

МИНИСТЕРСТВО ГЕОЛОГИИ СССР
КАВКАЗСКИЙ ИНСТИТУТ МИНЕРАЛЬНОГО
СЫРЬЯ им. А.А.ТВАЛЧЕЛИДЗЕ

Для служебного пользования

экз. № 42

На правах рукописи

ЗАРЬЯН Ромик Наиревич

УДК 550.42; 553.41; 549.12; 553.2

ГИДРОТЕРМАЛЬНЫЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ КАПАНО-ЗАПЕЗУРСКОЙ
ОБЛАСТИ МАЛОГО КАВКАЗА

(Минеральные ассоциации, геохимия, генезис и
прогнозная оценка оруденения)

Специальность 04.00.14 - геология, поиски и разведка руд-
ных и нерудных месторождений.

Автореферат

диссертации на соискание ученой степени
доктора геолого-минералогических наук.

Тбилиси - 1987

Работа выполнена в лаборатории геохимии Института геологических наук АН Армянской ССР.

Официальные оппоненты:

доктор геолого-минералогических наук, профессор

Т.В.Иваницкий (ГИН);

доктор геолого-минералогических наук, профессор

Э.А.Сагателян (ЕПИ);

доктор геолого-минералогических наук

В.В.Науменко. (ИГЕМ)

Будущая организация - Управление геологии Армянской ССР

Защита диссертации состоится "29" мая 1987 г.
в "11⁰⁰" часог на заседании специализированного совета
Д 071.16.01 Кавказского института минерального сырья им.
А.А.Твалчредидзе Мингео СССР. 380062, г.Тбилиси, ул. Ца-
лишвили, 85.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Кавказского института минерального сырья.

Автореферат разослан "20" апреля 1987 г.

Ученый секретарь специализированного *Н.И.Хамхадзе*
совета, кандидат геолого-минералогических наук Н.И.Хамхадзе

Введение

Актуальность работы. Кафаново-Зангезурская область Малого Кавказа, имеющая площадь 9 тыс. кв. км, охватывает Зангезурский и Кафановский рудные районы, а также прилегающие части Азербайджанской ССР. Она является одним из важных горно-рудных регионов Советского Союза.

Прогнозная оценка перспективности месторождений и рудных полей области Малого Кавказа, большей частью покрытой покровами лав, является актуальной проблемой, решение которой требует проведения систематических специализированных поисково-съемочных, геологоразведочных и научно-исследовательских работ.

Основная цель работы — установление закономерностей формирования и размещения гидротермальных месторождений различных рудных формаций в пределах юго-восточной части Малого Кавказа как основы научного прогнозирования перспектив эндогенного оруденения.

Для достижения поставленной цели были решены следующие задачи:

- геологическая обстановка и структурные условия локализации месторождений различных рудных формаций;
- петрохимические и геохимические особенности пород разновозрастных магматических комплексов в связи с их рудностью;
- минералогическо-геохимические особенности руд, физико-химические условия формирования парагенетических ассоциаций минералог и метасоматических фаций, закономерности распределения металлов в различных стадиях минерализации;
- роль тектоно-магматических процессов в формировании гидротермальных месторождений;
- вопросы комплексного использования медно-молибденовых, золото-сульфидных, медных и полиметаллических руд.

Экспериментальным путем получены:

- изоморфный ряд промежуточных соединений между дисульфидом и диселенидом молибдена;
- искусственный теллуриат свинца — данхемит.

В результате составлена прогнозная карта гидротермальных месторождений и разработаны рекомендации по направлению дальнейших поисково-съемочных, геологоразведочных и научно-исследовательских работ.

Научная новизна работы.

1. В рудах гидротермальных месторождений обнаружена большая группа гипогенных и гипергенных минералов, относящихся к различным многокомпонентным физико-химическим системам парагенетических ассоциаций самородных элементов, теллуридов, сульфидов, сульфосолей, окислов, сульфатов, карбонатов и др.

Установленные оптические константы и термоэлектродвижущие силы (ТЭДС) ряда рудных минералов имеют методическое значение и могут быть использованы при минералогических исследованиях.

2. В рудах месторождений различных формаций обнаружены значительные концентрации благородных и редких элементов. Обоснована целесообразность их извлечения попутно с основными компонентами.

3. Экспериментально установлены:

- ограниченный анионный изоморфизм между серой и селеном в решетках молибденитов;

- образование теллуриата (данхемита) вместо теллуриита при окислении металлического теллура.

4. Выявлены и закартированы глубинный Крас-Чакатенский и оперяющий его Шихаохский разломы, служившие магмо- и рудоподводящими каналами при формировании Цавского гранитоидного интрузива и одноименного медно-молибденового месторождения.

5. Установлен раннемеловой возраст оруденения Цавского, Кафанского и Шаумянского месторождений, парагенетически связанных с глубинными теплоактивными рудоносными очагами основной магмы.

6. Для Кафано-Зангезурской области составлена карта размещения рудных месторождений и перспективных площадей трех категорий в масштабе 1:50 000.

Основные защищаемые положения.

Анализ результатов многолетних комплексных геологических и экспериментальных исследований позволяет обосновать следующие защищаемые положения.

1. В течение отдельных этапов тектоно-магматической активности, сопровождавшихся последовательно эволюционирующей магматической деятельностью, в пределах Кафано-Зангезурской области формировались эндогенные месторождения различных генетических типов. Они относятся к геосинклинальному и орогенному этапам развития, а также периоду тектоно-магматической активизации, охватывая киммерийскую и альпийскую металлогенические эпохи от юры до ран-

него плиоцена включительно.

Фоновые содержания главных рудообразующих элементов (молибдена, меди, цинка, свинца), имеющих гидротермальное происхождение, в магматических комплексах области не могут быть использованы в качестве индикаторов или критериев их "металлогенетической специализации".

2. В месторождениях всех рудных формаций Кафано-Зангезурской области выделяются восемь главных многокомпонентных систем парагенетических ассоциаций минералов, образовавшихся последовательно и проявленных с различной интенсивностью:

железо - сера - кислород (магнетит, гематит, пирит, марказит, пирротин);

молибден - сера - кислород (молибденит, кварц);

медь - железо - сера (халькопирит, борнит, халькозин, ковеллин, пирит, пирротин);

медь - мышьяк (сурьма) - сера (теннантит, тетраэдрит, энаргит, фаматинит, люцонит);

цинк - свинец - сера (галенит, сфалерит);

медь - висмут - теллур - сера (висмутин, эмлектит, виттихенит, теллуровисмутит, тетрадимит, самородный висмут);

железо - мышьяк - сера (арсенопирит, реальгар, ауранжмент, пирит, пирротин);

серебро - золото - теллур (гессит, петцит, креннерит, ольванит, калаверит, самородное золото, серебро, теллур).

3. Постмагматическое рудообразование представляет собой длительный, сложный, полиэтапный и стадийный процесс развития глубинных активных рудоносных источников. Этот процесс обусловил формирование эндогенных месторождений области в раннемеловое, позднеэоцен-раннеолигоценовое и раннемиоценовое время. К первому возрасту относятся Кафанское медное, Шаумянское золото-полуметаллическое и Цавское медно-молибденовое месторождения, ко второму - Агаракское, Айгедзорское медно-молибденовое и Лачиваз-Тейское золото-полиметаллическое, к третьему - Каджаранское, Ластакертское медно-молибденовое, Аткизское полиметаллическое, Пхрутское и Катнаратское золото-полиметаллические. Прерывы между рудообразующими этапами измеряются многими миллионами лет. Практическая ценность месторождений в значительной степени определяется поласцендентностью гипогенного рудообразования.

4. Медно-полиметаллические гидротермальные месторождения Кафанского блока, относящиеся к "колчеданному типу" следует рассматривать как единый медно-золото-полиметаллический формационный комплекс киммерийской или альпийской металлогенической эпохи с подразделением его на медно-порфировую и золото-сульфидную формации.

5. Экспериментально установлено, что в сероводородных растворах молибдата аммония при температуре 400-500°C и давлении 250-300 атм. в силу ограниченного анионного изоморфизма серы и селена, не превышающего один весовой процент, создаются благоприятные условия для обособления селена в виде диселенида молибдена.

В кислых условиях при окислении металлического теллура образуется теллуровая кислота, которая под воздействием уксуснокислого свинца переходит в теллулат свинца. В лабораторных условиях получение данхемита производилось в открытой физико-химической системе при температурах до 100°C. В результате уточнены химический состав и кристаллооптические особенности минерала.

Практическое значение работы.

