использовалась методика нормированных оценок рудоносности К.А. Вострокнутова (1972, 1982). Были вычислены единичные нормированные оценки рудоносности (Z_{p_i}) и интегральные для ассоциации рудообразующих элементов (Z_{p_k}) для аномальных и фоновых участков.

Глава 3. МИНЕРАЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ РУД ДРМБОНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Вещественный состав руд в целом прост и не отличается многообразием минеральных видов (таблица № I).

Таблица I

Минеральный состав руд Дрмбонского месторождения

Группы минералов	Гипогенные		Гипергенные
	рудные	нерудные	
Главные	самородное золото, пирит, халькопирит	кварц, кальцит	гидроокислы железа, исландский шпат, малахит, азурит, халькозин, когеллин, борнит
Второстепенные	магнетит, гематит, марказит, галенит, сфалерит, клейофан, борнит, блеклые руды	анкерит, сидерит, доломит, арагонит, несквегонит х/, барит, ломонит х/	
Редкие	мельниковит-пирит, мельниковит, арсенипирит, пирротин, пентландит, никелин х/, рутил		

х/ Впервые на месторождении установлен автором совместно с А.А. Алиевым (1986).

Золото. Выделение *Аи* наиболее четко связывается с ранней кварц-пиритовой и продуктивной кварц-пирит-халькопирит-сфалеритовой

вой стадиями минералообразования. I генерация представлена в виде ультрамелких субмикроскопических образований; II генерация, наряду с тонкодисперсными выделениями, проявлена также и в форме микроскопически видимых зернистых индивидов размером от 0,001 до 0,01 мм в тесной ассоциации с халькопиритом и реже пиритом. Микроскопически различаются золотины золотисто-желтые и светло-желтые; различие оттенков обусловлено наличием примесных компонентов и, прежде всего, *Ag*. Главная масса гипогенного золота в рудах тонкодисперсная, пылевидная.

По данным микрозондового анализа, включения мелких золотинок наблюдаются в полях пирита и халькопирита. Пробность золота варьирует от 62,7 до 95,1. Центры золотинок, как правило, характеризуются максимальной высокой пробностью, края обогащаются серебром, содержания которого в золотишках увеличивается от центра к периферии (3,7-31,0 усл.ед.). Содержание меди варьирует от 0,15 до 9,5%, распределение по всей площади золотинок равномерное. Наиболее обогащенные медью золотины распространены в полях халькопирита.

Довольно часто встречаются более крупные зерна золота (до 0,05-0,1 мм), как продукт перекристаллизации и переотложения золота при изменении окислительно-восстановительного потенциала раствора.

Пирит - наиболее распространенный минерал; характеризуется множеством генераций и структурно-морфологических типов. Ранние образования связаны с процессом дорудного гидротермально-метасоматического изменения вмещающих пород. Значительное развитие получил пирит, составляющий основу серноколчеданных руд, представляющих продукты первой кварц-пиритовой стадии минералообразования. К следующей - III генерации отнесены метакристалльные, порфировидные включения. Пирит IV генерации представлен метакolloидными образованиями, среди которых выделяются: сфероидальный, глобулярный, столбовидный, землистый, коллоидальный индивиды.

По данным микрозондового анализа, встречаются теллур- и серебросодержащий пириты. В некоторых зернах отмечены *Cu* (до 0,03%), *Zn* (0,04%), *As* (до 0,15%), *Co* и *Ni* (до 0,15%).

Халькопирит по распространенности несколько уступает пириту. Проявлен в виде прожилков, гнезд и включений размером от тысячных долей до нескольких мм.

Ранняя генерация связана с проявлениями кварц-магнетит-пирит-халькопиритовой стадии минералообразования. Встречается в ассоци-

ции с пиритом П. Халькопирит П является наиболее распространенной генерацией и образовался в кварц-пирит-халькопирит-сфалеритовую золото-продуктивную стадию.

По данным микросондового анализа, халькопирит зачастую бывает золотосодержащим (до 300 усл.ед.).

Сфалерит в количественном отношении уступает халькопириту. Образует крупные прожилкообразные и гнездовидные скопления и вкрапленность, состоящие из одиночных кристаллов и агрегатных выделений размером от сотых долей до нескольких мм. Во вкрапленных рудах отмечается большое сродство сфалерита с галенитом. Наиболее распространенной формой выделения ранних генераций сфалерита является его мелкая вкрапленность (тысячные и сотые доли мм) в полях халькопирита, реже пирита и кварца. В сфалерите поздних генераций наблюдается тончайшая эмульсионная вкрапленность халькопирита П, редко магнетита.

Борнит развит на относительно глубоких горизонтах КВ фланга месторождения. Количество его незначительно (до 10% объема руды). Наблюдается в виде аллотриоморфнозернистых сростаний с халькопиритом и пиритом.

Магнетит. Количество его в шлифах незначительное. По формам выделяются две генерации. Магнетит I наблюдается в мелких (0,1-0,01 мм) изометричных зернах среди породообразующих минералов. Магнетит П связан с отложением сульфидных минералов.

Рематит обнаруживается в тех же участках, что и магнетит. Количество в шлифах всегда незначительно.

Марказит в рудах месторождения проявляется в трех генерациях. Содержание в руде незначительное, очень редко достигает 5-10% площади шлифа. Чаще всего тяготеет в кварц-магнетит-пирит-халькопиритовой ассоциации.

Галенит тесно ассоциирует с сфалеритом, халькопиритом, пиритом. Самостоятельные выделения в кварце и породах образует крайне скудно.

Мельниковит-пирит, мельниковит, арсенопирит, пирротин встречаются весьма редко, в наибольших количествах.

Пентландит очень редко обнаруживается в халькопирите. Представлен микроскопическими выделениями, являясь, очевидно, продуктом распада "твердого раствора, так называемого халькопентландита.

Никелин - редкий минерал в рудах месторождения, установлен впервые. Наблюдался всего в двух шлифах, отобранных из зоны рас-

пространения продуктивной кварц-пирит-халькопирит-сфалеритовой ассоциации, в зернах халькопирита; размеры включений до 0,05 мм.

Рутил - редкий минерал.

