

1925

НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК РЕСПУБЛИКИ АРМЕНИЯ
ИНСТИТУТ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ НАУК

На правах рукописи

АСЛАНЯН МИГРАН ПАРЭКОВИЧ

ОСОБЕННОСТИ ПЕРВИЧНЫХ ГЕОХИМИЧЕСКИХ ОРЕОЛОВ
КАФАНСКОГО МЕДНОГО И ШАУМЯНСКОГО ЗОЛОТО -
- ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЙ

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

*Формату
Харизма
наименование
профессионального
акт
12.08.93*

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, профессор - Б.Г.Безирганян
(ЕГУ)
- кандидат геолого-минералогических
наук - Г.А.Саркисян
(ИГН НАН РА)
- Ведущее предприятие - Государственное управление по
недрам Республики Армения

Защита состоится - 1993 г. в час. мин.

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

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

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке
Института геологических наук НАН РА

Автореферат разослан - 1993 г.

Ученый секретарь Специализированного Совета,
кандидат геолого-минералогических наук

П.М.Капелянн

Актуальность темы. В условиях наступающей экономической самостоятельности Республики Армения особую актуальность приобретает увеличение запасов цветных металлов и особенно золота. С одной стороны можно прогнозировать рост потребления металлов, а с другой стороны - уменьшение фонда легкооткрываемых месторождений и рудопроявлений.

Данные обстоятельства повышают актуальность исследований в разработке новых и совершенствовании традиционных методов поисков этих металлов.

1925

Интенсификация и повышение экономической эффективности методов поисков и разведки месторождений полезных ископаемых основываются на необходимости развития прогрессивных методов их поисков, разведки и предварительной оценки, в том числе и геохимических. С другой стороны геохимическая информация, полученная в результате проведенных работ может способствовать развитию далеко не совершенной современной теории рудообразования, что в свою очередь, повлечет за собой и дальнейшее усовершенствование геолого-геохимических методов поисков и разведки месторождений полезных ископаемых.


Цель и основные задачи работы - совершенствование и развитие научных основ локального геохимического прогнозирования месторождений изученного типа и разработка на их основе поисково - оценочных критериев выявленных геохимических аномалий.

Для достижения этой цели в процессе работы ставились и решались следующие задачи:

- Установление закономерностей развития первичных геохимических ореолов медноколчеданного и золото-полиметаллического оруденений, выявление их зональностей и построение их объемных геохимических моделей;

- Парагенетический анализ химических элементов с целью выбора оптимальных элементов-индикаторов для данных типов оруденения;

- Изучение поведения элементов-примесей основных рудных минералов в геохимическом процессе и их рациональное использование при проведении поисковых геохимических работ;



- Разработка геохимических критериев для предварительной оценки выявленных аномалий.

Информация, полученная при решении вышеназванных задач, связанных с разработкой рациональной методики геохимических поисков подобных типов месторождений, морфогенетический анализ геохимических ореолов в комплексе с другими методами исследований может явиться существенным фактором при решении генетических и других проблем, связанных с изучением месторождений этих формационных типов.

Научная новизна. 1. В полном комплексе и по единой методике проведено изучение и сделан сравнительный анализ первичных геохимических ореолов двух различных по своим минерало-геохимическим особенностям и формационным характеристикам рудных месторождений, расположенных в пределах единого рудного поля. 2. Для элементов-примесей основных рудных минералов характерно их единообразное зональное распределение, контрастность которой на несколько порядков превосходит аналогичный показатель первичных ореолов. 3. На основе парагенетического анализа элементов-индикаторов обоих типов оруденения выявлены геохимические ассоциации сходных групп элементов, практически одинаково реагирующих на множество локальных условий формирования руд этих месторождений, что свидетельствует о единстве процессов рудообразования и относительной идентичности процессов дифференциации химических элементов в гетерогенном пространстве геохимического поля.

Практическое значение работы. На основании выявленных закономерностей были разработаны качественные и количественные геохимические признаки (или критерии), позволяющие выявить новые аномальные участки, произвести предварительную оценку их перспективности, определить примерное местонахождение рудных тел, провести корректировку дальнейших поисковых работ, что в значительной мере должно способствовать повышению их экономической эффективности. Теоретические выводы, основанные на полученной геохимической информации вместе с другими геолого-геофизическими, петрохимическими и др. данными могут представлять определенный интерес при реше-

нии проблемы рудообразования, которая во многом нуждается в усовершенствовании.

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

1. Первичные геохимические ореолы (как положительные, так и отрицательные), как прямые индикаторы оруденения, во многом определяются конкретными геолого-структурными и физико-химическими условиями локализации оруденения, а также морфологическими особенностями рудных залежей исследованных месторождений.

2. Парагенетические ассоциации химических элементов, а также зональность геохимических ореолов обоих месторождений, вне зависимости от их формационной принадлежности, имеют практически идентичный элементный состав, что свидетельствует о схожести механизма дифференциации химических элементов в пространстве единого аномального гетерогенного геохимического поля.

3. Использование элементов-примесей в минералах с привлечением методических приемов поисковой геохимии позволяет выявить более выдержанные закономерности распределения химических элементов в рудах и первичных ореолах. Разработанные на этой основе критерии характеризуются своей высокой разрешающей способностью при оценке аномалий.

4. Геохимические критерии - коэффициент зональности (K_z) и коэффициент интенсивности (K_n), установленные на основе парагенетического анализа химических элементов, являются весьма объективными и надежными признаками при предварительной качественной и количественной оценке геохимических аномалий.

Фактическая основа работы. В основу диссертации положены материалы, собранные и обработанные автором и при его участии в период работ в составе полевого отряда лаборатории геохимических методов поисков ИГи НАН (с 1986 по 1991 г.г.) на медноколчеданном (Кафан) и золото-полиметаллическом (Шаумян) месторождениях.

В период работы отобрано более 7 тыс. проб коренных пород и 200 минералого-геохимических проб с последующим отбором монофракций основных рудных элементов. Аналитическую основу работ составляют результаты приближенно-количественного спектрального, атомно-абсорбционного и химического анализов. Анализы проводились в Бронницкой ГГЭ ИМГРЭ и в лаборатории спектрального и химического анализов ИГН НАН Армении. Обработка цифровой информации по результатам анализов проведена на ЭВМ в лаборатории математических методов ИГН НАН Армении.

Апробация работы. Основные результаты работ докладывались на конференции молодых научных сотрудников Академии наук Армении (г.Ереван, 1988 г.) и на юбилейной научной сессии, посвященной 100-летию выдающегося исследователя геологии Кавказа К.Н.Паффенгольца (г.Ереван, 1993).