Производственные организации (Управление геологии АрмССР и Производственный трест УГМ Армянской ССР) использовали результаты многолетних исследований автора, изложенные в научных отчетах и докладных записках в виде конкретных рекомендаций по дальнейшему направлению поисковых и геологоразведочных работ, в которых:

- Шаумянское золото-сульфидное месторождение выдвинуто как самостоятельный объект для комплексного извлечения благородных и редких элементов (за эту работу автор удостоен премии Министерства цветной металлургии СССР);

- расширены перспективы запасов руд Кафанского медного, Шаумянского золото-полиметаллического, Каджаранского и Цавского медно-молибденовых месторождений;

- выявлены перспективные рудоносные участки в пределах Кафанского и Зангезурского рудных районов (Криасский, Навсский,

Мал-Гетикский, Чала-Иртский, Калчутский и др.);

- результаты минералого-геохимических исследований руд использовались технологами при разработках схем комплексного обогащения молибденовых и медных концентратов с целью извлечения всех примесей благородных и редких металлов.

Публикации и апробация работы.
Результаты исследований по теме диссертации опубликованы в периодической литературе, монографиях, научных отчетах и доложены на съездах, конференциях, симпозиумах и совещаниях. Опубликовано 32 статьи в журналах "Геохимия" АН СССР, Известия АН АрмССР ("Науки о Земле"), Записках Армянского Отделения ВМО и др. Наиболее важные результаты проведенных исследований докладывались на: IV Закавказской конференции молодых научных сотрудников (Ереван, 1962); I Закавказской конференции молодых специалистов (Ереван, 1963); II конференции научных сотрудников Армении (Ереван, 1968); Техническом совещании "Перспективы развития и методы извлечения редких элементов из руд месторождений СССР и АрмССР" (Ереван, 1969); симпозиуме "Критерии рудоносности метасоматитов" (Алма-Ата, 1969); конференции "Комплексное использование сырьевых ресурсов предприятий цветной металлургии" (Ереван, 1974); Всесоюзном симпозиуме "Метасоматизм и колчеданное оруденение" (Ереван, 1975); съезде Всесоюзного минералогического общества (Ленинград, 1976); конференции "По комплексному использованию руд Каджаранского месторождения" (Ереван, 1977); VI симпозиуме Международной ассоциации по генезису рудных месторождений (Тбилиси, 1982); VIII съезде Международной минералогической ассоциации (Варна, 1982).

Результаты исследований автора изложены в трех монографиях, двенадцати научных отчетах и трех докладных записках, которые обсуждались на заседаниях Ученого Совета ИТН АН АрмССР, НТС УГ АрмССР и рекомендовались для использования производственным организациям.

Отдельные положения диссертации опубликованы в коллективной монографии "Редкие и благородные элементы в рудных формациях Армянской ССР" (Изд. АН АрмССР, 1972), за которую в 1976 году автор был удостоен почетного звания Лауреата Государственной премии Армянской ССР в области науки и техники.

Диссертационная работа базируется на обширном фактическом материале, собранном автором при проведении многолетних (1957-1984 гг.) систематических, детальных геологических и минералого-

геохимических исследований рудных месторождений Кафано-Зангезурской области Малого Кавказа. Камеральная обработка собранных материалов проводилась в Ереване (ИГН) и в Москве (ВИМС, ГЕОХИ, ИГЕМ, ИМГРЭ). Химические, пробирные, силикатные, спектральные, рентгеноструктурные, микрохимические, микроспектральные и другие виды анализов производились в соответствующих лабораториях Еревана, Москвы, Ленинграда, Тбилиси и Ташкента.

Диссертационная работа, объемом 260 страниц машинописного текста, состоит из введения, восьми глав и заключения, содержит 73 таблицы, 67 иллюстраций (карты, разрезы, микрофото, зарисовки, схемы, диаграммы), одного приложения (7 таблиц на 17 листах) и 410 наименований литературных источников советских и зарубежных авторов. Работа выполнена в лаборатории геохимии Института геологических наук АН Армянской ССР согласно тематическому плану.

На всех этапах исследований автор пользовался ценными советами академика АН АрмССР А.Т.Асланяна, докторов геол.-мин.наук В.В.Щербини, Г.О.Пидияна, С.Б.Абовяна. При составлении отдельных глав диссертации определенную помощь оказали доктора геол.-мин.наук В.В.Щербина, Г.О.Пидиян, В.И.Рехарский, В.В.Панцупая, В.В.Иванов, И.Н.Томсон и А.Г.Твалчрелидзе, которым автор приносит свою искреннюю признательность.

Автор выражает глубокую благодарность академику АН ГрузССР Г.А.Твалчрелидзе за ценные советы и замечания, способствующие улучшению работы. При проведении полевых и камеральных работ автору содействовали товарищи по работе, доктора геол.-мин.наук Ш.О.Амирян, А.И.Карапетян, кандидаты геол.-мин.наук Р.Л.Мелконян, А.С.Фарамазян, В.О.Пароникян, Р.А.Мандалян, Г.А.Саркисян, Б.М.Меликсетян, Э.М.Налбандян. В процессе проведения исследовательских работ автор постоянно пользовался всесторонней поддержкой руководящих работников и геологов производственных организаций — Э.Х.Гульяна, Л.Г.Тер-Абрамяна, М.Г.Гаспаряна, Е.П.Зильмана, Р.А.Арутюняна, К.Х.Аракеляна, Р.С.Мовсисяна, К.А.Агамиряна, К.В.Давтяна и других.

Пользуясь случаем, всем перечисленным лицам автор выражает искреннюю признательность.

Глава I. ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ И МЕТАЛЛОГЕНИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ОБЛАСТИ

Данная глава состоит из пяти разделов, в них последовательно рассмотрены: стратиграфия, магматические комплексы, петрохимичес-

кие и геохимические особенности магматических комплексов в связи с их рудогенерирующей ролью, этапы тектонического развития и основные черты металлогении.

Стратиграфический очерк Кафанско-Зангезурской области приводится по данным предыдущих исследователей и личных наблюдений автора. Здесь встречается почти непрерывный стратиграфический разрез от кембрия до плиоцена и квартала, мощное проявление вулканизма и интрузивных образований (кислые, средние, основные и ультраосновные породы), с которыми пространственно тесно связана эндогенная минерализация. Для Кафанско-Зангезурской области, а также Зангезурского и Кафанского рудных районов составлены сводные стратиграфические колонки в масштабе 1:25 000.

Магматические комплексы развиты в юго-восточной части Малого Кавказа и по возрасту, составу и условиям формирования расчленяются следующим образом:

1. палеозойский интрузивный комплекс гнейсовидных гранитоидов;
2. среднеюрские эффузивные комплексы (довернебайосский, вернебайосско-нижнебатский);
3. среднеюрский интрузивный комплекс платисгранитов (довернебайосский);
4. верхнеюрско-нижнезаванжинский эффузивный комплекс;
5. нижнемеловой эффузивный комплекс (вернеапский);
6. нижнемеловой интрузивный комплекс (досеноманский);
7. верхнемеловой эффузивный комплекс (сантонский);
8. эоценовые эффузивные комплексы (среднеэоценовый, верхнеэоценовый);
9. верхнеэоцен-нижнемиоценовые интрузивные комплексы (первый, второй, третий и четвертый);
10. неогеновый эффузивный комплекс.

Интрузивный магматизм неоднократно проявлялся в течение длительного периода времени и рассматривается как результат генетической связи сложного полиэтапного развития очагов базальтоидных магм, с ними связано внедрение пород различной кислотности, обусловленной влиянием ассимиляции и гибридизма, имевшее место в раннемеловое, позднеэоцен-раннеолигоценное и раннемиоценовое время.

К раннемеловому возрасту относятся породы габро-диорит-гранодиоритовой формации Цавского интрузива. На основании изучения возрастных взаимоотношений гранитоидных пород друг с другом, а также с вмещающими их вулканитами хуступ-чичанской толпы выделя-

ются три последовательные фазы интрузивного магматизма. Более ранняя по составу отвечает габброидам, вторая - диоритам и гранодиоритам, третья - розовым гранитам. Досеноманский возраст пород гипабиссального комплекса устанавливается по аналогии состава и характера металлоносности с интрузивами Мехманн, Кохба и др., а также нахождением окатанных галек цавских гранитоидов в туронских конгломератах у с.Агкерпи. Абсолютный возраст пород Цавской интрузии колеблется в пределах 118-125 млн.лет, что соответствует раннему мелу.

Анализ комплексных геологических исследований, проведенных различными исследователями и автором на западном Баргушате и Ордубадо-Меграинском плутоне, позволяют выделить четыре интрузивных комплекса, относящихся к отдельным формационным типам. К поздне-эоцен-раннеолигоценному возрасту относятся три комплекса: габбро-оливинитовый, габбро-монцонитовый и габбро-граносиенитовый. Четвертый комплекс порфировидных гранитов и гранодиоритов имеет раннемиоценовый возраст.

Юрские, меловые, эоценовые и неогеновые вулканические комплексы обладают сложным петрографическим составом и по классификации Л.А.Кузнецова относятся к базальт-андезито-базальтовому формационному типу геосинклинальной стадии развития. При этом вулканы верхнебайосско-нижнебатского комплекса объединяют породы андезитовой формации.