Кварц - один из наиболее распространенных породообразующих и жильных минералов в зонах гидротермального изменения, рудных зонах и жилах. Он характеризуется разнообразными текстурно-морфологическими типами.

Карбонаты очень характерны для руд месторождения. Представлены они кальцитом, анкеритом, сидеритом, доломитом, арагонитом. Кальцит встречается почти повсеместно. Остальные отмечены лишь в отдельных пунктах и в небольшом количестве. Несквегонит весьма редкий минерал в рудах месторождения, обнаружен впервые. В работе приводятся рентгенограмма и термограмма несквегонита, которые почти не отличаются от эталонного.

Барит встречается участками, образуя небольшие таблитчатые агрегатные выделения.

Домонтит - минерал группы цеолитов, установлен впервые. Встречается повсеместно в трещинах субвулканических интрузивов, в жилах пород основного состава и вулканических породах. Рентгенограммы и термограммы мало отличаются от литературных данных.

Гидроокислы железа имеют более широкое развитие по сравнению с другими гипергенными минералами и образовались главным образом за счет пирита, в меньшей степени халькопирита.

Малахит широко распространенный минерал зоны окисления. Чаще встречается в виде примазок.

Азурит встречается редко в виде зернистых или землистых масс натечных форм.

Халькозин, ковеллин, борнит (гипергенный) получили незначительное развитие и являются главным образом продуктами изменения халькопирита.

Исландский шпат - самый распространенный из рассматриваемых здесь нерудных минералов зоны окисления.

Последовательность и температурные условия минералообразования. В основу выделения стадий минералообразования при изучении собственно рудного процесса формирования Дрибонского месторождения нами использовались следующие критерии: изменение состава минеральных ассоциаций; структурно-текстурные особенности руд; признаки внутрирудного метаморфизма, сопровождающегося дроблением, цементацией, пересечением ранних ассоциаций поздними; признаки цик-

личности процесса минерализации; различия физико-химических, температурных параметров. При выявлении последовательности минералообразования изучался характер проявления метакристаллов как рудных, так и нерудных минералов. В исследуемых рудах широкое развитие получили метакристаллы пирита и кварца, являющиеся как бы индикаторами смены физико-химических параметров среды гидротермального минералообразования.

В результате комплексных минералого-геохимических исследований с применением данных минералотермометрии было установлено, что руды Дрибонского месторождения формировались в следующие стадии минерализации: 1) кварц-пиритовую; 2) кварц-магнетит-пирит-халькопиритовую (с золотом); 3) кварц-пирит-халькопирит-сфалеритовую (золоторудную); 4) карбонатную, завершающую процесс минералообразования.

Наиболее ранними образованиями явились серноколчеданные руды с кварцем. Небольшие концентрации тонкодисперсного золота в пиритах этой стадии связаны с метасоматическим его замещением под воздействием золото- и медьсодержащих растворов.

Продукты кварц-магнетит-пирит-халькопиритовой стадии с золотом тяготеют к участкам локализации прожилково-вкрапленных пиритовых руд. В пределах кварц-пирит-халькопирит-сфалеритовой (золоторудной) стадии выделяются три последовательно сформированные ассоциации минералов: кварц-пиритовая, галенит-сфалерит-халькопиритовая, баритовая. Процесс гидротермального минералообразования завершается отложением продуктов карбонатной стадии, представленных марказит-кальцитовой ассоциацией минералов.

Следует отметить, что каждая стадия минералообразования начинается с отложения кварца, сменяющегося сульфидами и сингенетичными карбонатами, за которыми в свою очередь выделялись позднерудные карбонаты. В целом, последовательность образования ассоциаций минералов в пределах каждой стадии минерализации происходила на фоне возрастания щелочности растворов. Из схемы циклического изменения рядов потенциалов ионизации минералов (γ) (рис. I), составленной с использованием расчетных данных В.А. Жарикова (1967), видно, что в процессе гидротермального рудообразования в Дрибонском месторождении кислотно-основные характеристики растворов изменялись циклично. Начало каждой стадии характеризовалось повышенной кислотностью растворов, т.е. низкими значениями pH, постепенно увеличивающимися к концу цикла.

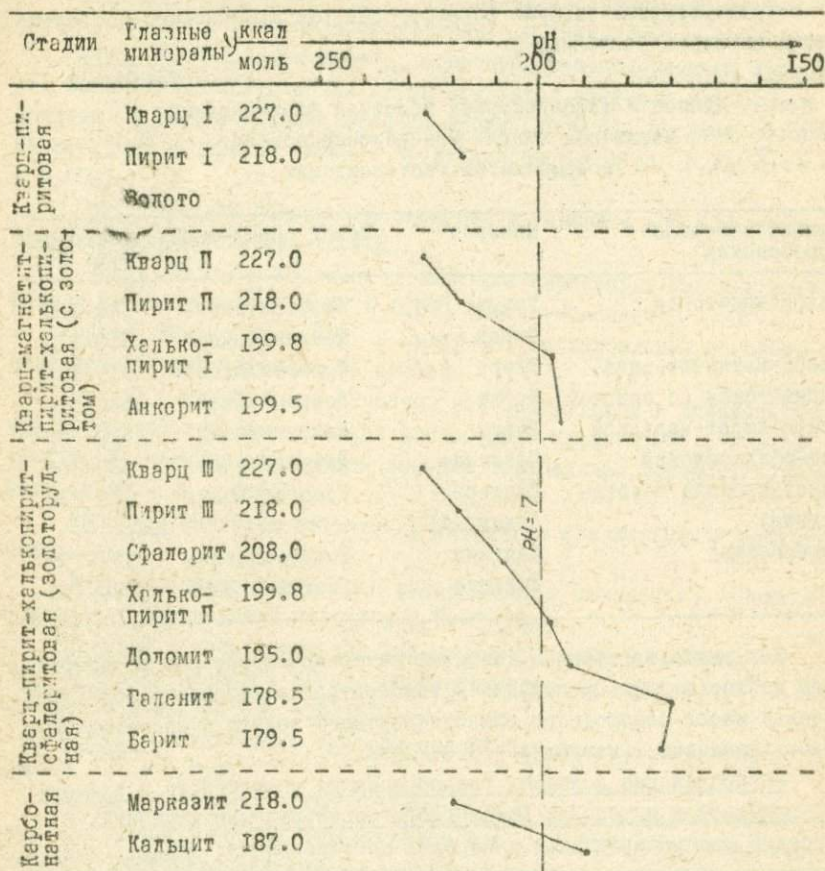


Рис. I. Схема циклического изменения рядов потенциалов ионизации минералов (Y).