По теме диссертации сдано к опубликованию три работы.

Диссертационная работа изложена на страницах машинописного текста, содержит рисунков, таблиц и состоит из введения, пяти глав, заключения и списка литературы из наименований.

Работа выполнена в ИГН НАН Армении под руководством академика НАН Армении С.В.Григоряна, которому автор выражает глубокую благодарность за постоянную помощь и поддержку.

Автор глубоко признателен Р.С.Симоняну за помощь и ценные советы, оказанные в период написания диссертационной работы. Большое содействие при сборе и обработке геолого-геохимических данных оказали: Р.Г.Оганесян, А.С.Фарамазян, С.О.Ачиктёзян, Р.А.Саркисян, С.А.Зотрабян, Г.Г.Мирзоян, А.А.Авакян, а также руководители и геологи Кафанской ГРЭ - К.А.Агамирян, Э.Б.Геворкян. Автор признателен А.Х.Мнацаканяну, П.М.Калпаянцу, В.А.Саркисяну, Т.А.Калантаряну, Х.В.Хачанову, Х.О.Саргсяну, Г.В.Шагиняну, а также всем товарищам и коллегам, оказавшим участие и содействие в выполнении работы. Автор благодарен А.А.Асламазяну и А.О.Бабаяну за большую помощь в оформлении диссертации.

Глава I. МЕТОДИКА СБОРА ГЕОХИМИЧЕСКИХ ДАННЫХ И ИХ АНАЛИЗ

Методика и технология полевых и лабораторных исследований при изучении первичных геохимических ореолов месторождений Кафан и Шаумян проводились согласно "Справочнику по геохимическим поискам полезных ископаемых" (1990).

Вокруг рудных тел и месторождений формируются ореолы как привноса, так и выноса химических элементов. Ореолы привноса имеют широкое развитие, как правило, обладают большими размерами, большой изученностью и, следовательно, являются более важными в практическом отношении. Их практическое значение обуславливается еще и тем, что они образуются элементами, типоморфными для рудных тел, являясь тем самым прямыми индикаторами последних.

Критерии и методика интерпретации геохимических аномалий вытекают из особенностей распределения химических элементов в рудных телах и околорудном пространстве, что, в свою очередь, определяется конкретными физико-химическими и геолого-структурными условиями локализации оруденения.

Основными видами работ при изучении закономерностей развития первичных геохимических ореолов исследованных объектов являлись: а) геохимическое опробование; б) выделение мономинеральных фракций; в) геохимический и минералогический анализ мономинеральных фракций; г) анализ геохимических проб; д) статистический анализ полученных результатов при помощи СВМ.

Закономерности распределения химических элементов в пределах рудного поля изучались путем поверхностного опробования коренных пород по заранее выбранным профилям, характеризующими, на наш взгляд, особенности развития первичных геохимических ореолов, отраженных на поверхности рудного поля.

Закономерности первичных ореолов на глубину изучались по серии геологических разрезов, вскрывающих как центральные участки месторождений, так и, по возможности, их фланги. Следует отметить, что геометрический выбор разрезов и профилей ориентирован вкрест

развития рудоконтролирующих геологических структур.

Отбор проб в основном проводился методом пунктирной борозды, геолого-экономическая эффективность которого подтверждается работами С.В. Григоряна и Е.М. Янишевского (1968), а также А.З. Адамян (1993).

Интервал опробования, в среднем, составлял 5-10 м; при смене пород из каждой разности отбирались отдельные пробы.

В качестве примера успешного применения элементов-примесей при решении геохимических задач нами были использованы результаты около 200 минералого-геохимических проб месторождения Шаумян. Опробование проводилось на четырех горизонтах (700, 780, 820, 860 м) по всем подсеченным жилам. Пробы отбирались в подземных горных выработках точечно-бороздовым способом с возможным охватом всех разновидностей руд. Выделение мономинеральных фракций и сульфидных концентратов, минералогический анализ проб, а также все аналитические работы выполнены в лабораториях Бронницкой ГТЭ ИМГРЭ.

Все отобранные геохимические пробы были подвергнуты приближенно-количественному спектральному анализу на широкий круг химических элементов медноколчеданного и золото-полиметаллического оруденения. Сжигание проб производилось в пламени сильноточной дуги методом просыпки на дифракционном спектрографе ДФС-13.

Следует отметить, что современный уровень разработки методов спектрального анализа обеспечивает надежное выделение аномалий большой группы элементов: Cu, Zn, Pb, Mo, Ba, Sr, Co, Ni, Mn, Cr, V, Se, Ti, порог чувствительности анализа на которые гораздо ниже их кларков, а также Ag, Cd, Ge, Sn, Be, порог чувствительности которых близок к кларкам. Только для As, Sb, Hg, Te, Au, W порог чувствительности значительно превышает их кларки и поэтому при экспрессном анализе устанавливаются лишь их высокоаномальные содержания.

Оценка качества используемых в диссертации анализов проводилась по методике, изложенной в "Справочнике по геохимическим поискам полезных ископаемых" (1990).

Для подтверждения надежности результатов приближенно-коли-

чественного спектрального анализа проводился контроль воспроизводимости анализа путем повторного анализа зашифрованных проб. Данные анализа проб подвергались дальнейшей обработке только при условии удовлетворительных результатов контроля.

При обработке полученных результатов аналитических исследований использовались методы математической статистики, которые широко известны и неоднократно публиковались. В частности, для определения связи между различными варьирующими величинами, какими являются содержания различных элементов в тех или иных геологических образованиях, применялся метод анализа парной корреляции. Поскольку определенные группы химических элементов более или менее одинаково реагируют на множество локальных условий, то взаимная корреляция между различными элементами может служить одним из критериев для определения природы существующих изменчивостей в геохимическом поле и выбора основных элементов-индикаторов оруденения.

При обработке геохимической информации широко использовались методы построения "мультипликативных ореолов" (частных и общих), а также их различных соотношений (Л.Н.Овчинников, С.В. Григорян, 1971). Сущность построения мультипликативных ореолов заключается в перемножении в каждой пробе содержаний элементов.

Для выделения основных ассоциаций коррелирующихся элементов применялся метод иерархической классификации - одной из разновидностей кластер-анализа с предоставлением результатов в виде дендрографа.

Оконтуривание первичных геохимических ореолов проводилось по общепринятой методике, основанной на сравнении содержаний элементов в породах исследованных участков с параметрами фонового распределения элементов (А.П.Соловов, 1966; С.В. Григорян, Е.Н.Янишевский, 1968).

Зональность первичных геохимических ореолов имеет большое практическое значение, т.к. она используется в качестве критерия оценки уровня эрозионного среза геохимических аномалий.