В 1966 г. на территории Кафанского сегмента впервые субэффузивные и дайковые тела отнесены к эоцену; ранее они ошибочно датировались позднеюрским-раннемеловым возрастом. Абсолютный возраст этих образований (диабазы, андезито-базальты, андезиты, андезито-дациты и др.), по данным радиологических исследований (калий-аргоновый метод), колеблется от 40 до 56 млн.лет. При этом среднее значение абсолютного возраста даек диабазов составляет 53 ± 2 млн.лет, а для субвулканитов средне-кислой серии - 43 ± 2 млн.лет. В Кафанском блоке вдоль зоны Хуступ-Гирратахского разлома недавно обнаружены вулканы эоценового возраста. Формирование субэффузивных различных фаций Шинкертского комплекса среднего-верхнего эоцена, контролирующихся зонами региональных разломов, вероятнее всего, связано с отдельными этапами тектоно-магматических процессов смежного Зангезурского блока.

Петрохимические и геохимические особенности магматических

к о м п л е к с о в. Материалом для изучения петрохимических особенностей магматических комплексов послужили 380 полных силикатных анализов, подразделенных на группы в зависимости от возраста, состава и фаций пород. Для каждой группы вычислены средние составы, которые пересчитаны на числовые коэффициенты и индексы по методам А.Н.Заварицкого, А.Риттмана, Х.Куно и Г.Пиккока. На основании выведенных данных составлены петрохимические диаграммы.

В последние три десятилетия приобрело развитие геохимическое направление изучения особенностей распределения рудообразующих элементов в магматических комплексах. Эти данные используются как для выяснения генетической связи оруденения с магматизмом, так и с целью выработки критериев потенциальной рудоносности различных формационно-генетических типов пород в рудных районах.

Результаты этих исследований привели к неоднозначным выводам относительно уровней концентрации элементов в магматических комплексах и масштабов ассоциирующего с последним оруденения. Об этом свидетельствуют, в частности, данные геохимического изучения магматических комплексов некоторых рудных районов Аджарской ССР (Алавердского, Кафанского, Зангезурского, Айондзорского и др.), по которым разные исследователи, изучавшие единые объекты, приходили к диаметрально противоположным выводам. В настоящее время автором на большом фактическом материале впервые предпринимается попытка более полного рассмотрения особенностей распределения меди, молибдена, цинка и свинца в породах всех комплексов мезокайнозойского магматического мегацикла, охватывающего среднюю юру-ранний мел для Кафанского и поздний мел-неоген для Зангезурского тектонических блоков.

Для решения вопроса о металлогенической специализации разновозрастных магматических комплексов автор использовал результаты 4460 химических и количественных спектральных анализов на медь, молибден, цинк и свинец по 1115-ти образцам пород, а также 45-ти минеральным видам. Образцы пород изучались микроскопически для установления степени и характера их метасоматических преобразований и наличия в них рудообразующих сульфидов. Изучены образцы пород со степенью проявления минеральных новообразований не более 5-10 объемных процентов. Обработка аналитического материала проведена методом вариационной статистики. Полученные содержания металлов сравнивались с кларками элементов для соответствующих типов пород по А.П.Виноградову (1962). Во всех магматических комп-

лексах главнейшие рудогенные элементы образуют следующий однотипный убывающий ряд: медь-цинк-свинец-молибден.

Привнос главных рудообразующих элементов осуществляется в процессе медленной дифференциации источника питания, переплавления вмещающих пород и контаминации жидких фаз. Фоновые содержания главных рудообразующих элементов (молибдена, меди, цинка и свинца), имеющих гидротермальное происхождение, в магматических породах не могут рассматриваться в качестве критерия их парагенетической связи с глубинными очагами базальтоидной магмы.

Этапы тектонического развития.
Сторонники как мобилистской, так и фиксистой концепции придерживаются той точки зрения, что земная кора на Малом Кавказе имеет блоково-зональное строение. В ее формировании важное значение придается глубинным разломам.

В каледонскую тектоническую эпоху на Кавказе существовал преимущественно платформенный режим. В начале возникали платформенные впадины, а впоследствии на их месте развивались узкие, но глубокие геосинклинальные трогги, разделенные выступами байкальского фундамента.

В герцинской эпохе (девон-триас) на север Малого Кавказа образовалась эвгеосинклинальная зона (охватывающая Аджаро-Триалетскую, Сомхето-Кафанскую и Севано-Акеринскую зоны), а на юге — миегеосинклинальная (шельф северной периферии Иранского срединного массива).

В течение киммерийской эпохи (юра-ранний мел) на Малом Кавказе развивались два тектонических блока — Закавказский и Иранский срединные массивы. Они имеют различное происхождение: первый — Евразийское, второй — Гондванское. Если первый в это время испытал регенерацию эвгеосинклинального режима, то второй сохранил стабильность. Отмеченные два массива разделяются Севано-Акеринской офиолитовой зоной. В течение киммерийской эпохи на южной регенерированной части Закавказского массива отлагались юрские и нижнемеловые вулканогенно-осадочные образования, относящиеся к базальт-андезитовой, андезито-базальтовой и известково-доломитовой формациям.

Более поздними комагматами вулканитов являются интрузивы юрско-раннемелового возраста (Кохб, Ахпат, Цав, Вачаган, Спитак и др.) габбро-плагиогранит-гранодиоритовой формации.

Альпийская эпоха характеризуется мощным проявлением вулканиз-

ма и внедрением разновозрастных интрузивных образований (от ультраосновных до кислых). В позднемеловое время формировались Севано-Акеринская, Вединско-Нахичеванская и Зангезурская офиолитовые зоны. Во время палеоген-неогеновой тектоно-магматической активизации, охватившей северную периферию Иранского срединного массива, образовались разновозрастные габбиссальные гранитоидные интрузивы, с которыми связаны промышленные медно-молибденовые, медные, золото-сульфидные и полиметаллические месторождения /Т.А. Твалчредидзе, 1984/.

На Малом Кавказе многими исследователями выделяются Аджаро-Триалетская, Сомхето-Кафанская, Севано-Амасийская, Мисхано-Зангезурская, Еревано-Ордубадская и Приараксинская тектонические зоны.

В формировании современных структур описываемых районов важную роль сыграли субпараллельные региональные Хуступ-Гирратахский, Дебаклинский и Крас-Чакатенский глубинные разломы. Первый из них имеет надвиговый характер, а два других представляют сбросы, секущие Ордубадо-Мегринский и Цавский интрузивы. Впервые зоны Крас-Чакатенского и Шихахоского разломов были обнаружены и изучены автором (соавтор К.В. Давтян). Глубинный характер Крас-Чакатенского разлома подтверждается данными сейсморазведки. Указанное внутриблоковое нарушение имеет транскавказское простирание с крутым ($80-85^\circ$) падением на запад. Оно прослеживается на расстоянии 15-20 км по линии Цав-Чакатен-Крас-Шеридлю.

Фрагментом Крас-Чакатенского нарушения является Шихахоский разлом глубинного заложения, что подтверждается данными электро-разведки. Нарушение имеет северо-западное простирание и крутое падение ($65-75^\circ$) на юго-запад. Оно прослеживается на протяжении до 5-7 км. Ширина зон этих разломов варьирует от 45 до 120 м. К зонам разрывных нарушений приурочены зеркала скольжения отдельных разновидностей гранитоидов Цавского интрузива, перемятые, раздробленные, трещиноватые и гидротермально измененные вулканические породы, минеральные источники и ореолы рассеяния меди, цинка, свинца, редко молибдена. Дебит минеральных источников составляет 2-3 л/с, а их температура не превышает $10-15^\circ\text{C}$. Минеральные воды гидрокарбонатно-сульфатные и кальциево-магнелиевые с минерализацией до 4-5 г/л при $\text{pH} = 5,8 + 6,85$. Из вод отлагаются гидроокислы железа. Гидротермальные изменения пород выражены каолинизацией, серицитизацией, хлоритизацией, карбонатизацией, окварцеванием и огипсованием.

На основании интерпретации результатов комплексных геологических исследований, а также глубинных сейсмических и магнитотеллурических зондирований, сторонники мобилистской концепции предполагают коллизию Закавказской и Евразийской плит с пододвиганием первой под вторую. В настоящее время механизм формирования современных тектонических структур земной коры находится в стадии становления и одновременно является предметом дискуссий.

Основные черты металлогении. На территории Кавказа встречаются рудные месторождения различных металлогенических эпох - альпийской, киммерийской, герцинской и байкальской /Г.А.Твалчредидзе, 1984/.

Байкальская металлогеническая эпоха на Кавказе условно выделяется Г.А.Твалчредидзе /1984/. В течение этой эпохи сформировался кристаллический фундамент Центрального Кавказа и Закавказского срединного массива. На рубеже раннего и позднего кембрия байкальская геосинклиналь была консолидирована, подтверждением чему является наличие верхнекембрийских моласс на Северном Кавказе. В течение указанной металлогенической эпохи в зоне Главного хребта Северного Кавказа образовались минерализации шеелита и руды колчеданно-полиметаллических месторождений буронского типа.