Для исследования эволюции теплового режима гидротермальных растворов и температурных параметров образования минеральных ассоциаций методами декрепитации и гомогенизации изучались кварц, кальцит, пирит, сфалерит. Включения в этих минералах относятся к двухфазовым газовой-жидким и представлены первичными, чаще первично-вторичными разновидностями. Размеры включений варьируют в пределах сотых и тысячных долей мм, форма разнообразная. Объем газовой фазы составляет 10-40%. Газово-жидкие включения в минералах

месторождения гомогенизируются в жидкую фазу.

Температурные условия формирования руд Дрмбонского месторождения отражены в таблице 2.

Таблица 2

Данные о температурных условиях формирования различных стадий минералообразования в Дрмбонском месторождении

Стадия минералообразования	Минерал	Метод определения	Температура $^{\circ}\text{C}$
Кварц-пиритовая	Кварц	Декрепитация	340-320
	Пирит	Декрепитация	350-320
Кварц-магнетит-халькопиритовая (с золотом)	Кварц	Гомогенизация	315-305
	Пирит	Декрепитация	320-310
Кварц-пирит-халькопирит-сфалеритовая (продуктивная золото-рудная)	Кварц	Декрепитация	320-300
	Сфалерит	Декрепитация	320-280
Карбонатная	Сфалерит (светлый)	Гомогенизация	270-230
	Кальцит	Гомогенизация	197-195
	Кальцит	Гомогенизация	170-130

Как видно из таблицы, процесс минералообразования на Дрмбонском месторождении происходил в температурном интервале 350-130 $^{\circ}\text{C}$. Главная масса самородного тонкодисперсного золота была отложена в узком диапазоне температур - 320-230 $^{\circ}\text{C}$.

Распределение основных рудообразующих компонентов и элементов-примесей в минералах Дрмбонского месторождения изучалось в наиболее распространенных минералах месторождения: пирите, халькопирите, сфалерите, галените, кварце, кальците, цеолите, каолините, барите. В работе приведена таблица пределов и средних содержаний элементов, а также отношения Ag/Au .

Золото. Изучение минеральных парагенезов показывает, что отложение основной массы Au протекает в две последовательные стадии: с ранними сульфидными (пирит) и поздними сульфидными Cu , Zn , Pb . Минералами-концентраторами Au являются халькопирит, пирит и, в меньшей степени, сфалерит; минералом-носителем - халькопирит. В нерудных минералах наиболее высокие содержания фиксируются в кварце.

Серебро. Содержащие Ag в минералах месторождения крайне низкое. Наиболее высокие концентрации - в галените.

Медь. Помимо халькопирита, основного медьсодержащего сульфида, высокими концентрациями характеризуется сфалерит (до 0,6%, в среднем 0,2%), в меньшей степени пирит (до 0,3%, среднее 0,08%). Из нерудных минералов интерес представляет кварц (до 0,3%, $\bar{X} = 0,06\%$).

Цинк. Среднее содержание элемента в галените - 0,7%, халькопирите - 0,09%, кварце - 0,02%.

Свинец. Высокие содержания элемента характерны для халькопирита и сфалерита - $\bar{X} = 0,05$ и 0,09% соответственно.

Олово. Содержание Sn в минералах месторождения не превышает порога чувствительности анализа.

Мышьяк в сульфидах в основном концентрируется в халькопирите, что позволяет выделить его как типоморфный элемент As , и в галените. Из нерудных минералов высоким содержанием элемента выделяется барит - $\bar{X} = 0,05\%$.

Молибден является нетипичным элементом для минералов месторождения.

Титан довольно равномерно распределен в минералах - средние содержания варьируют в пределах 0,04-0,05%.

Ванадий и хром нетипичны для минералов месторождения.

Мергелец наиболее высоко концентрируется в галените ($\bar{X} = 0,2\%$) и кальцита ($\bar{X} = 0,3\%$).

Барий. Сравнительно высокое содержание фиксируется лишь в пирите ($\bar{X} = 0,05\%$).

Кобальт и никель слабо проявляются в минералах месторождения, что в общих чертах объединяется тем, что сульфиды низкотемпературных месторождений содержат заметно малое количество этих элементов относительно высокотемпературных (И.Я.Овчинников, 1990).

Следует отметить, что во всех сульфидах повышенные содержания элементов - основных компонентов других сульфидов объясняются тесными их субмикроскопическими сростаниями.

Ag/As . Наиболее высокие отношения наблюдаются в халькопирите и галените. В целом тренд уменьшения Ag/As в сульфидах выглядит следующим образом: галенит (8,4) - халькопирит (8,2) - пирит (4,6) - сфалерит (2,5). В кварце отношение Ag/As в среднем составляет 3,6.

Величины Ag/Au типичны для золоторудных месторождений Закавказья (Л.С.Шер, Г.А.Далаян, 1983) и соответствуют условиям средне- и низкотемпературного и близповерхностного минералообразования.

Корреляционный и кластерный анализ позволил выявить парагенетические ассоциации элементов в минералах (табл. 3).

Таблица 3

Парагенетические ассоциации элементов в минералах
Дрмбонского месторождения

Минералы	Парагенетические ассоциации
Пирит	I. Ba, Mn, Ti ; II. Ag, Cu, Pb, As, Au III. Zn, Mo, Co .
Халькопирит	I. Zn, Pb, Ag, Co, V ; II. Mn, Cr, Ti, Cu III. Au, Ba, As, Mo .
Сфалерит	I. Au, Mn, Ti ; II. Cu, Pb, Mo, Co, Zn
Кварц	I. Cu, Pb, Zn, Au .
Кальцит	I. As, Ti, Au ; II. Cu, Ba .