В качестве оценки зональности ореолов был использован коэффициент зональности (K_z), представляющий собой отношение про-

изведения линейных продуктивностей или средних содержаний ореолов надрудных элементов к подрудным. В данном случае величина K_3 рассчитывалась по средним содержаниям.

Для определения относительной значимости предполагаемого оруденения и оценки выявленных аномалий использовался "коэффициент интенсивности оруденения" $K_{\text{и}}$ (С.В.Григорян, Г.М.Федотова, 1973), равный отношению произведения средних содержаний рудных элементов к произведению средних содержаний элементов с малой дисперсией или элементов выноса для данного типа оруденения.

Вычисление большинства геохимических показателей и коэффициентов проведено на ЭВМ с помощью специально составленных программ совместно с Т.А.Калантаряном.

Глава 2. ГЕОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ИССЛЕДОВАННЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Месторождение Кафан. В геологическом строении месторождения принимают участие средне- и верхнеюрские вулканогенные, вулканогенно-осадочные и вулканогенно-обломочные породы. Оруденение локализовано в толще среднеюрских (байос) вулканогенно-осадочных пород (кварцевые, кварцево-плаггиоклазовые и плаггиоклазовые порфириты и их пирокласты).

С запада на восток территория Кафанского месторождения расчленяется на три крупных блока, благодаря движениям по Башкейдоксу и Мец-Магаринскому околосым нарушениям (С.О. Ачикгёзян, С.А.Зограбян, Р.А.Саркисян, Г.Г.Мирзоян, 1987).

На месторождении оруденение представлено рудными телами двух морфологических типов: жилами и штокверками.

Особенности распределения химических элементов на месторождении изучались по четырем геологическим разрезам и на поверхности. Результаты приближенно-количественного анализа позволили выявить аномальные поля широкого круга химических элементов, та-

ких как медь, серебро, свинец, цинк, мышьяк, висмут, олово, барий, кобальт и др. Наиболее широкие (до 200 м) и контрастные ореолы (коэффициент аномальности более 125) образуют основные элементы-индикаторы медь и серебро; свинец, цинк и мышьяк также образуют широкие (40-60 м) и контрастные ореолы. Максимальные ореольные поля этих элементов пространственно совпадают и довольно четко повторяют контуры рудных тел значительно превосходя последние по размерам. В пределах рудных тел содержания меди колеблются от 0,5 до 1,5%, за пределами рудной залежи, в ближайшем ореольном пространстве - 0,1-0,7%. В более удаленных участках ореольного поля содержания меди колеблются от 0,01 до 0,2%. Содержания серебра, свинца, цинка в ореолах колеблются соответственно - 0,00005-0,0002%, 0,0007-0,007%, 0,05-0,15%. Ореолы мышьяка, висмута и олова образуют поля максимальных концентраций не намного превышающие контуры рудных тел, однако местами они образуют достаточно широкие ореолы.

Элементы семейства железа (марганец, титан, хром, кобальт, никель, ванадий, скандий) перераспределяются в ореолах, образуя пространственно сопряженные ореолы выноса и привноса.

В "отрицательных ореолах" элементы этой группы имеют содержания меньше фоновых в 2-10 раз.

На поверхности первичные ореолы месторождения Кафан изучались путем опробования по серии заранее выбранных профилей (200 x 20 м). После обработки данных составлены моноэлементные и мультипликативные ($Cu \times Ag \times As$, $Pb \times Zn \times Ag$, $Co \times Ni \times V$) геохимические карты. Как и на разрезах, наиболее широкие и интенсивные ореолы образуют медь и серебро, аномалии которых фиксируют все известные рудные участки месторождения. Содержания меди и серебра здесь колеблются соответственно в пределах 0,05-0,2%; 0,00001-0,00005%. Свинец, цинк и мышьяк образуют менее интенсивные и локальные ореолы. Мультипликативные ореолы $Cu \times Ag \times As$ очень высококонтрастны и полностью оконтуривают все участки месторождения, ореолы же построенные по мультипликативным значениям $Pb \times Zn \times Ag$ фиксируют рудные участки и всю центральную часть месторождения, хотя они и менее широкие и интенсивные.

Суммарные ореолы группы $Co \times Ni \times V$ как и по разрезам в основном образуют свои аномалии на безрудных участках, в то время как на участках с продуктивным оруденением их аномалии практически не обнаруживаются.

Месторождение Шаумян. В геологическом строении месторождения участвуют вулканогенные образования средней и верхней юры. Рудовмещающие породы представлены андезито-базальтовыми кварцевыми порфиритами барабатумской серии верхнего байоса. Площадь месторождения фактически совпадает с обнажающимся на поверхности выходом этих пород. Из структурных элементов на месторождении наиболее четко выражены элементы дизъюнктивной тектоники. Площадь месторождения разбита разрывными нарушениями на ряд узких блоков, вытянутых в северо-западном близмеридиональном направлении (С.О.Ачикгёзян, С.А.Зограбян, Р.А.Саркисян, Г.Г. Мирзоян, 1987). Рудные тела представлены крутопадающими жилами близширотного простирания, мощностью 0,5-1,5 м. Протяженность жил 300-500 м.

Обработка результатов приближенно-количественного спектрального анализа геохимических проб по четырем разрезам месторождения Шаумян позволила выявить первичные геохимические ореолы свинца, цинка, меди, серебра, мышьяка, висмута, олова, бария и др. Одним из наиболее широких (до 100-130 м) и интенсивных являются ореолы цинка, свинца и серебра. Содержания цинка в рудных телах составляют 1-3%, в ореолах же 0,6-1,5%. Содержания свинца и серебра в ореолах колеблются в пределах соответственно 0,001-0,2%; 0,00006-0,006%.

Ореолы меди на Шаумянском месторождении также широко проявлены (достигают 80 м) и оконтуривают рудные тела, содержания меди в ореолах составляют 0,05-0,5%, в рудных жилах достигая 1%. Ореолы висмута, мышьяка и олова на Шаумянском месторождении проявлены более значительно, чем на Кафанском; ширина их составляет 15-50 м.

Как и на Кафанском месторождении элементы группы железа (марганец, титан, хром, кобальт, никель, ванадий, скандий) образуют так называемые "отрицательные ореолы", чередующиеся с ореолами привноса этих элементов. Процессы перераспреде-

ния этой группы элементов на Шаумянском месторождении проявлены более глубоко; они широко развиты в пределах всего околорудного пространства.