Герцинская металлогеническая эпоха охватывает интервал от раннего девона до конца триаса. Геосинклинальный вулканизм знаменуется образованием девоно-карбоновых толщ контрастной базальт-риолитовой формации. К кислым ее разновидностям приурочены медно-цинково-колчеданные месторождения Северного Кавказа трупского типа. Серпентинизированные породы офиолитовой формации содержат палеозойское хромитовое оруденение. В орогенном этапе образовались граниты, с которыми связаны месторождения вольфрама, мышьяка, молибдена, а также пегматитов (Центральный Кавказ, Дзирульский выступ).

На Малом Кавказе с орогенным этапом герцинской эпохи А.Т.Асланян (1958) связывает формирование золотого и шеелитового оруденения Агверанского кристаллического массива.

Киммерийская металлогеническая эпоха, проявившаяся полностью на Большом Кавказе, охватывает юрско-раннемеловой возрастной период. На Большом и Малом Кавказе характер тектонических движений юрского времени различен. В первом случае имеется типичная геосинклинальная обстановка. Во втором - процесс складкообразования протекает менее интенсивно, что объясняется неглубоким залегани-

ем кристаллического фундамента срединных массивов. Нижне-среднеюрский магматизм обусловил образование вулканогенных толщ на Большом Кавказе, а также ряда интрузивных массивов габбро-платиогранит-гранитоидной формации, с которыми пространственно связаны жильные полиметаллические месторождения садонского типа, колчеданс-полиметаллические и медно-пирротиновые месторождения фйлизчайского типа /Г.А.Твалчрелидзе, 1984/.

Орогенный этап киммерийской эпохи на Малом Кавказе редуцирован, а геосинклинальный подразделяется на ранне- и позднегеосинклинальную стадии. В течение первой образовались среднеюрские вулканогенные толщн базальт-андезит-дацит-липаритовой формации (Сомхето-Кафанская зона). С ними связаны месторождения колчеданной формации (Чирагидзор, Тромбон и др.). С позднегеосинклинальной стадией связано формирование интрузивных комагматов базальтоидной магмы, к которым приурочены месторождения магнетитовых скарнов (Дашкесан), медно-полиметаллической (Дамблуд, Мехиана), баритовой (Човдар) и медно-порфировой формаций.

Альпийская металлогеническая эпоха на Малом Кавказе выражена двумя этапами и соответствующими им стадиями. В геосинклинальном этапе на периферии юрских поднятий Сомхето-Кафанской зоны образуются верхнемеловые вулканогенные прогибы, соединяющиеся с Аджаро-Триалетской и Севано-Акеринской зонами. Для последней специфичны небольшие месторождения хромитовых руд (Гейдара, Шоржа), связанные с офиолитовой формацией. Для Аджаро-Триалетской зоны характерными являются кварцево-медно-полиметаллические (Оболо-канлыкя, Вараза), скарново-магнетитовые (Дзама) и марганцевые (Кадмани) месторождения. В обеих зонах встречаются месторождения как серноколчеданной (Тандзут, Чабулы, Цаблана), так и ртутной формаций.

Г.А.Твалчрелидзе (1984) рудоносность южной части Малого Кавказа, представленную месторождениями медно-молибденовой формации (Каджаран, Агарак, Дастакерт, Джиндара, Айгедзор, Парагачай), связывает с палеоген-неогеновой тектоно-магматической активизацией северной периферии Иранского срединного массива. Наиболее интенсивно она проявлена вдоль широкого поперечного Транскавказского поднятия, коое секущего все структурно-металлогенические зоны Кавказа.

На территории Кавказа выделяются четыре металлогенические провинции: Скифской плиты, Большого Кавказа, Закавказского сре-

динного прогиба и Малого Кавказа. В последней выделяются шесть структурно-металлогенических зон: Аджаро-Триалетская, Сомхето-Кафанская (Алаверди-Кафанская), Севано-Акеринская (Севано-Амасийская), Мисхано-Зангезурская (Памбак-Зангезурская), Еревано-Ордубадская и Приараксинская, отличающихся друг от друга геологическим строением, магматизмом и металлогенией.

Аджаро-Триалетская зона, имеющая рифтогенную природу, подразделяется на Аджарскую (полиметаллическую) и Дзамскую (железорудную) подзоны. Полиметаллическая формация представлена небольшими жильными свинцово-цинково-медными месторождениями, распространенными в бассейне р. Аджарис-цхали и в районе Зекарского перевала. В Дзамской подзоне находятся мелкие скарново-магнетитовое и медно-порфировое месторождения. Ведущими металлами Аджаро-Триалетской зоны являются железо, медь, цинк, свинец, реже серебро, золото и кадмий.

В пределах Сомхето-Кафанской (Алаверди-Кафанской) зоны распространены мощные вулканогенно-осадочные отложения юрского, мелового и эоценового возраста. Весь комплекс пород прорван гипабиссальными гранитоидными интрузивами мелового и эоценового возраста (Кохб, Цав и др.). Со среднеюрскими сулканитами пространственно связаны промышленные концентрации медных (Кафан и др.), колчеданных, золото-полиметаллических (Шаумян) и полиметаллических руд. В юрских породах локализованы медно-молибденовые (Цав, Дзорастан и др.), медные (Кармиркар, Арцваник и др.) и полиметаллические проявления. К эоценовым эффузивам пространственно приурочены небольшие серноколчеданные и свинцово-цинковые (Привольное, Мовсес и др.) месторождения.

Для Сомхето-Кафанской структурно-металлогенической зоны главными металлами являются железо, медь, цинк, свинец, золото и серебро. Из редких элементов характерны селен, теллур и висмут, менее - кадмий, индий и галлий.

В верхнемеловых вулканитах Болнисского рудного района Грузии залегает промышленное Маднеульское медноколчеданное месторождение, а в породах эоцена Севано-Амасийской (Севано-Акеринской) зоны - небольшие месторождения серноколчеданных руд (Тандзут, Чибухлы и др.). Меловая вулканогенно-осадочная толща прорывается интрузивами гипербазитов, с которыми генетически и пространственно связаны магматические месторождения хрома (Шоржа, Джиль и др.) проявления платины, никеля, магнетита и асбеста. В этой зоне из-

вестны месторождения золота (Зод), проявления ртути, сурьмы, мышьяка, свинца, меди, молибдена и железа.

В тектоническом отношении Мисхано-Зангезурская (Памбак-Зангезурская) зона представляет собой крупный антиклинорий. Прогнобание зоны началось с мелового времени и достигло своего максимума в эоцене. В это время образовались мощные вулканогенно-осадочные толщи различного возраста. Во время альпийской (палеоген-неоген) тектоно-магматической активизации сформировался Мегри-Ордубадский многофазный гипабиссальный гранитоидный плутон, к которому приурочены промышленные мелно-молибденовые (Каджаран, Агарак, Да-стакерт и др.), перспективно железорудные (Сваранц и др.) и золото-полиметаллические (Личквас-Тей) месторождения с подчиненной ролью цинка, свинца, висмута, мышьяка, сурьмы и других элементов. В данной зоне также встречаются месторождения и проявления полиметаллических, свинцовых, свинцово-цинковых (Азатек, Газма, Гюмшукана, Аткиз и др.), марганцевых (Сваранц, Кармашен и др.) и реальгар-аурипигментовых (Сальварт) руд. На месторождениях медно-молибденовой формации наряду с молибденом и медью практический интерес представляют также золото, серебро, селен, теллур, висмут, рений и др.

Ереван-Ордубадская зона содержит преимущественно промышленные концентрации каменной соли. В пределах зоны встречаются также мелкие рудопоявления цветных металлов. Приараксинская зона служила ареной размещения месторождений каменной соли, свинцово-цинкового оруденения жильного типа (Гиммушт), окисленных малахит-азуритовых проявлений (Хорвирао) и фосфоритов осадочного происхождения.

Г.А.Твалчрелидзе (1984) выделяет три тектонических типа месторождений медно-порфировой формации: позднегеосинклинальный (в пределах регенерированных вторичных эвгеосинклиналей), орогенный в областях тектоно-магматической активизации с магматизмом пестрого состава.

Глава 2. ОПИСАНИЕ ГИДРОТЕРМАЛЬНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПО РУДНЫМ ФОРМАЦИЯМ

По геологическим и физико-химическим условиям формирования гидротермальные месторождения Кафано-Зангезурской области подразделяются автором на следующие формационные типы:

I. месторождения медно-молибденовой формации;

2. месторождения медно-порфировой (собственно медной) формации;

3. месторождения полиметаллической формации;

4. месторождения золото-сульфидной формации.