Как видно из таблицы, типоморфными элементами Au , концентрирующегося в основном в халькопирите, являются As и Ba .

Распределение элементов в минералах Дрмбонского месторождения изучалось также и методом лазерного спектрального микроанализа. Пирит характеризуется высокими содержаниями Cu, Ti, Co (последний не был обнаружен спектральным методом). Высокая корреляционная связь характерна для Zn и Ti .

Халькопирит концентрирует Zn, Ti и Ag . Значимая корреляционная связь характерна для Ag и Zn . В сфалерите высоко содержание Cu, Pb, Cd , а в галените - Cu, Zn, Bi, Ag .

Блеклая руда характеризуется очень высокими содержаниями Cu и Sb , что позволяет отнести их к тетраэдриту ($Cu_{12}Sb_4S_{13}$). Относительно повышенные содержания As, Zn, Bi, Mn, Ag также характерны для этого минерала.

Интерес представляет поведение Fe , которое является обычным элементом-примесью во всех сульфидах месторождения, значительно превышая 1%. Высокие содержания Fe в сульфидах, в том числе и в сфалерите, представляют интерес в связи с его использованием в качестве геотермометра (В.В.Крылова, Н.Г.Коренцова, 1981). В низко-

температурных месторождениях содержание Fe не превышает 4 вес% (Е.Г.Рябов, 1977, 1980), что характерно и для Дрыбонского месторождения.

Особенности распределения рудообразующих элементов и элементов-примесей по вертикальному разрезу. Объектом исследования явилась основная рудная залежь, так как промышленная минерализация локализуется в этом рудном теле, а также скрытые скважинами надрудные и подрудные толщи, представленные туфогенными образованиями среднекислого и кислого составов и метасоматитами (последние развиты в приконтактовых с рудным телом зонах).

Золото. Невысокое и равномерное распределение во вмещающих надрудных и подрудных толщах ($K_K = 1,5$ и $2,5$ соответственно) резко увеличивается в рудной залежи ($K_K = 425,0$). Среднее содержание Au здесь 1,7 усл.ед. Наиболее высокой концентрацией характеризуется КВ фланг - здесь по скв. № 50 $\bar{X} = 3,6$ усл.ед.

Распределение частных содержания Au соответствует логнормальному закону, что не противоречит модели отложения дисперсного Au в сульфиде в процессе их совместной кристаллизации (А.М.Гаврилов, 1983).

Серебро. В надрудном интервале содержание Ag невысокое ($\bar{X} = 0,33$ усл.ед.) и в целом стабильное ($K_K = 0,8$). В рудном теле концентрация элемента резко увеличивается, достигая 24 усл.ед. ($\bar{X} = 7$ усл.ед., $K_K = 16,3$). Наиболее высокие значения приурочены к верхам рудной толщи, что характерно и для Au . В подрудной зоне содержание Ag варьирует от 0,5 до 4,0 усл.ед. ($\bar{X} = 0,7$ усл.ед., $K_K = 1,6$).

Медь, цинк, свинец. По распределению близки к Au и Ag . В подрудной и надрудной зоне оно в общем равномерное, без резких перепадов; рудная толща характеризуется сравнительно большими дисперсиями содержаний.

Количественные отношения элементов характеризуются явным преобладанием Zn над Pb при доминирующем положении Cu . $Cu:Zn:Pb = 1:0,5:0,05$ (надрудная), $1:0,02:0,003$ (рудная) и $1:0,5:0,04$ (подрудная толщи).

Олово характеризуется невысокими концентрациями и равномерным распределением.

Висмут, не фиксируясь в надрудной зоне, резко увеличивается в рудной толще - до 44 г/т, $\bar{X} = 10,4$ г/т ($K_K = 4,2$). Четко проявляется приуроченность максимальных значений Bi к верхним гори-

эпитем рудного тела. В подрудной толще вновь концентрация падает до уровня фоча ($K_K = 1$).

Молибден, как и Ві, проявляется в надрудной толще невысокими концентрациями ($K_K = 0,7$). Высокие содержания характеризуют рудное тело - $\bar{X} = 0,006\%$, $K_K = 28$. Распределение неравномерное ($V = 112\%$). Относительно низкие содержания Мо наблюдаются в подрудной толще ($K_K = 2$).

Барий. Проявляет отчетливую тенденцию преимущественного накопления в верхних горизонтах рудного тела, где содержание Ва в отдельных пробах достигает 5% ($\bar{X} = 0,3\%$, $K_K = 20,8$). В надрудной зоне концентрация низкая ($K_K = 0,8$), в подрудной - довольно высокое ($\bar{X} = 0,18\%$, $K_K = 12,3$), т.е. на Дрмбонском месторождении Ва проявляет явно подрудные свойства, что не согласовано с универсальным рядом зональности. Это объясняется главным образом двойственной ролью Ва, который на отдельных колчеданных месторождениях образует хорошо выраженные подрудные ореолы, очевидно в силу ретроградной растворимости барита (Л.Н.Овчинников, С.В.Григорян, 1970).

Кобальт и никель. Со в целом ведет себя, как и основные вышеперечисленные элементы: невысокое содержание в надрудной толще ($\bar{X} = 18$ г/т, $K_K = 0,9$), резкое увеличение в рудном теле ($\bar{X} = 66,5$ г/т, $K_K = 3,3$), вновь понижение концентраций ($\bar{X} = 31$ г/т, $K_K = 1,5$).

Совершенно противоположно поведение Ni, который максимальное проявляется в надрудной ($\bar{X} = 9$ г/т, $K_K = 1,2$) и подрудной ($\bar{X} = 10$ г/т, $K_K = 1,3$) толщах.

Величина отношения Со/Ni в ряду надрудная толща - рудное тело - подрудная толща меняется следующим образом: 1,9-13,9-3,1, что характерно для месторождений этой формации. Так, в ряде медно-колчеданных месторождений Японии отношение Со/Ni в сульфидных рудах, состоящих из халькопирита и пирита, варьирует от 1 до 30 (Т.Канехира, Т.Тацуки, 1973).