По поверхности Шаумянского месторождения первичные ореолы опробовались по геохимическим профилям с севера на юг по сетке - 100 x 10. Обработка результатов анализов проб позволила составить как моноэлементные геохимические карты, так и мультипликативные ассоциации элементов $Pb \times Zn \times Ag$, $Cu \times Ag \times As$, $Co \times Ni \times V$. На поверхности проявлены ореолы всех основных элементов-индикаторов, но наиболее широкие и контрастные ореолы образуют цинк, свинец и серебро, аномалии которых фиксируют всю центральную часть месторождения.

Содержания цинка в ореолах на поверхности достигают 0,005-0,1%, свинца 0,001-0,08%, серебра 0,00005-0,003%. Медь образует неширокие весьма локальные ореолы, более значительные на юго-западном фланге месторождения. Построенные по значениям произведения $Pb \times Zn \times Ag$ ореолы имеют высокую интенсивность и ширину, полностью фиксируя всю центральную часть месторождения. Мультипликативные ореолы $Cu \times Ag \times As$ слабоконтрастны и не проявляют четкой пространственной сопряженности с рудными участками месторождения. Аномалии ореолов $Co \times Ni \times V$, как и на Кафанском месторождении, не образуют аномалий на участках с продуктивным оруденением, а перераспределяются и образуют их на северо-западном и южном флангах месторождения.

Глава 3. ФОРМЫ НАХОЖДЕНИЯ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ И ЗАКОНОМЕРНОСТИ ИХ ИЗМЕНЕНИЯ В ПРОЦЕССЕ РУДООБРАЗОВАНИЯ

Минеральный состав руд Кафанского и Шаумянского месторождений достаточно хорошо изучен Э.А.Хачатуряном /1958/, С.С. Вандиным /1961/, Р.Н. Зарьяном /1963/, А.С. Фарамазяном /1974/, М.Г.Добропольской /1974, 1977/, А.Г.Аколяи /1972/, Е.Л.Афанасьевой /1971/, А.И.Каралетяном /1963, 1968, 1982/, В.О.Пароникяном /1967/ и др. Геохимический аспект этой задачи освещен С.В.Григорянсом и В.И.Морозовым /1968/, Б.Г.Безирганяном /1979-80/, К.Р.Варданяном /1980/ и др.

Главные рудообразующие минералы Кафанского месторождения — пирит и халькопирит, второстепенные — галенит, сфалерит, теннантит, энаргит, ковелит, борнит, алтаит, петцит и др. Из жильных минералов в основном встречаются кварц, в подчиненном — кальцит и барит. Минеральный состав руд Шаумянского месторождения представлен в основном сфалеритом, пиритом, халькопиритом и галенитом. В подчиненном количестве присутствуют блеклая руда, петцит, гессит, алтаит, теллурависмутит, самородное золото и др.

Для выяснения форм нахождения основных элементов-индикаторов и элементов-примесей медного и золото-посметаллического оруденений из тяжелой фракции геохимических проб были отобраны минералы-носители элементов: меди, свинца, цинка, золота, серебра, мышьяка, сурьмы, никеля, ванадия, галлия, германия, титана, хрома, висмута, молибдена, селена и теллура. Основная часть меди (до 80%) геохимически связана с серой и железом в халькопирите, остальная (до 20-25%) связана с серой, железом и мышьяком — в халькозине, борните, теннантите, энаргите. Ничтожная часть меди связана в ковеллине, люцоните и, в качестве примеси — в сфалерите, станине и др.

Основным носителем свинца является галенит, кроме того, он входит в состав алтаита, айкинита, бурнонита, розалита, галено-вискутита, англезита и др. Свинец отмечается в мономинеральных пробах сульфидов — халькопирита, пирита, борнита, халькозина и, особенно, сфалерита в виде тонких сростков галенита. Цинк в основном присутствует в виде сфалерита, а также в виде изоморфной примеси в галените, халькопирите, пирите, энаргите, борните и др. На Шаумянском месторождении цинк является одним из ведущих элементов, а на Кафанском — он занимает подчиненное положение.

Основными формами нахождения золота на исследованных объектах являются самородное состояние, в форме минералов теллуридов (петцит, гессит, алтаит, креннерит и др.), в главных рудообразующих сульфидах. Несмотря на то, что главными носителями золота на Шаумянском месторождении являются теллуриды, его главными концентраторами являются — халькопирит (17-20%), галенит (23-25%), пирит (3-10%), сфалерит до 26%.

На рассматриваемых месторождениях серебро образует два типа концентраций в виде собственных минералов - самородное серебро, теллуриды, аргентит, штернберgit в виде примесей в составе сульфидов: халькопирите до 27%, сфалерите до 23%, галените до 27%, пирите до 15%.

Мышьяк и сурьма в рудах месторождений установлены в составе теннитита, энаргита, тетраэдрита, арсенипирита, реальгара, аурипигмента. В мономинералах галенита, сфалерита, пирита и халькопирита устанавливается до 0,1% мышьяка. Наиболее высокие содержания сурьмы связаны с полиметаллическими стадиями минерализаций, где основным минералом-носителем является тетраэдрит.

Наиболее повышенные концентрации никеля и кобальта установлены в пиритах, халькопирите, халькозине, энаргите.

Галлий и германий представлены в сульфидах по убывающему ряду: халькопирит, пирит, галенит, халькозин. Наиболее высокие их концентрации обнаруживаются в сфалеритах.

Титан входит в состав рутила, ильменита; наблюдается повышение содержаний титана по минералогическому ряду: халькозин - галенит - борнит - халькопирит - энаргит - сфалерит - пирит.

Хром в минералах Кафанского месторождения распределен в энаргите, халькозине и несколько возрастает через сфалерит к халькопириту. Самостоятельных минералов хрома не обнаружено. На Шаумянском месторождении хром изредка обнаруживается в составе сульфидов, сульфосолей и окислов.

Висмут довольно характерен для рассматриваемых месторождений, из собственных минералов установлены теллурозвисмутит, тетрадимит и висмутин, образующие микровключения в галените. Намечается следующий убывающий ряд минералов по содержаниям висмута: галенит-халькопирит-сфалерит-пирит.

Молибден присутствует во всех минералах и выявляется следующий убывающий ряд халькопирит-энаргит-халькозин-сфалерит.

Селен довольно характерен для руд рассматриваемых месторождений, содержания которого контролируются, главным образом, поведением серы, которую селен изоморфно замещает в сульфидах и сульфосолях. Самостоятельных минералов селена не установлено.

Уменьшение содержаний происходит по ряду: галенит-сфалерит -

- пирит - халькопирит.

Теллур в рудах исследуемых месторождений проявляется в форме собственных минералов (теллуридов) и в виде примесей в сульфидах и сульфосолях.