Месторождения медно-молибденовой формации. Промышленное оруденение пространственно приурочено к гранитоидам позднеэоцен-раннемиоценового возраста и локализуется в пределах Памбак-Зангезурской металлогенической зоны Малого Кавказа. Гидротермальные месторождения этой зоны принадлежат к единому медно-молибден-золото-полиметаллическому комплексу, который подразделяется на медно-молибденовый и золото-сульфидный типы. Обычно медно-молибденовые месторождения (Каджаран, Агараг, Дастакерт, Айгедзор, Джиндара, Цав и др.) располагаются среди интрузивов, частично в породах кровли, главным образом в непосредственном эндоконтакте гранитоидов. Основным контролирующим фактором оруденения являются дайки гранодиорит-порфиров, диорит-порфиров, диабазовых порфиров, зоны разломов и дробления, вдоль которых происходили гидротермальные изменения вмещающих пород (окварцевание, серицитизация, хлоритизация, карбонатизация, пиритизация и др.).

Промышленные медно-молибденовые месторождения (Каджаран, Агараг и др.) Памбак-Зангезурской металлогенической зоны по условиям формирования относятся к среднетемпературному плутоногенному гидротермальному типу средних и умеренных глубин с хорошо выдерживающимся на глубину оруденением, развивающимся в течение длительного полиэтапного процесса минерализации.

По данным радиологических исследований, выполненных калий-аргоновым методом, образцов гидротермально измененных пород и околорудных мономинеральных серицитов ряда месторождений Памбак-Зангезурской металлогенической зоны было установлено, что Агарагское, Айгедзорское, Тейское и Личкваское месторождения имеют позднеэоцен-раннеолигоценовый возраст (37-42 млн. лет), а некоторые медно-молибденовые (Каджаран, Дастакерт и др.) и полиметаллические (Аткиз, Пхрут, Катнарат) месторождения - раннемиоценовый (20-27 млн. лет). Абсолютный возраст медно-молибденовых руд Дастакертского, Каджаранского и Агарагского месторождений, определенный рений-осмиевым методом, соответственно составляет $22,5 \pm 1,3$; $24,3 \pm 1,2$; $43,9 \pm 2,5$ млн. лет.

Руды медно-молибденовых месторождений содержат значительные

концентрации благородных (золото, серебро) и редких (рений, селен, теллур, висмут) элементов, которые должны комплексно извлекаться наряду с основными компонентами — молибденом и медью.

Месторождения медно-порфировой (собственно медной) формации. Учитывая геологические условия залегания и морфологию рудных тел, медные месторождения Алаверди-Кафанской, отчасти Мисхано-Сангезурской металлогенетических зон Малого Кавказа подразделяются на следующие типы:

а) штокверковые тела и жилы, пространственно приуроченные к юрским породам вулканогенной формации (Кафанские и др.);

б) зоны прожилково-вкрапленных медных руд в различных породах интрузивных серий Ордубадо-Меграинского массива (Сваранцское, Арцавердское и др.).

В настоящее время промышленное значение имеет только первый тип.

Промышленное медное оруденение Кафанского месторождения, известное в литературе под названием "медноколчеданный тип", на основании проведенных минералого-геохимических исследований последних десятилетий, автор относит к медно-порфировой рудной формации. Образование Кафанского медного месторождения во времени совпадает с габбро-диоритовым интрузивом раннемелового возраста ($123,5 \pm 1$ млн. лет), содержащим медно-полиметаллическую минерализацию (скв. 941).

На месторождениях рудовмещающие породы метасоматически изменены: окварцованы, серицитизированы, хлоритизированы, эпидотизированы, карбонатизированы и пиритизированы. В месторождениях наблюдаются элементы вертикальной и горизонтальной зональности в распределении меди, цинка и свинца. На более глубоких горизонтах медное оруденение преобладает над низкотемпературной полиметаллической минерализацией. Гидротермальный процесс рудообразования на месторождениях медно-порфировой формации, по-видимому, имеет полиэтапный характер. В рудах промышленными минералами являются халькопирит, реже борнит и халькозин. Руды наряду с медью, золотом и серебром содержат в промышленных количествах селен, теллур и висмут. Из медных концентратов месторождений необходимо извлекать указанные редкие металлы.

Месторождения полиметаллической формации. Обычно пространственно приурочены к гидротермально измененным зонам интрузивных пород монцитит-граноси-

енитовой серии (Аткиз, Пирзами, Кармиркар, Пирмаэра и др.), а также эоценовым вулканитам базальт-андезит-дацитового ряда (Бариправан, Аравус, Лернашен и др.). Полиметаллическое оруденение контролируется трещинными структурами, а иногда дайками различного состава. По минеральному составу руды сходны, отличаясь лишь количественными соотношениями рудообразующих минералов. По последовательности выделения отмечаются руды пиритовые, медные и свинцово-цинковые. В рудах, наряду с главными компонентами - свинцом и цинком - определенный практический интерес могут представить серебро, висмут, селен, теллур, кадмий, индий и, возможно, золото.

Месторождения золото-полиметаллической формации развиты в Памбак-Зангезурской и Алаверди-Хафанской металлогенических зонах Малого Кавказа. Все месторождения и проявления данной рудной формации подразделяются на следующие типы:

- а) рудные жилы и зоны, пространственно связанные с породами вулканогенной формации средней юры (Шаумянское и др.);
- б) золото-сульфидные руды, пространственно приуроченные к интрузивным породам Орлубадо-Мегринского плутона (Личквас-Тейское, Пхрутское и др.).

Шаумянское и Личквас-Тейское месторождения приобретают промышленное значение благодаря относительно высокому содержанию в рудах благородных (золото, серебро) и редких (селен, теллур, висмут и др.) металлов. Шаумянское, Личквас-Тейское и Пхрутское золото-полиметаллические месторождения образовались в течение различных металлогенических эпох.

Глава 3. СТАДИЙНОСТЬ РАЗВИТИЯ ГИДРОТЕРМАЛЬНОГО ПРОЦЕССА РУДООБРАЗОВАНИЯ

Гидротермальный процесс рудоотложения на участках различных месторождений происходил в течение длительного периода, имел полиэтапный и стадийный характер.

В общем полиасцендентном процессе формирования руд месторождений различных формаций выделяются несколько стадий. На месторождениях медно-молибденовой формации отмечается до одиннадцати стадий рудообразования. Наиболее высокотемпературными стадиями являются кварц-магнетитовая и кварц-полевошпатовая. Затем следуют среднетемпературные кварц-молибденитовая, кварц-молибденит-халькопиритовая, кварц-пиритовая и кварц-халькопиритовая стадии. К чис-

лу низкотемпературных стадий относятся кварц-галенит-сфалеритовая, алабадиновая, карбонатная, халцедоновая и ангидрит-гипсовая.

На месторождениях медно-порфировой (собственно медной) формации (Кафан, Арцваберд, Сваранц и др.) в гидротермальном процессе выделяется до восьми стадий минерализации, устанавливающих последовательное выпадение из растворов отдельных парагенетических групп минералов: кварц-пиритовой, безрудной кварцевой, пирит-халькопиритовой, халькозин-борнитовой, теннантит-энаргитовой, галенит-сфалеритовой, кварц-карбонатной и ангидрит-гипсовой.

На основании изучения различных парагенетических ассоциаций и их взаимоотношений на месторождениях (Аткиз, Кармиркар, Барц-раван, Аравус, Лернашен и др.) полиметаллической формации руд устанавливаются следующие стадии минерализации: кварц-пиритовая, кварц-халькопиритовая, кварц-галенит-сфалеритовая, реальгар-аурипигментовая и кварц-карбонатная.

Для месторождений (Шаумян, Личквас-Тей, Пхрут и др.) золото-сульфидной формации руд выделяется до семи стадий минерализации: безрудная кварцевая, кварц-пиритовая, кварц-халькопиритовая, галенит-сфалеритовая, кварц-арсенопиритовая, кварц-карбонатная и ангидрит-гипсовая. Наблюдаемые в рудах гидротермальных месторождений различных формаций парагенетические ассоциации минералов многокомпонентных физико-химических систем, как правило, менялись как во времени, так и в пространстве (табл. I). Выделяются восемь главных парагенетических ассоциаций минералов многокомпонентных физико-химических систем изученных гидротермальных месторождений. Приводится детальный термодинамический анализ поликомпонентных физико-химических систем и особенностей рудоносных растворов. Из этих многокомпонентных физико-химических систем наиболее интересными и редко встречающимися являются $Cu - Bi - Te - S$ и

$Ag - Au - Te$. Данная четырехкомпонентная физико-химическая система парагенетических ассоциаций минералов состоит из двух частей: $Cu - Bi - S$ и $Bi - Te - S$. Эти составные части отмечаются главным образом в рудах кварц-пирит-халькопиритовой стадии минерализации медно-молибденовых и медных месторождений.