Ртуть. В халькопиритовых рудах Hg содержится в небольших количествах (0,018-0,05 г/т). В измененных липарито-дацитовых телах, вытянутых вдоль рудоконтролирующих структур, содержание Hg уменьшается (0,009-0,012 г/т). В относительно повышенном количестве (0,04, реже 0,1-1 г/т) концентрируется в рудах полиметаллического состава, формирование которых обычно связывается с завершающей стадией колчеданного рудообразования. В целом, несмотря на относи-

тельно невысокие содержания, *Hu* можно выделить как типоморфный элемент *Au*, тем более что в шлихах нередко отмечаются знаки киновари в ассоциации с халькопиритом, пиритом, галенитом, сфалеритом, баритом и др.

Ag/Au. Для надрудной толщи характерно уменьшение этого отношения с глубиной ($\bar{X} = 55$). В рудной залежи отношение невысокое, увеличивается по латерали с КВ на СВ ($\bar{X} = 8$). В подрудной толще отношение *Ag/Au* вновь возрастает ($\bar{X} = 70$).

В целом средняя величина в рудах Дрмбонского месторождения характерна для золоторудных месторождений Малого Кавказа (Л.С. Шер, Г.А. Дадаян, 1984).

Пирит проявляется в приконтактовых зонах и в рудной толще содержание его достигает в отдельных зонах 50%. Максимумы приурочены к средней части рудного интервала. Распределение неравномерное.

Халькопирит. Характер распределения почти идентичен пириту. Приурочен к приконтактовым зонам и к рудной толще. Содержание его варьирует в широких пределах - < 1-65%. Максимальные значения - в средней части рудной зоны, аналогично пириту. Распределение также неравномерное и, в общем, коррелируется с пиритом, *Au* и *Ag*.

Для точного выделения характера взаимоотношения *Au* с другими элементами на рудных горизонтах Дрмбонского месторождения и с целью строгого отбора элементов-индикаторов золотого оруденения были проведены корреляционный и кластерный анализы. Изучение корреляционных связей *Au* на разных уровнях показывает, что они сильно меняются по вертикали. Так, значимая отрицательная связь с *Ag* в надрудной толще сменяется в рудной и подрудной тесной положительной. В надрудной толще нет связи *Au* ни с одним элементом. В рудной толще наблюдается связь *Au* с *Bi*, *Mo*, *Ag*, *Ni*, *Pb*. В подрудной зоне сохраняются высокая положительная корреляция *Au* с *Pb*, *Mo*, *Ag*, а также с *Ba*.

Кластерный анализ позволил выделить для всех толщ ассоциации элементов-индикаторов, которые расположены исходя из центробежно-центростремительных, согласно расчетам Ю.Г. Шербакова (1976), свойств.

Надрудная: 1. *Co*, *Ni*, *Au*, *Zn*, *Mo*, *Pb*. 2. *Cu*, *Ag*.

Рудная: 1. *Cu*, *Ag*, *Pb*. 2. *Au*, *Bi*, *Mo*. 3. *Co*, *Sn*.

Подрудная: 1. *Co*, *Ni*, *Ag*, *Pb*. 2. *Cu*, *Mo*, *Sn*.

Глава 4. ПЕРВИЧНЫЕ ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОРЕОЛЫ И ИХ ЗОНАЛЬНОСТЬ

Элементный состав. "Главная" рудная залежь месторождения, сложенная комплексом разновременных рудообразующих сульфидов *Fe, Cu, Pb, Zn*, и самородным золотом с той или иной степенью концентрации серебра, характеризуются также аномальными содержаниями *Co, Ni, Sn, Bi, Mn, Ba, As, Sb, Kf*, которые, как было показано, являются типоморфными индикаторными элементами-примесями золото-медных руд.

Зоны гидротермально измененных пород на поверхности месторождения, а также околорудноизмененные породы "Главной" залежи сопровождаются аномальными ореольными концентрациями рудообразующих компонентов и элементов-примесей, особенности распределения которых в пространстве рассмотрены с точки зрения их использования при геохимических прогнозах, поисках и оценке оруденений данного типа.

Преобладающей формой нахождения элементов в ореолах является сульфидная и, отчасти, изоморфная в окислах, алюмосиликатах, карбонатах, хлоритах гидротермально измененных пород типа кварц-серицитовых и хлорит-серицит-карбонат-кварцевых фаций формации вторичных кварцитов - пропилитов поствулканической прерудной стадии кислотного выщелачивания. Наиболее распространенными рудными минералами ореолов являются сульфиды, в основном пирит, и окислы - магнетит и гематит. Другие рудообразующие сульфиды присутствуют только в непосредственных внутренних зонах околорудных ореолов.

Особенности первичных ореолов в рудной залежи месторождения. Особенности локализации, морфологии и строения первичных ореолов в рудах месторождения изучались на горизонтах штолен № № 3 и 4. В них устанавливается широкая гамма элементов - *Au, Cu, Ag, Ba, Pb, Mo, Co, Ni, As, Sb, Bi* и др. Наиболее контрастные ореолы образуют *Au* и *Cu*; ореолы *Ag* носят избирательный характер. Ореолы распределения *Au* по горизонту штольни № 3 имеют вытянутую форму в запад-северо-западном направлении. Наиболее интенсивные ореолы тяготеют к центральной части рудного тела, совпадая в пространстве с дорудным или (внутрирудным) разрывным нарушением. Фланги рудной залежи и вмещающие метасоматиты в целом характеризуются менее интенсивными ореолами.

По горизонту штольни № 4 распределение *Au* имеет иной характер. Максимальные содержания *Au* приходятся на северный и южный

фланги рудной залежи. Участки развития халькопиритовых руд характеризуются менее интенсивными ореолами. Центральная часть рудного тела характеризуется ореолами минимальных концентраций As .

Поля максимальных концентраций Ag фиксируются на горизонте штольни № 3 и приурочены к центральной части рудного тела. На С-СЗ флангах горизонта штольни № 4 ореолы серебра имеют ограниченное развитие, примыкая или непосредственно располагаясь в участках развития золотопродуктивной кварц-пирит-халькопиритовой ассоциации. В целом они имеют З-СЗ простирание согласно общему структурному плану месторождения.