Для выявления парагенетических ассоциаций элементов в Кафанском и Шаумянском месторождениях и их пространственного размещения на основе значений коэффициентов корреляции содержаний элементов нами был проведен кластерный R - анализ методом группирования, основанного на средней связности взвешенных пар.

Кластерный анализ был проведен по горизонтам участка "7 - 10" месторождения Кафан, что позволило выделить три основные парагенетические ассоциации химических элементов: 1 - никель, ванадий, кобальт, скандий, хром, титан, марганец, галлий; 2 - медь, серебро, мышьяк; 3 - свинец, олово, мышьяк, цинк, барий, молибден, висмут.

Элементы первой группы практически на всех горизонтах проявляют значимые корреляционные связи, внутри же группы выделяются пары с более сильными связями: хром-никель; титан-ванадий; марганец-скандий; марганец-хром; ванадий-хром; никель-кобальт; ванадий-скандий; титан-хром; галлий-скандий. Вторая группа элементов наиболее четко проявлена на гор. 845, 885, 927, 969 м., однако более устойчивой и ярко выраженной является пара медь - серебро. Третья ассоциация элементов более четко проявлена на верхних горизонтах месторождения. В этой ассоциации наиболее весомые корреляционные связи проявляют пары: свинец-цинк; мышьяк-висмут; свинец-молибден; свинец-висмут.

Формирование наблюдаемых ассоциаций связано, скорее всего, с формой нахождения элементов, при их вхождении в состав одинаковых или близких по минералого-геохимическим и кристаллохимическим свойствам минеральных образований, а также поведением самих химических элементов в различных гипогенных и гипергенных процессах минералообразования. Р.Н.Зарьян выделяет следующие парагенетические ассоциации минералов Кафанского месторождения: 1) пирит, халькопирит, халькозин, борнит; 2) теннантит, энаргит, люцит; 3) офалерит, галенит; 4) тетраэдрит; 5) галенит, галеновисмут.

тит. Полученные геохимические парагенезисы элементов соответствуют вышеприведенным минеральным парагенезисам.

Кластерному анализу были подвергнуты геохимические данные трех горизонтов золото-полиметаллического месторождения Шаумян. Полученные данные кластерного анализа позволили выделить следующие две основные парагенетические ассоциации: 1 - свинец, цинк, серебро, медь, мышьяк, висмут, олово, молибден, барий; 2 - хром, никель, титан, кобальт, ванадий, марганец, галлий, скандий.

Первая группа элементов проявлена на всех горизонтах, однако наиболее ярко эта ассоциация проявлена на верхних горизонтах месторождения. Наиболее весомые корреляционные связи проявляют пары элементов: свинец-мышьяк, серебро-цинк, медь-серебро, медь-свинец, барий-мышьяк.

Вторая группа элементов более характерна для нижних и средних горизонтов месторождения. Наиболее сильные связи в этой ассоциации проявляют пары элементов: хром-никель, титан-галлий, марганец-кобальт, ванадий-скандий, ванадий-кобальт, титан-никель, хром-кобальт, марганец-скандий, ванадий-галлий. На Шаумянском месторождении Р.Н.Зарьяном выделяются пять стадий минерализации: 1. кварц-пиритовая; 2. пирит-халькопиритовая; 3. галенит-сфалерит-халькопиритовая с теллуридами; 4. кварц-карбонатная; 5. ангидрит-гипсовая.

Ассоциация элементов семейства железа (никель, кобальт, ванадий, хром, титан, марганец) характерна для обоих исследованных месторождений, т.е. в пределах Кафанского рудного поля их поведение и формы нахождения довольно близки вследствие их близких физико-химических параметров. На Кафанском месторождении в ассоциации медь, серебро, мышьяк наиболее тесно проявлена связь меди и серебра. По всей вероятности, она обусловлена нахождением основного количества серебра в виде примеси в халькопирите, халькозине и борните. Парагенезис меди и мышьяка связан, в основном, с теннантит-энаргитовой стадией минерализации. В зависимости от концентрации меди, мышьяка и серы образуется теннантит, энаргит или люционит.

Пара свинец-цинк на Кафанском месторождении проявляет весомую корреляционную связь во всех рудных стадиях минерализации,

кроме кварц-пиритовой. Проявление тесной корреляционной связи свинец-висмут скорее всего связано с образованием галенита и галеновисмутита в рудах пирит-халькопиритовой стадии минерализации. Проявленная связь свинца и мышьяка и повышенное содержание висмута в галенитах объясняется также существующим компенсационным изоморфизмом между ионами свинца и висмута. Связь мышьяк-висмут, на наш взгляд, обусловлена схожестью строения внешних электронных оболочек атомов этих элементов. Ча месторождении также проявлены теллуриды этих элементов.

На Шаумянском месторождении кроме ассоциации свинец, цинк, серебро, медь, висмут, олово, молибден, барий ярко выражена ассоциация элементов группы железа. Наиболее сильная связь у свинца с цинком обусловлена широко развитой кварц-галенит-сфалеритовой парагенетической минеральной ассоциацией. Пара свинец-мышьяк также проявляется в кварц-галенит-сфалеритовой ассоциации минералов. Значимая корреляция между цинком и серебром, возможно, обусловлена присутствием серебра в виде примеси в сфалерите, где сосредоточено до 23% серебра.

Как и на Кафанском месторождении, ярко проявлена связь пары медь-серебро, что обусловлено присутствием серебра в халькопирите, где сосредоточено максимальное количество серебра (до 27%).

Итак, на обоих месторождениях проявлены две основные парагенетические ассоциации элементов, первая - хром, никель, титан, кобальт, ванадий, марганец, скандий, и вторая - свинец, цинк, серебро, медь, мышьяк, висмут, олово, молибден, барий, имеющие свои частные специфические особенности.

Выделяя парагенетические ассоциации мы, тем самым, обособлим группы химических элементов, характеризующихся высокой степенью сходства их геологической истории в пространственно-временных границах изучаемых объектов. Исходя из этого, и, принимая во внимание другие геолого-геохимические, физико-химические и морфологические особенности руд и первичных ореолов можно предполагать, что формирование руд (и первичных ореолов) на месторождениях различных формационных принадлежностей, такими являются медноколчеданное месторождение Кафан и золото-полиметаллическое Шаумян является продуктом различных стадий единого рудообразующего процесса.

О единстве процессов рудоформирования месторождений различных формационных типов, заложенных в общих геолого-структурных образованиях, указывается во многих работах Л.Н.Овчинникова и др. /1981/. Это обстоятельство открывает благоприятные перспективы использования результатов парагенетических исследований при оценке месторождений полезных ископаемых.