В число минералов системы $Cu - Bi - S$ входят висмутин, самородный висмут, эмлектит и виттихенит. К числу минералов системы $Bi - Te - S$ относятся висмутин, теллуrowисмутит и тетрадимит. Указанные минералы образуют тесный парагенезис.

Таблица I

Парагенетические ассоциации минералов многокомпонентных физико-химических систем гидротермальных месторождений Кафано-Зангезурской области

Главные компоненты парагенетических ассоциаций	Парагенезис минералов	Стадии минерализации	Месторождения
Fe-S-O	Магнетит, гематит, пирит, марказит, пирротин.	Кварц-магнетитовая и кварц-пиритовая	Каджаран, Агарак, Дастакерт, Кафан и др.
Mo-S-O	Молибденит, кварц.	Кварц-молибденитовая, кварц-халькопирит-молибденитовая.	Каджаран, Агарак, Дастакерт и др.
Cu-Fe-S	Халькопирит, борнит, халькозин, ковеллин, пирит, пирротин.	Кварц-молибденит-халькопиритовая, кварц-халькопиритовая, пирит-халькопиритовая, кварц-пиритовая, халькозин-борнитовая.	Каджаран, Агарак, Дастакерт, Айгездзор, Джиндара, Кафан и др.
Cu-As(Sb)-S	Теннантит (тетраэдрит), энаргит (фамагит), люзонит.	Кварц-халькопиритовая, пирит-халькопиритовая, теннантит-энаргитовая, галенит-сфалеритовая.	Каджаран, Дастакерт, Кафан, Шаумян, Личквас-Тей и др.
Cu-Bi-Te-S	Висмутин, эмлектит, виттин, теллуриденит, висмутит, тетрадимит, сам. висмут.	Кварц-халькопиритовая, пирит-халькопиритовая.	Каджаран, Агарак, Дастакерт, Кафан и др.
Zn-Pb-S	Галенит, сфалерит.	Галенит-сфалеритовая.	Шаумян, Личквас-Тей, Аткиз, Пхрут и др.
Ag-Au-Te	Гессит, петцит, креннерит, калаверит, диль-	Галенит-сфалеритовая	Каджаран, Агарак, Кафан, Шау-

Fe - As - S	ванит, сам.	мян, Личквас-
	золото, сере-	Тей, Аткиз и
	бро и теллур.	др.
	Арсенопирит, Кварц-арсенопири-	Личквас-Тей,
	реальгар, ау- товая, реальгар-	Аравус, Саль-
	рипигмент, пи- аурипигментовая.	варт и др.
	рит, пирротин.	

Трехкомпонентная $Ag-Au-Te$ физико-химическая система парагенетических ассоциаций минералов проявляется в конце полиметаллических стадий минерализации месторождений почти всех формаций руд. В этой ассоциации встречается большая группа минералов (гессит, петцит, креннерит, сальванит, калаверит, самородные золото, серебро и теллур).

Порядок образования теллуридов и самородных элементов из рудоносных растворов полиметаллических стадий рудоотложения примерно следующий: гессит-петцит-сальванит-креннерит-калаверит-сам. золото-сам. серебро-сам. теллур, т.е. с увеличением золота вплоть до самородного. На месторождениях различных формаций руд распространенность теллуридов и самородных элементов неодинакова, и частота их обнаружения прямо пропорциональна последовательности образования указанных минералов. В системе $Ag-Au-Te$ численно преобладают соединения в области, богатой золотом. Теллуриды золота богаче теллуридом, чем теллуриды серебра.

По мере развития гидротермальных процессов, свойства рудоносных растворов изменялись во времени и в пространстве. Данное изменение рудоносных растворов тесно связано с медленной дифференциацией глубинного источника рудного вещества. Из рудоносного очага последовательность выноса основных металлов обычно следующая: для медно-молибденовых месторождений - молибден, медь, цинк, свинец; для медных и полиметаллических месторождений - медь, цинк, свинец. Температура, величина давления, степень щелочности и сульфидности, а также концентрация минералообразующих компонентов рудоносного гидротермального раствора влияют на устойчивость тех или иных парагенетических ассоциаций минералов и приводят к образованию вместо одной совершенно другой ассоциации при тех же количественных соотношениях элементов. Изучение парагенезисов минералов частных систем, составляющих общую ассоциацию минералов мес-

торождений, позволяет судить о равновесных соотношениях в еще экспериментально не изученных физико-химических системах, каковыми являются гидротермальные системы: молибден-сера-кислород, цинк-свинец-сера, медь-висмут-теллур-сера, серебро-золото-теллур и др.

Глава 4. МИНЕРАЛЬНЫЙ СОСТАВ РУД

Вопросы минералогии руд гидротермальных месторождений Кафано-Зангезурской области освещены в работах Г.О.Пиджяна, М.П.Исаенко, А.С.Фарамазяна, Р.Н.Зарьяна, А.И.Карапетяна, Е.А.Афанасьевой и др. На месторождениях встречаются сложные парагенетические ассоциации минералов, обусловленные физико-химическими условиями их образования. В рудах наиболее широкое распространение имеют сульфиды железа, меди, молибдена, цинка, свинца; менее развиты минералы благородных (золото, серебро) и редких (теллур, германий и др.) металлов.

В настоящее время на месторождениях различных рудных формаций отмечается около 130 минеральных видов, из коих 80 гипогенных и 50 гипергенных. Они подразделены на главные, распространенные, редкие и очень редкие минералы. За последние годы в результате детальных минералогических исследований с применением новейших методов диагностики минералов автором обнаружено 25 гипогенных (алтаит, гессит, петцит, креннерит, теллурийвисмутит, тетрадимит, самородное золото, самородное серебро, галеновисмутит, аргентит, висмутин, эмплектит, виттихенит, самородный висмут, самородный теллур, энаргит, теннантит, тетраэдрит, пирротин, марказит, рутил, ильменит, халькозин, борнит, ковеллин) и 18 гипергенных (азурит, малахит, лимонит, ярозит, борнит, халькозин, ковеллин, данхемит, монтанит, куприт, тенорит, хризоколла, церуссит, смитсонит, халькантит, самородная медь и др.) минералов, ранее неизвестные в рудах гидротермальных месторождений.

Минералы изучались в отраженном и инфракрасном свете с различной детальностью, а для отдельных рудных минералов определены их термоэлектродвижущие силы - ТЭДС. При исследованиях термоэлектродвижущих сил рудных минералов выяснилось, что между ТЭДС и удельным электрическим сопротивлением данного вещества в основном существует определенная взаимосвязь, т.е. чем выше термоэлектродвижущая сила тем больше и сопротивление.

Во время исследования рудных минералов в инфракрасной части спектра были определены их оптические константы (основность, спай-

ность, зоны роста, двойниковое строение, угол оптических осей (2V), коэффициент поглощения, угол погасания, показатели преломления и др.). Установленные константы и термоэлектродвижущие силы (ТЭДС) ряда рудных минералов, имеющие методическое значение, следует использовать при минералогических исследованиях. Минералы гидротермальных месторождений сгруппированы на гипогенные и супергенные. Порядок их описания следующий: вначале дается характеристика гипогенных и жильных минералов, а затем — минералов горизонта вторичного сульфидного обогащения и зоны окисления.

Глава 5. ГЕОХИМИЯ БЛАГОРОДНЫХ, РЕДКИХ И РУДНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В ПОСТМАГМАТИЧЕСКИХ ПРОЦЕССАХ

Глава посвящена закономерностям распределения, рассеяния, миграции и концентрации всех элементов, непосредственно связанных с формированием месторождений различных рудных формаций (Каджаран, Агарах, Дастакерт, Айгедзор, Джиндара, Кафан, Шаумян, Личк-ваз-Тей и др.). При решении указанных задач интерпретация аналитических данных, полученных в процессе минералого-геохимических изучений отдельных месторождений, дает возможность рассмотреть вопрос об обнаружении корреляционных связей между концентрациями парных элементов в рудах и минералах. Содержания этих элементов рассматриваются как случайные величины. Поэтому для интерпретации распределения содержаний элементов в рудах и минералах использовался метод математической статистики, в основе которого лежит теория случайных функций.

В рудах гидротермальных месторождений различных формаций обнаружено около 75 химических элементов, которые в зависимости от формы их нахождения подразделяются на следующие группы:

- а) элементы, рассеивающиеся в сульфидах, сульфосолях и других минералах в виде изоморфной примеси (рений, селен, таллий, галлий, индий, кадмий и ванадий);
- б) элементы, образующие наряду с рассеянным состоянием собственные минералы (молибден, медь, цинк, свинец, золото, серебро, мышьяк, сурьма и др.).

С е л е н и р е н и й промышленные содержания обнаруживают в среднетемпературных ассоциациях минералов. Проведенные математические расчеты подтверждают существование положительной корреляционной зависимости между содержаниями рения и селена в молибденитах Каджаранского месторождения ($R = +0,92$). Получены

уравнения регрессии ($Se\% = 0,55 Re + 0,0125$; $Re\% = 1,24 Se - 0,0035$).