Ореолы Cu имеют в целом вытянутую форму, согласно простиранию рудной залежи в З-СЗ направлении и характеризуются четким зональным строением. Ореолы с низкими содержаниями Cu соответствуют участкам развития внешних зон серицит-кварцевых и хлорит-серицит-кварцевых метасоматитов с рассеянной минерализацией пирита, а более высокие содержания его расположены во внутренней зоне, примыкающей к контуру массивных руд.

В целом можно отметить сложный характер строения ореолов, высоких концентраций основных металлов в центральной части месторождения, отвечающим участкам развития медноколчеданных руд и максимальной плотности наложенных на них кварц-пирит-халькопиритовых прожилков, образующих штокверковую зону. Здесь Ag по характеру распределения максимальных содержаний аналогично Cu и As , что может трактоваться как факт самостоятельной стадии отложения. Отсутствие же промышленных ореолов Ag в центральной части месторождения в ореолах высокого содержания Cu свидетельствует о незначительном выделении Ag на стадии отложения основной массы медного колчедана.

Для Ag/As отношения наблюдается аналогичная зональность. Минимальные отношения выделяются в центральной части рудной залежи, в целом совпадая с контурами распространения золотопродуктивной ассоциации и максимальными содержаниями As , а максимальные отношения тяготеют больше к краевым контактовым зонам рудного тела.

В целом характер изменения Ag/As отношения крайне сложный, что объясняется нами как результат стадийного развития рудообразования, многократного поступления рудных жидкостей и изменения физико-химических параметров среды. И это, естественно, приводило к явлениям переотложения и перераспределения компонентов в минералах-носителях и концентраторах As и Ag . Об этом же свидетельствуют широкие

вариации пределов величин Ag/Au отношения. Так, по горизонту штольни № 3, расположенной ближе к земной поверхности, пределы величин отношения колеблются от 0,1 до 75, а на относительно более глубоком горизонте штольни № 4 - от 0,01 до 600.

Таким образом, наиболее продуктивная минеральная ассоциация Cu, Au и Ag концентрируется в слабо изученной горными выработками и разведочными скважинами центральной части месторождения, которая по своему геологическому положению соответствует верхам предполагаемого рудоподводящего канала. Поэтому данная площадь рассматривается нами потенциально перспективной на эти металлы, так как ожидается размах оруденения на глубину.

Ореолы Zn, Pb и Mo в целом проявляет зональность такого же характера. На флангах месторождения (вулканические породы среднего основного и кислого составов, а также метасоматиты с вкрапленностью пирита) наблюдаются ореолы минимальных концентраций этих металлов. С приближением к центральной части месторождения, на фоне ореольной полосы минимальных содержаний этих элементов выявлены аномальные поля с высокими содержаниями Zn, Pb и Mo . В подрудных метасоматитах ЮВ фланга в основном развиты ореолы Zn .

Ореолы Co и Ni , подчиняясь общему простиранию рудной залежи, неравномерно распределены на площади месторождения. Наблюдается слабо проявленная зональность, выраженная в увеличении концентраций от флангов к центральной части залежи.

Ореолы As, Sb и Bi представляют собой яркий пример зональности распределения элементов в рудной залежи. Ореолы максимальных концентраций этих элементов приурочены к центральной части месторождения, тогда как ими обеднены ее фланги. Небольшие ореолы высоких содержаний Sb приурочены либо к сколовым трещинам, либо к кровле рудной залежи.

Распределение первичных ореолов в вулканических и метасоматических породах. Изучение ореолов на глубину проводилось по шести вертикальным разрезам.

Как известно, основная рудная залежь локализована в грубообломочных пирокластах кислого состава под экраном лав дацитов и липарито-дацитов. Экранирующим влиянием лав обусловлено резко асимметричное строение ореолов рассматриваемых элементов.

Вокруг рудных тел установлены четкие и интенсивные ореолы $Au, Ag, Cu, Zn, Pb, Mo, Co, Ni, As, Sb, Bi, Sn, Ba$. Непосредственно над рудным телом в лавах, а также в подстилающих метасомати-

ты эффузивах средне-основного состава высокие концентрации не отмечены.

Во вмещающих породах происходит чередование лентовидных ореолов *Au* разной интенсивности и СЗ ориентации. В надрудных и подрудных толщах наблюдается чередование лентовидных ореолов СЗ-ЮВ ориентации, что обусловлено литологическим фактором: переслаиванием вулканогенных и осадочных пород, в различной степени гидротермально измененных.

Максимальные содержания *Cu*, *Zn*, *Pb* наблюдаются непосредственно в рудном теле. Поля высоких концентраций *Zn* и *Pb* отмечаются в метасоматитах восточного фланга и центральной части месторождения. Содержание же *Cu* и *Mo* в метасоматитах во всех направлениях остается постоянным. По разрезу 5 для этих элементов подчеркивается четкая латеральная зональность — ореолы *Cu* и *Mo* тяготеют к СЗ флангу, а *Zn* и *Pb* — к ЮВ флангу разреза.

При рассмотрении распределения ореолов *Ag*, *Co* и *Ni* наблюдается увеличение их содержания только в рудном теле и в метасоматитах. Для *Ag* намечается зональность: надрудные ореолы приурочены к центру и ЮВ флангу разреза, подрудные четко фиксируют СЗ фланг. Для *Co* характерна приуроченность ореолов к СЗ флангу.

Ореолы *As*, *Sb* и *Bi* выявлены на южном фланге рудного тела или же на участках его выклинивания в ЮВ направлении. На остальных участках месторождения эти элементы не обнаружены.

Таким образом можно отметить, что общей особенностью изученных элементов является зональное строение их первичных ореолов. Эта закономерность выражается следующим рядом вертикальной зональности:

Mo - Co - Ni - As - Bi - Cu - Au - Zn - Pb - Ag
(от тыловых зон к фронтальным).