Глава 4. ЗОНАЛЬНОСТЬ И ПОИСКОВО-ОЦЕНОЧНЫЕ ГЕОХИМИЧЕСКИЕ КРИТЕРИИ ИССЛЕДОВАННЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Зональность ореолов проявляется в изменении относительных концентраций элементов, что обуславливает использование при её характеристике различных индикаторных отношений - коэффициентов зональности, а также в изменении характера и силы корреляционных связей между элементами.

Общей особенностью изучавшихся обогат. месторождений является зональное строение их первичных геохимических ореолов. Наиболее информативна в отношении руденения вертикальная - основная зональность, выраженная в закономерной дифференциации химических элементов по направлению движения рудообразующих растворов.

Анализ корреляционных связей между различными химическими элементами позволил выделить, как показано выше, парагенетические ассоциации элементов, участвующих в формировании вертикальной зональности и образующие между собой существенные положительные связи. Для установления частных рядов вертикальной зональности элементов применялся метод расчета показателя зональности. Обобщенный ряд вертикальной зональности для месторождения Кафан имеет вид (снизу-вверх): $V, Ti, Mn, Cu, Co, Bi, Sb, Sc, Ni, Cr, As, Ga, Sn, Zn, Ag, Pb, Ba$.

Из приведенного обобщенного ряда можно сделать вывод, что на нижних горизонтах месторождения преимущественным развитием пользуются элементы - ванадий, титан, марганец, медь, кобальт, висмут, сурьма, скандий, никель, хром, в то время как верхние горизонты обогащены мышьяком, галлием, цинком, серебром, свин-

цом, барием.

Изучение характера вертикальной зональности элементов в перличных ореолах месторождения Шаумян также проводилось с помощью расчета значений показателя зональности.

В результате усреднения частных рядов, полученных по отдельным разрезам, нами выведен обобщенный ряд вертикальной зональности элементов для месторождения Шаумян, который имеет следующий вид (снизу-вверх): $Cu, Co, V, Sn, Ga, Bi, Ni, Sc, Cr, Mn, Ti, Ag, Pb, Zn, Ag, Ba$.

Анализ вышеприведенного ряда показывает, что первичные ореолы на нижних горизонтах более обогащены такими элементами как медь, кобальт, ванадий, олово, галлий, висмут, никель, скандий. Комплекс элементов таких как марганец, титан, хром характерен для горизонтов средних уровней, т.е. для среднерудного уровня, в то время как мышьяк, свинец, цинк, серебро и барий проявляют на описываемом месторождении явно надрудный характер.

Эмпирический (обобщенный) ряд зональности элементов в первичных ореолах Кафанского рудного поля представляется в виде: $V, Cu, Co, Bi, Mn, Ti, Ni, Cr, Sc, Sn, Ga, As, Zn, Pb, Ag, Ba$.

Использование вертикальной геохимической зональности первичных ореолов затруднено на стадии детальных разведочных работ, когда возможность опробования рудовмещающих пород для изучения первичных ореолов ограничена. В подобных случаях могут быть использованы результаты опробования рудных тел с привлечением элементов-примесей основных рудных минералов.

В результате опробования рудных жил и ореолов проведено изучение зональности элементов-примесей в основных рудных минералах на месторождении Шаумян.

Элементы-примеси изучались в мономинеральных пробах пиритов, халькопиритов, галенитов и сфалеритов, выделенных из рудных проб (гор. 700, 780, 820, 860 м.).

Установлено, что от верхних горизонтов к нижним, как в плоскости отдельных жил, так и для месторождения в целом, концентрации элементов-примесей в минералах претерпевают существенные изменения.

Для установления закономерностей распределения элементов-примесей и, в частности их вертикальной зональности, для основных минералов отдельных жил применялся коэффициент контрастности (K_K). Были составлены ряды зональности, где слева направо происходит закономерная смена элементов-примесей (таблица I).

Статистическая обработка вертикальных рядов зональности элементов - примесей в минералах позволила вывести обобщенный ряд минералого-геохимической вертикальной зональности основных рудных минералов. Как видно из табл. I, распределение элементов-примесей в минералах в большинстве случаев повторяет зональность элементов-примесей по валовым пробам, но контрастность зональности на несколько порядков выше той же её характеристики, полученной по валовым пробам. Приведенные данные показывают принципиальную возможность и целесообразность использования особенностей распределения элементов-примесей различных минералов для повышения контрастности зональности.

Как известно, для оценки оруденения на глубину (Григорян С.В., 1987), а также оценки эрозионного среза геохимических аномалий используется коэффициент геохимической зональности, представляющий собой отношение средних содержаний элементов, занимающих полярные позиции в ряду зональности. Однако каждое месторождение характеризуется своими специфическими, присущими только ему особенностями дифференциации химических элементов в пространстве, зависящими от физико-химических, геолого-структурных и прочих условий формирования объекта. По этой причине положение того или иного химического элемента в статистически выведенных рядах зональности может носить случайный характер, не отражающий истинного места элемента в процессе дифференциации, а коэффициент зональности (K_Z), рассчитанный без учета вышеназванных причин, не будет иметь максимальную контрастность, столь необходимую при решении тех или иных геохимических задач. Этого недостатка, на наш взгляд, можно избежать, применяя в качестве составляющих коэффициента зональности парагенетические ассоциации химических элементов, более или менее одинаково реагирующих на изменения физико-химических условий среды.

Зональность элементов-примесей в основных рудных
минералах Шаумянского месторождения

Таблица I

Минерал-носитель	Ряды зональности элементов-примесей рудных минералов	Мультипликативные коэффициенты геохимической зональности элементов - примесей	Коэффициент контрастности мультиминеральной зональности
Сфалерит	Cd, Bi, Cu, Ga, Ge, Au, Se, Te, Pb, Ag, In	$\frac{In \cdot Ag \cdot Pb \cdot Te \cdot Se \cdot Au}{Ge \cdot Ga \cdot Cu \cdot Bi \cdot Cd}$	$\text{п} \cdot 10^4$
Халькопирит	Bi, Cd, Ge, Ga, Au, Te, Se, Zn, Ag, Pb, In	$\frac{In \cdot Pb \cdot Ag \cdot Zn \cdot Se}{Te \cdot Au \cdot Ga \cdot Ge \cdot Cd \cdot Bi}$	$\text{п} \cdot 10^4$
Пирит	Bi, Cu, Au, Cd, Se, Te, Ga, Pb, Ag, Zn, In	$\frac{In \cdot Zn \cdot Ag \cdot Pb \cdot Ga}{Te \cdot Se \cdot Cd \cdot Au \cdot Cu \cdot Bi}$	$\text{п} \cdot 10^5$
Галенит	Bi, Cu, Cd, Ga, Zn, Se, Au, Te, Ag, In	$\frac{In \cdot Ag \cdot Te \cdot Au \cdot Se}{Zn \cdot Ga \cdot Cd \cdot Cu \cdot Bi}$	$\text{п} \cdot 10^4$
По обобщенному ряду элементов в сумме сульфидов	Bi, Cd, Cu, Ge, Ga, Au, Se, Te, Zn, Pb, Ag, In	$\frac{In \cdot Ag \cdot Pb \cdot Zn \cdot Te \cdot Se}{Au \cdot Ga \cdot Ge \cdot Cu \cdot Cd \cdot Bi}$	$\text{п} \cdot 10^6$
Валовые пробы	Bi, Cu, Au, Te, Ge, Ga, Se, Cd, Ag, Pb, Zn, In	$\frac{In \cdot Zn \cdot Pb \cdot Ag \cdot Cd \cdot Se}{Ga \cdot Ge \cdot Te \cdot Au \cdot Cu \cdot Bi}$	$\text{п} \cdot 10^2$