В рудах месторождений медно-молибденовой (Каджаран, Агарак и др.) и медной (Кафан и др.) формаций отмечается положительная корреляционная зависимость между содержаниями селена, серы и меди. Обычно в молибденитах и медно-молибденовых рудах Каджаранского месторождения между содержаниями рения и молибдена существует корреляционная зависимость ($R = +0,60$). Содержание селена и рения закономерно убывает от более высокотемпературных ассоциаций к низкотемпературным.

Теллур, в отличие от селена, образует два типа концентрации: в виде теллуридов и в форме примеси в составе сульфидов и сульфосолей. На месторождениях различных формаций отмечается следующий ряд средств металлов с теллуром: $Pb - Ni - Bi - Ag - Au$. Концентрация теллура закономерно повышается от высокотемпературных стадий к низкотемпературным. Соотношение между селеном и теллуром в рудах месторождений различных формаций варьирует от 5:1 до 1:2,5.

Золото и серебро являются ценными компонентами руд. На месторождениях различных формаций наблюдается раннее и позднее золото. Первое обычно тонкодисперсное или субмикроскопическое и приурочено к сульфидам среднетемпературных стадий. Позднее золото, обычно видимое, встречается главным образом в стадии формирования полиметаллических и свинцово-цинковых руд, тесно ассоциируясь в них с сульфидами, сульфосолями и теллуридами. Содержание указанных элементов в рудах обуславливается их отношением друг к другу. Золото-серебряное отношение сравнительно высоко в рудах полиметаллических стадий минерализации, где обнаруживаются значительно более высокие концентрации благородных металлов с висмутом и теллуром.

На месторождениях различных формаций золото-серебряное отношение варьирует от 1:3 до 1:50. Золото-серебряное отношение в среднем для золото-полиметаллических месторождений (Шаумян, Личк-ваз-Тей) составляет 1:8. На Шаумянском месторождении между содержаниями основных пар рудообразующих элементов ($Au, Ag, Zn, Cu,$

Pb) существует корреляционная зависимость. Наиболее выраженная прямая корреляция наблюдается между содержаниями благородных элементов (жилы V и II). В рудах некоторых полиметаллических жил (жилы VI и II) Шаумянского месторождения наблюдается существенная

зависимость серебро-золотого отношения от величины отношения натрия к калию. Установлено, что на отдельных участках этих жил с увеличением роста отношения щелочных металлов $\frac{Na_2O \cdot 100 \%}{Na_2O + K_2O}$, часто возрастает и отношение благородных элементов.

На Личквас-Тейском месторождении золото-серебряное отношение с глубиной увеличивается, т.е. содержание золота возрастает, а серебра — уменьшается.

Галлий, кадмий и индий на месторождениях различных рудных формаций концентрируются в цинковой обманке — сфалерите. Содержание этих элементов в других сульфидах руд в десятки раз ниже. Концентрирование кадмия, индия и галлия в халькопиритах объясняется не только изоморфизмом между указанными элементами и железом, но также присутствием в них неразделимых выделений сфалерита.

На месторождениях золото-сульфидной (Шаумян, Личквас-Тей, Пхрут и др.) и полиметаллической (Аткиз и др.) рудных формаций с глубиной происходит изменение типоморфных особенностей цинковых обманок. В верхних горизонтах месторождений крупнокристаллические агрегаты сфалерита, близкие к клейофанам, встречаются чаще. На нижних горизонтах его мелкозернистые разновидности, близкие к марматитам, имеют широкое распространение.

На месторождениях медно-порфировой (Кафан), золото-сульфидной (Шаумян) и полиметаллической (Аткиз) рудных формаций частота нахождения галлия, индия и кадмия снижается в ряду: клейофан-сфалерит-марматит. В сфалеритах по содержанию кадмия, индия и галлия отмечается следующий убывающий ряд: кадмий-индий-галлий.

На Шаумянском золото-полиметаллическом месторождении данные статистической обработки (пятьдесят проб) подтверждают наличие в сфалеритах обратной корреляции между содержаниями железа и кадмия ($R = -0,88$), железа и галлия ($R = -0,18$), железа и индия ($R = -0,08$) и прямой корреляции между концентрациями галлия и кадмия ($R = +0,64$), индия и кадмия ($R = +0,27$), индия и галлия ($R = +0,06$).

Германий, мышьяк и сурьма в виде разнoквантных катионов находятся в решетке сульфидов и сульфосолей руд ряда месторождений (Каджаран, Агарак, Дастакерт, Кафан, Шаумян и др.).

В работе приводятся кривые средних содержаний германия в халькопиритах и пиритах по стадиям минерализации месторождений

медно-молибденовой (Каджаран и др.) и медно-порфировой (Кафан и др.) рудных формаций. Кривые концентрации металла в различных сульфидах месторождений идентичные. Повышенные содержания этого элемента в минералах группы сульфосолей (энаргит, люконит, теннантит) объясняются не только возможным гетеровалентным изоморфизмом между мышьяком и германием, но и присутствием в них микровключений реньерита и германита.

Изучение распределения мышьяка и сурьмы в рудослагающих минералах не показало каких-либо существенных различий их содержаний в отдельных сульфидах. В минералах они обнаруживаются в количестве от не обн. до 1,0%. В месторождениях медно-молибденовой и медно-порфировой рудных формаций значительное количество данных элементов приурочено к кварц-халькопиритовой, пирит-халькопиритовой, теннантит-энаргитовой и полиметаллической стадиям минерализации, причем эти металлы в постмагматическом процессе тесным образом ассоциируются с медью.

В и с м у т — характерный элемент руд многих месторождений (Каджаран, Агарак, Дастакерт, Кафан, Личквас-Тей, Шаумян и др.). Повышенные его содержания в рудах медно-молибденовых, медных и золото-полиметаллических месторождений представляют определенный практический интерес. В сульфидных минералах месторождений различных рудных формаций концентрация висмута возрастает в ряду: молибденит-пирит-сфалерит-халькопирит-галенит.

П л а т и н о и д ы в сульфидах (халькопирит, пирит, борнит) месторождений медно-молибденовой формации представлены палладием, содержание которого варьирует от 0,007 до 0,150 г/т. Обычно в медных концентратах из медно-молибденовых и медно-порфировых руд всегда палладий преобладает над платиной. В молибденовых концентратах, как правило, содержание платины преобладает над палладием, и между ними существует положительная корреляционная зависимость ($R = +0,93$). Частота обнаружения платины в сульфидах Шаумянского месторождения снижается в ряду: галенит-сфалерит-пирит.

Платиноиды совместно с золотом и серебром накапливаются в обезжележенных электролизных шлаках Алавердского медно-химического комбината, поэтому их извлечение рентабельно и представляет практический интерес.

М о л и б д е н и м е д ь являются главными промышленными металлами руд медно-молибденовых и медных месторождений. В ранние стадии минерализации (кварц-магнетитовая, кварц-полевошпа-

товая) концентрация молибдена в рудоносных растворах была низкой, в последующие среднетемпературные стадии (кварц-молибденитовую, кварц-халькопирит-молибденитовую) она возрастает до максимума и снова убывает до минимума в галенит-сфалеритовую стадию минерализации (Каджаран, Агарак, Дастакерт, Цав и др.). Максимальный вынос меди восходящими рудоносными растворами падает на кварц-халькопиритовую, кварц-халькопирит-молибденитовую (Каджаран, Агарак, Дастакерт и др.) и пирит-халькопиритовую (Кафан и др.) стадию минерализации.

На Цавском месторождении содержание меди (до 4,5 раза) и молибдена (до 5 раз) с глубиной увеличивается. Весовое отношение Си:Мо для руд месторождения в среднем составляет 13:1. На Каджаранском и Кафанском месторождениях в рудах медных стадий между содержаниями меди и селена наблюдается положительная корреляционная зависимость ($R = +0,75$ и $+0,82$). В рудах Шаумянского месторождения между содержаниями меди, золота и серебра устанавливается корреляция.

Цинк и свинец сосредоточены в мощных жилах Шаумянского, Личквас-Тейского, Аткизского и Ихрутского месторождений. В Каджаранском и Кафанском рудных полях содержания этих элементов в горизонтальном направлении повышаются с запада на восток и достигают максимума на северо-восточном (Аткиз) и юго-восточном (Шаумян) флангах. В Айгедзорском рудном поле значительные концентрации цинка и свинца размещены на северо-западном (Личквас-Тей) фланге.

На Каджаранском и Цавском месторождениях содержание цинка с глубиной повышается. В рудах Шаумянского месторождения между содержаниями цинка, свинца и меди наблюдается парная положительная корреляционная зависимость, причем указанная взаимосвязь, как правило, от высшего бока жил к лежащему убывает. В работе рассматриваются закономерности распределения и концентрации металлов группы железа (титана, хрома, марганца, железа, кобальта, никеля), а также основных доминирующих рудообразующих элементов - кислорода и серы.