Поля максимальных значений мультипликативных ореолов *Ag × Pb* разбиты в надрудной толще на флангах разреза. Тыловые мультипликативные ореолы *Co × Ni* приурочены к подрудной зоне и тяготеют к СЗ флангу. Наиболее интенсивные значения коэффициента зональности — $K_3 = \frac{Ag \times Pb}{Co \times Ni}$ характеризуют надрудные части разреза ($K_3 > 1$). Ореолы низкой интенсивности ($K_3 < 0,1$) приурочены к тыловым частям разреза.

Анализ особенностей мультипликативных ореолов, построенных по коэффициенту интенсивности ($K_4 = \frac{Au \times Ag \times Cu}{Sn^2 \times Ni}$), показывает, что наиболее интенсивные мультипликативные ореолы

$Mn \times Ag \times Cu$ располагаются над центром рудной залежи. Наиболее высокие значения ($K_4 > 10$), характеризующие промышленную концентрацию, четко фиксируют рудную залежь. Относительно высокие значения коэффициента интенсивности фиксируются в подрудных метасоматитах СВ фланга разреза.

Ореолы Mn , Ag и Pb (элементы I группы) характеризуются линзо- и лентовидной формой субмеридиональной ориентации. Наиболее интенсивные ореолы этих элементов фиксируют проекцию рудной залежи на поверхности и площадь распространения метасоматитов на СВ фланге рудного поля. Наблюдается концентрическая зональность, т.е. ореолы более интенсивные блокируются ореолами меньших содержания.

Cu , Zn и Mo , образуя ореолы такой же формы и ориентации, что и элементы I группы, обнаруживают определенную пространственную несовместимость с ними. Наиболее интенсивные ореолы Cu , Zn и Mo распространены на западном фланге месторождения, не проявляясь над рудной залежью. На СВ участке поля высоких концентраций этих элементов приурочены к полям метасоматитов.

Ореолы аномальных концентраций Co , Ni , а также As , Sb в целом избегают зоны, максимально обогащенные рудообразующими компонентами. По всей вероятности, эти элементы в результате поствулканических рудно-метасоматических процессов были вынесены и перераспределены в околорудном пространстве из участков, содержащих в настоящее время промышленные руды.

Поля максимальных значений мультипликативных ореолов $Ag \times Pb$ на площади месторождения развиты над рудной залежью и на западном фланге, в то время как ореолы $Co \times Ni$ почти не проявляются. Максимальные значения $K_3 = Ag \times Pb / Co \times Ni$ четко фиксируют площадь над рудной залежью месторождения и аномальное поле на СВ фланге рудного поля.

Глава 5. ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ПОИСКОВЫЕ ПРИЗНАКИ И ОЦЕНКА ПЕРСПЕКТИВ РУДОНОСНОСТИ АНОМАЛЬНЫХ УЧАСТКОВ

Повышенные содержания элементов полностью совпадают с контурами рудной залежи, что свидетельствует о привнесении их гидротермальными растворами в процессе рудотложения. Закономерность распределения элементов позволяет в строении частных ореолов выделить внутреннюю зону поликомпонентного комплексного состава ($Cu +$

$Au + Ag + Mo + Co + Ni + Sb + Bi$), тесно сопряженную с корневой частью рудной залежи, и внешнюю зону объединенного элементного состава ($Pb + Zn + As$). Центральная часть месторождения, расположенная над рудоподводящим каналом или вблизи него, может расцениваться как перспективная площадь для отложения Au , Ag , а также Mo , Co , Ni , Sb и Bi . Ореолы же максимальных содержания Zn , Pb и As , концентрирующиеся на флангах месторождения, могут быть поисковым критерием на эти элементы.

В результате анализа геолого-геохимических данных можно выделить комплекс поисковых признаков, позволяющий, на наш взгляд, с определенной степенью вероятности предполагать наличие промышленно значимого оруденения:

- 1) центры кислого вулканизма и связанные с ними структуры типа биклинали;
- 2) разрезы с частым переслаиванием вулканогенных (80%) и осадочных (20%) пород бата;
- 3) протяженные разрывные нарушения СЗ простирания и отходящие от них СВ - субширотные трещины скола и оперения;
- 4) первичные геохимические ореолы;
- 5) гидротермально-измененные породы.

В пределах Дрмбонского рудного поля аномальные участки выделяются на площади месторождения и южнее него на 1,2-1,4 км. На ЮВ фланге месторождения, к востоку от рудной залежи, проявляются интенсивные моно- и мультипликативные ореолы фронтальных элементов. Рудное тело здесь обрывается по разрыву СЗ ориентации. Учитывая это, можно предполагать наличие на глубине слепого рудного тела - апофизы основной рудной залежи, смещенной в результате сброса. Амплитуда смещения и эрозионный срез месторождения позволяют оценить глубину залегания предполагаемого рудного тела 200-250 м от поверхности.

На СВ фланге рудного поля выявляется явная геохимическая аномалия близширотной ориентации с высокими содержаниями Au , Ag , Co , Zn , Pb , Mo ($K_n > 6$ при 10 для промышленных концентраций). Для объективной оценки перспектив геохимической зоны повышенной минерализации этих элементов была применена методика нормированных оценок рудоносности, которая позволила с высокой степенью вероятности отнести геохимическую аномалию к перспективной на обнаружение слепого колчеданно-полиметаллического рудного тела и переоценить тип месторождения с золото-медноколчеданного на колчеданное комбиниро-

важного типа (по классификации В.И.Смирнова, 1969).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты проведенных исследований позволяют сделать следующие выводы:

1. Формирование золото-медноколчеданных руд происходило в 4 стадии: 1) кварц-пиритовую; 2) кварц-магнетит-пирит-халькопиритовую (с *Au*); 3) кварц-пирит-халькопирит-сфалеритовую (золоторудную); 4) карбонатную.

Минералообразование, имеющее циклический характер, происходило в температурном интервале 350-130°C. Золоторудная ассоциация была осаждена в более узком интервале - 320-230°C.

2. Гипогенное золото в рудах тонкодисперсное. Основная масса его связана с ранними минеральными ассоциациями. "Видимое" золото связано с поздней продуктивной ассоциацией. Минералы-концентраторы золота - халькопирит, в меньшей степени пирит и сфалерит, минерал-носитель - халькопирит. Прочность "видимого" золота варьирует от 95,1 до 62,7. Главными примесями в золоте являются *Ag* и *Cu*.