Примечание: коэффициент контрастности мультиминеральной зональности равен:
сфалерит ($\text{п} \cdot 10^4$) x халькопирит ($\text{п} \cdot 10^4$) x
x пирит ($\text{п} \cdot 10^5$) x галенит ($\text{п} \cdot 10^4$) = $\text{п} \cdot 10^{17}$

Исходя из вышесказанного, нами, в качестве коэффициента зональности, как одного из критериев зональности оруденения, было принято отношение $\frac{Pb \times Ag}{Co \times Ni}$, имеющее максимальную контрастность и характеризующее различные уровни оруденения месторождения Кафан (табл.2).

Аналогичные рассуждения позволили рассчитать коэффициент зональности и для Шаумянского месторождения $\frac{Ba \times As}{Co \times Ni}$ (табл.2). В этом случае контрастность достигает более восьми порядков.

Другим, несомненно важным критерием оценки геохимических ореолов является т.н. коэффициент интенсивности оруденения ($K_{и}$).

Коэффициентом интенсивности оруденения мы считаем величину, значений которой характеризуют в условных единицах возможную "силу" процесса, приведшего к концентрированному оруденению. Для месторождения Кафан за такую величину принято отношение - $\frac{Sm \times Ag \times As}{Co \times Ni \times V}$, а для месторождения Шаумян - $\frac{Pb \times Zn \times Ag}{Co \times Ni \times V}$ (табл.2). Интересно отметить, что в обоих случаях в знаменатель коэффициента интенсивности входит произведение оксидов кобальта, никеля и ванадия, образующих парагенетическую ассоциацию элементов-антагонистов общую для двух разных типов оруденения.

Таким образом можно сказать, что установленные в процессе работ закономерности (состав ореолов, ведущие геохимические ассоциации, зональность геохимических ореолов и элементов-примесей в рудных минералах, критерии зональности) могут использоваться при интерпретации и оценке аномалий как в пределах Кафанского рудного поля, так и за его пределами.

Глава 5. ПРИМЕНЕНИЕ ГЕОХИМИЧЕСКИХ ПОИСКОВЫХ ПРИЗНАКОВ ПРИ ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТАХ НА КАФАНСКОМ РУДНОМ ПОЛЕ

Геохимические поисковые признаки гидротермальных месторож-

Значения коэффициентов зональности и интенсивности в метрике
известных рудных тел и зон месторождений Кафан и Шаумян

Таблица 2

Уровни оруденения	Коэффициент зональности		Коэффициент интенсивности	
	Месторождение Кафан	Месторождение Шаумян	Месторождение Кафан	Месторождение Шаумян
	$\text{Pb} \times \text{Ag}$	$\text{Ba} \times \text{As}$	$\text{Cu} \times \text{Ag} \times \text{As}$	$\text{Pb} \times \text{Zn} \times \text{Ag}$
	$\text{Co} \times \text{Ni}$	$\text{Co} \times \text{Ni}$	$\text{Co} \times \text{Ni} \times \text{V}$	$\text{Co} \times \text{Ni} \times \text{V}$
Надрудный	$\text{п.} 10^3 - \text{п.} 10^2$	$\text{п.} 10^6 - \text{п.} 10^4$	$\text{п.} 10^2 - \text{п.} 10^3$	$\text{п.} 10^2 - \text{п.} 10^3$
Верхнерудный	$\text{п.} 10^2$	$\text{п.} 10^4 - \text{п.} 10^2$	$\text{п.} 10^3 - \text{п.} 10^4$	$\text{п.} 10^3 - \text{п.} 10^4$
Среднерудный	$\text{п.} 10^2 - \text{п.} 10^1$	$\text{п.} 10^2 - \text{п.} 10^1$	$\text{п.} 10^4 - \text{п.} 10^5$	$\text{п.} 10^4 - \text{п.} 10^5$
Нижнерудный	$\text{п.} 10^1 - \text{п.} 10^0$	$\text{п.} 10^1 - \text{п.} 10^0$	$\text{п.} 10^2 - \text{п.} 10^3$	$\text{п.} 10^2 - \text{п.} 10^3$
Подрудный	$\text{п.} 10^0 - \text{п.} 10^{-2}$	$\text{п.} 10^0 - \text{п.} 10^{-2}$	$\text{п.} 10^2$	$\text{п.} 10^2$
K_2 max.	10^5	10^8		
K_2 min.				

дений определяются особенностями строения их первичных ореолов. Значительные размеры ореолов создают благоприятные условия для выделения с помощью бурения по более редкой сети скважин участков, перспективных на слепое оруденение.

С рудными телами пространственно наиболее тесно коррелируются первичные ореолы основных компонентов руд (медь, серебро, свинец, цинк и др.).

Особое значение имеет мультипликативный коэффициент зональности (K_z), рассчитанный на эталонных объектах, который оказывает существенную помощь при предварительной оценке выявленных аномалий (табл.2). Наиболее перспективными для обоих типов оруденения являются аномалии, где значения $K_z > п \cdot 10^2$, в то время как значения $K_z < п \cdot 10^1$ характерны для корневых участков первичных ореолов; следовательно поисковые работы следует корректировать с учетом направления увеличения этого коэффициента. Промышленное оруденение для обоих типов месторождений характеризуется значениями коэффициента интенсивности ($K_{ин}$) - $п \cdot 10^3$ - $п \cdot 10^5$ (табл.2). Меньшие значения $K_{ин}$ указывают на отсутствие промышленно значимого оруденения.

Для оценки перспектив медного оруденения на глубину с помощью выявленных геохимических критериев оценивались глубокие горизонты месторождения Кафан. В частности, обработка данных по горизонту 853 м на участке "Перевальный" позволила выявить ряд геохимических аномалий, из которых по значениям K_z и $K_{ин}$ наиболее перспективными на обнаружение промышленного оруденения на глубину отнесены три аномалии (I, П, Ш), где K_z имеет значения $> п \cdot 10^2$, а $K_{ин}$ - $п \cdot 10^3$ - $п \cdot 10^4$. Полученные геохимические данные по гор. 800 м участка "Айрапет" обнаруживают целый ряд геохимических аномалий, осконтуренных по значениям K_z и $K_{ин}$, часть из которых совпадает с уже известными рудными зонами; однако выявлены четыре аномалии, которые по значениям K_z ($п \cdot 10^2$ - $п \cdot 10^4$) и $K_{ин}$ ($п \cdot 10^3$ - $п \cdot 10^4$) отнесены к перспективным на обнаружение промышленно значимого оруденения на глубине.

На месторождении Шаумян по изученному разрезу I-I' на гор. 700 м обнаружены аномалии, которые по значениям K_z ($п \cdot 10^4$ - $п \cdot 10^5$) и $K_{ин}$ ($п \cdot 10^4$) оцениваются как перспективные для обнаружения новых

рудных жил ниже гор. 700 м.

Таким образом, вышеприведенные критерии могут позволить выявить новые и подтвердить ранее выявленные рудные образования и предварительно оценить их без дополнительных затрат.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенные исследования геохимических особенностей обоих месторождений позволяют сделать следующие основные выводы:

1. Методика использования геохимических признаков при поисках и разведке рудных тел в пределах Кафанского рудного поля должна опираться на особенностях развития их первичных ореолов, которые в существенной степени определяются геолого-структурными и физико-химическими условиями формирования оруденения.

Оба исследованных месторождения сопровождаются первичными геохимическими ореолами полиэлементного состава. В них установлены аномальные концентрации меди, серебра, цинка, свинца, мышьяка, висмута, олова, бария, кобальта, никеля, ванадия, хрома, титана, марганца, галлия, скандия, молибдена. Подавляющее большинство элементов образует ореолы привноса (накопления); часть элементов (марганец, титан, хром, кобальт, никель, ванадий, галлий, скандий) перераспределяются в ореолах, образуя пространственно сопряженные ореолы выноса и привноса.

2. Вне зависимости от формационной принадлежности изученных месторождений, их первичные геохимические ореолы обладают довольно схожей вертикальной (осевой) зональностью (снизу-вверх): V, Cu, Co, Bi, Hn, Ti, Ni, Cr, Mo, Se, Sn, Ga, As, Zn, Pb, Ag, Ba.

3. Выявление корреляционных связей между элементами, являющимися одним из критериев определения природы существующих изменчивостей в гетерогенном геохимическом поле позволяет на основе парагенетического анализа выделить ассоциации генетически взаимосвязанных элементов, более или менее одинаково реагирующих на множество локальных условий формирования руд.

Установлено, что на обоих месторождениях проявлены две основные парагенетические ассоциации элементов: 1 - медь, серебро, мышьяк, свинец, цинк, висмут, олово, молибден, барий; 2 - хром, никель, титан, кобальт, ванадий, марганец, скандий. Выделенные парагенетические ассоциации представляют собой группы элементов, характеризующихся высокой степенью сходства их геологической истории в пространственно-временных границах изучаемых объектов, что, с учетом ряда других факторов, позволяет предполагать, что формирование руд (и первичных ореолов) на месторождениях различной формационной принадлежности (Кафан, Шаумян) является продуктом различных стадий единого рудообразующего процесса.

4. Результаты изучения закономерностей распределения элементов-примесей в сульфидных минералах позволили выявить зональное их распределение, довольно близкое для различных минеральных форм. Контрастность зональности элементов-примесей в минералах на несколько порядков выше контрастности зональности по валовым (рядовым) пробам, что приводит к увеличению критерия глубинности поисков рудных тел.

5. Установленный на основе парагенетического анализа химических элементов комплекс качественных и количественных характеристик медноколчеданного ($K_3 - \frac{Pb \times Ag}{Co \times Ni}$ и $K_{II} - \frac{Cu \times Ag \times As}{Co \times Ni \times V}$), и золото-полиметаллического ($K_3 - \frac{Ba \times As}{Co \times Ni}$ и $K_{II} - \frac{Pb \times Zn \times Ag}{Co \times Ni \times V}$)

оруденений позволяет надежно определять положение выявленных геохимических аномалий относительно ожидаемого оруденения и его промышленную значимость.

6. Выявленные особенности состава и строения первичных геохимических ореолов с успехом могут быть использованы при поисках описываемых типов месторождений и рудопроявлений в пределах Кафанского рудного поля, а также за его пределами. Применение рекомендуемой методики при проведении поисково-разведочных работ позволит существенно сократить объем горно-буровых работ и достичь значительного экономического эффекта.

Настоящая работа основывалась на геолого-структурных, минералогических и др. изысканиях известных исследователей Кафанского рудного поля: К.Н.Паффенгольца /1930-60/, Ю.А. Арапова /1940-50/, С.С.Ванюшина /1943-65/, Б.С.Вартапетяна /1943-60/, И.Г.Магакьяна /1947-58/, С.С.Мкртчяна /1944-60/, А.Т.Асланяна /1949/, В.Т.Акопяна /1955-60/, А.Е.Кочаряна /1960-75/, Э.А.Хачатуряна /1958/, Э.Г.Малхасяна /1960-70/, Г.О.Григоряна /1960-70/, Р.А.Мандаляна /1960-70/, Л.Г.Тер-Абрамяна /1979-85/, А.С.Аванесяна /1980-90/ и др.

РАБОТЫ АВТОРА ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Элементы-примеси в минералах как индикаторы геохимической зональности (на примере Шаумянского месторождения). - Изв. АН Армении, Науки о Земле, 1993, № 2 (в печати). Соавтор - С.В.Григорян.
2. Парагенетические ассоциации элементов и их пространственное распределение в пределах Кафан-Шаумянского рудного узла. - Изв. АН Армении, Науки о Земле (в печати). Соавторы - Р.С.Симонян, Х.В.Хачанов.
3. Оценка геохимической аномалии методом нормирования. - Изв. АН Армении, Науки о Земле (в печати). Соавтор - Х.В.Хачанов.

Заказ 8

Тираж 100

Отпечатано на ротационном участке ЦНИОН АН Армении

Адрес: Ереван-1, ул. Абовяна, 15.

1925