3. Надрудная толща в целом характеризуется меньшей концентрацией рудоиндикаторных элементов, чем подрудная. Максимальная концентрация золота приурочена к верхам рудной залежи.

4. Минерализованные оксидорудноизмененные породы и рудные тела сопровождаются аномальными концентрациями рудообразующих компонентов - *Au*, *Cu*, *Ag*, *Zn*, *Pb*, *Mo*, в меньшей степени ореольных элементов - *As*, *Sb*, *Co*, *Ni*, *Se*, *Ba*. Эти элементы образуют вокруг рудных тел значительные по размерам ореолы. Наиболее распространенная форма нахождения рудообразующих элементов в ореолах сульфидная, в ореольных - изоморфная: в окислах *Fe*, серицитах, хлоритах, карбонатах и кварцах.

5. Наиболее контрастные промышленные ореолы образуют *Au* и *Cu*; ореолы *Ag* носят избирательный характер. Отмечается приуроченность ореолов высоких концентраций этих элементов к центральной части месторождения, отвечающей участкам развития массивных медных колчеданов, что интерпретируется нами как дополнительный факт самостоятельности стадии отложения медно-золото-серебряной ассоциации.

6. Максимальные концентрации *Cu*, *Zn*, *Pb* и *Mo* наблюдаются

непосредственно в рудном теле. Наиболее интенсивные ореолы *Zn* и *Pb* выявлены в метасоматитах восточного фланга и в центральной части месторождения, а распределение *Cu* и *Mo* здесь во всех направлениях остается постоянным. *Sn* и *Ni* образуют ореолы во вмещающих породах (по-видимому, факт переотложения и перераспределения).

7. Общей особенностью изученных элементов является зональное строение их первичных ореолов. Вертикальная геохимическая зональность, отражающая избирательное накопление отдельных элементов в висячем или лежащем боках рудных тел, выражается следующим рядом элементов-индикаторов:

Mo - Co - Ni - Ba - Bi - Cu - Au - Zn - Pb - Ag

"Неестественное" положение *Ba* в ряду обусловлено, вероятно, ретроградной растворимостью барита.

На основании полученного ряда зональности выбран коэффициент зональности (K_3), представляющий собой мультипликативные индикаторные отношения элементов, занимающих полярные позиции. Для Дрмбонского месторождения $K_3 = Ag \times Pb / Co \times Ni$. На месторождении значения $K_3 < 0,1$ соответствуют тыловым участкам; значения $K_3 = 0,1$ - характеризуют участки с промышленным оруденением, а значения $K_3 > 1$ фиксируют фронтальные участки первичных ореолов.

8. Исходя из строения первичных ореолов основных элементов-индикаторов, выявленных на поверхности, можно выделить три группы элементов. Ореолы I группы (*Au, Ag, Pb*) пространственно коррелируют на площади Дрмбонского месторождения и на СВ фланге рудного поля. Ореолы II группы элементов (*Cu, Zn, Mo*), проявляя сходство в этом отношении с элементами I группы на СВ фланге рудного поля, в то же время пространственно с ними разобщены на площади месторождения, не фиксируясь на проекции рудной залежи. III группа элементов (*Cu, Ni, As, Sb*) образует мало контрастные ореолы.

9. Проведенные исследования позволили на Дрмбонском рудном поле выявить три аномальных участка: на южном фланге месторождения, на ЮВ фланге (вероятно, апофиза основной рудной залежи) и обширная аномалия на СВ фланге рудного поля. Последняя была оценена статистическим методом нормированных оценок рудоносности, что позволило с высокой степенью вероятности отнести ее к перспективной на обнаружение слепого колчеданно-полиметаллического рудного тела и переоценить тип месторождения с золотосодержащего

медноколчеданного на колчеданное комбинированного типа.

Ю. При поисках и оценке оруденений Дрибонского типа надо прежде всего иметь в виду, что кроме различных благоприятных структурных и других геологических факторов больше внимания следует обращать на совместное рассмотрение явлений рудной и метасматической зональностей, позволяющих более надежно оценивать уровни и глубину эрозионного среза как месторождений, так и геохимических аномалий.

Опубликованные работы по теме диссертации

1. Металлогения Севано-Карабахской офиолитовой зоны Малого Кавказа. Материалы IX Всесоюзного совещания по металлогении Тянь-Шаня. - ФАН, Ташкент, 1979. Соавторы: Э.С. Сулейманов, Г.Н. Насибов, В.Г. Рамазанов и др.
2. Руды в месторождениях колчеданной формации. Доклады АН АзССР, т. XXVI, № 5, 1980. Соавторы: Т.Н. Насибов, Э.С. Сулейманов.
3. Распределение золота в молодых вулканических формациях центральной части Малого Кавказа. Материалы У Всесоюзного вулканического совещания. Тбилиси, 1980. Соавторы: Э.С. Сулейманов, В.Г. Рамазанов.
4. Металлогения офиолитового комплекса Малого Кавказа (на примере центральной части). Материалы Всесоюзного симпозиума "Эволюция офиолитовых комплексов", Свердловск, 1981. Соавторы: Э.С. Сулейманов, Т.Н. Насибов, Э.А. Велиев, В.Г. Рамазанов.
5. Распределение *As*, *Ag* и некоторых других элементов в двух колчеданных месторождениях Малого Кавказа. Азербайджанский химический журнал, № 2, 1983. Соавторы: Э.С. Сулейманов, Т.Н. Насибов.
6. Особенности распределения золота и сопутствующих элементов в пиритах колчеданных месторождений как поисковый критерий. Материалы III сессии Дальневосточной секции СГПМ, Благовещенск, 1986. Соавторы: М.М. Мамедов, А.А. Алиев, Ш.Д. Мамедов.
7. Оценка геохимической аномалии методом нормирования. Известия АН Армении, Науки о Земле (в печати). Соавтор: М.П. Азланин.

Э.С. Сулейманов

Заказ 9

Тираж 100

Отпечатано на ротапринтном участке ЦНИОН АН Армении
Адрес: Ереван-1, ул.Абовяна, 15.

1932