Глава 6. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

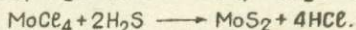
В геохимической лаборатории ВИМСа автором были проведены экспериментальные работы по получению изоморфного ряда промежуточных соединений между дисульфидом и диселенидом молибдена, а

также искусственного теллурата свинца - данхемита. Во время экспериментальных исследований создавались условия, близкие к природным гидротермальным процессам и зоне окисления руд.

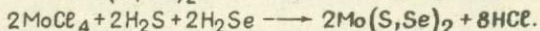
Изоморфизм серы и селена в молибденитах.

При исследовании закономерности распределения селена в рудах Каджаранского месторождения, произведенном на мономинеральных фракциях, выяснилось, что наиболее высокое его содержание (до десятых долей процента) приурочено к молибденитам промышленной медно-молибденовой стадии минерализации. Задача синтеза сводилась к определению относительного количества селена, переходящего в структуру молибденита, с одной стороны, и к выяснению влияния факторов температуры, давления, pH среды и концентрации соответствующих элементов на образование диселенида молибдена - с другой.

Гидротермальный синтез по получению указанного изоморфного ряда проводился в интервале температур 400-500°C, давлений паров растворов - 250-300 атм. и pH = 2-6. Опыты проводились в приваренной стальной пробирке, вводимой в полость автоклава, которая нагревалась в печи и выдерживалась от 3 до 6 часов. Обычно после разборки автоклавов осадки сульфидов и селенидов фильтровались и анализировались на молибден, серу и селен. Основной модели для получения изоморфного ряда служил водный раствор молибдата аммония, насыщенный серой. Это вещество под воздействием соляной кислоты переходит в хлорид молибдена, а последний в концентрированной сероводородной среде превращается в молибденит, вероятно, согласно реакции:



Максимальное количество селена, полностью входящего в структуру молибденита составляет 1,0 вес.%. Следовательно, образуется одна фаза - $\text{Mo}(\text{S}, \text{Se})_2$, вероятно, по реакции:



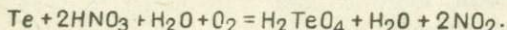
При наличии значительного избытка селена в растворе образовались две фазы, состоящие из $\text{Mo}(\text{S}, \text{Se})_2$ и MoSe_2 . Существенного изменения в параметрах решетки промежуточных соединений с различными содержаниями селена, входящими в структуру молибденита, не наблюдается.

Схема последовательности выпадения стехиометрических соединений изоморфного ряда из растворов молибдата аммония, насыщенных серой и частично селеном, следующая: $\text{MoS}_2 \longrightarrow \text{Mo}(\text{S}, \text{Se})_2 \longrightarrow \text{MoSe}_2$.

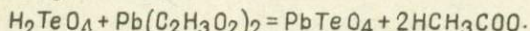
Результаты экспериментальных исследований позволяют утверждать, что благодаря анионному изоморфизму металлоидов серы и селена, не превышающему одного весового процента, создаются благоприятные условия для обособления селена в виде диселенида молибдена.

Синтез теллурата свинца.

При исследовании минерального состава свинцово-цинковых руд Кафанского медного месторождения автором в аншлифах был обнаружен минерал свинца и теллура - данкемит. С химической точки зрения этот минерал рассматривают как теллурит или теллурат свинца. Он как продукт окисления алтаита, кристаллографически не изучен. Получение теллурата свинца производилось в открытой физико-химической системе. Опыт проводился при температурах до 100°C. В лабораторных условиях процесс образования теллурата свинца протекает следующим образом: при окислении теллура образуются теллуровая кислота (бесцветное вещество) и свободная двуокись азота:



Теллуровая кислота под воздействием уксуснокислого свинца переходит в теллурат свинца:



В результате выяснен ряд вопросов, касающихся химического состава и кристаллооптических особенностей данкемита.

Глава 7. УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ГИДРОТЕРМАЛЬНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Вне зависимости от генетических типов месторождений наибольшей популярностью пользуется концепция о трех группах источников рудообразующих веществ-компонентов (В.И.Смирнов, 1970): а) ювенильных - связанных с базальтоидными магмами; б) ассимиляционных - обусловленных гранитоидными магмами; в) фильтрационных - характеризующихся мобилизацией рудообразующих компонентов гидротермальными растворами. Указанные источники рудообразующих веществ связаны с условиями тектоно-магматического развития, гидродинамического режима и временного интервала формирования месторождений (Каджаран, Агарак, Кафан, Шаумян и др.) различных рудных формаций в металлогенических зонах Малого Кавказа.

В настоящее время концепция о глубинном источнике рудного ве-

щества для гидротермальных месторождений Малого Кавказа разделяется большинством исследователей. Она подтверждается относительными значениями изотопного состава серы (δS^{34}) сульфидов и сульфатов разновозрастных гидротермальных месторождений, близких к метеоритному стандарту (Л.Н.Гриненко, Ю.П.Гири и др., 1973; А.Г.Севунц, 1974). Гидротермальные месторождения Кафанско-Зангезурской области относятся к трем возрастным типам - раннемеловому, позднэоцен-раннеолигоценному и раннемисценному - отличающимся физико-химическими условиями образования, рудоконтролирующими структурами, метасоматическими изменениями пород. К первому типу относятся Кафанское, Шаумянское и Цавское месторождения, ко второму - Агараинское, Айгедзорское и Личквас-Тейское, к третьему - Каджаранское, Дастакертское, Аткизское, Пхрутское и Катнаратское.

По данным глубинного сейсмического зондирования (ГСЗ) во втором (средняя плотность $\rho = 2,65 \text{ г/см}^3$, мощность $H = 12-25 \text{ км}$) и третьем ($\rho = 2,85-2,9 \text{ г/см}^3$, $H = 13-28 \text{ км}$) слоях земной коры Малого Кавказа, по-видимому, имеются горизонты разуплотнения масс (пород), указывающие на существование границы промежуточных очагов основных магм, питающих эффузивно-интрузивные образования в первом осадочно-метаморфическом ($\rho = 2,5 \text{ г/см}^3$, $H = \text{до } 10 \text{ км}$) слое.

Особенности химизма и минерального состава эффузивно-интрузивных образований свидетельствуют о повышенных концентрациях кремнезема, кальция, щелочей и других элементов. Приток этих компонентов, очевидно, осуществлялся в процессе переплавления вмещающих пород и контаминации магматических расплавов. Специфика нижнемелового, верхнеэоцен-раннемиоценового интрузивного магматизма и гидротермальных месторождений Кафанско-Зангезурской области, скорее всего, связана с их пространственной и временной сопряженностью с мощными интрузивами кислых пород, образование которых сопровождалось интенсивным прогревом земной коры и активизацией физико-химических процессов в ее нижних слоях.

Предлагаемые представления о времени и условиях формирования Кафанского медного, Шаумянского золото-полиметаллического, Цавского медно-молибденового месторождений подтверждается комплексными геологическими исследованиями последних десятилетий (Р.Н. Зарьян, 1972, 1973, 1982). Основными факторами, определяющими размещение месторождений, являются структурный, магматический, литолого-стратиграфический, эрозионный срез и расположение мета-

морфического фундамента.

Глава 8. ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАЗМЕЩЕНИЯ ЭНДОГЕННЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ В ПОНТИЙСКО-МАЛОКАВКАЗСКОЙ МЕТАЛЛОГЕНИЧЕСКОЙ ПРОВИНЦИИ СРЕДИЗЕМНОМОРЬЯ

Согласно геотектонической классификации Г.А.Твалчредидзе /1972/ одной из металлогенических провинций Кавказско-Анатолийской области Средиземноморского пояса является Понтийско-Малокавказская. Территория указанной провинции подразделяется на структурно-металлогенические зоны, в пределах которых эндогенные рудные месторождения различных генетических типов формировались в течение киммерийской и альпийской металлогенических эпох.

Киммерийская металлогеническая эпоха, проявившаяся в Сомхето-Кафанской зоне, охватывает проко-раннемеловой период. Орогенный этап эпохи на Малом Кавказе редуцирован, а геосинклинальный представлен ранне- и позднегеосинклинальными стадиями. В первую образовались среднеюрские вулканогенные толщи базальт-андезит-дацит-риолитовой формации, с которыми пространственно связаны серноколчеданнные и медноколчеданнные месторождения.

С позднегеосинклинальной стадией связано формирование габброидов и гранитоидов основной магмы, к которым приурочены месторождения скарново-магнетитовой, медно-молибденовой, медно-порфировой, золото-полиметаллической, кварц-полиметаллической и баритовой рудных формаций.

Месторождения медно-серноколчеданной формации Малого Кавказа по геологическим условиям формирования и вещественному составу руд наиболее близки к месторождениям Югославии (Бор), Турции (Мурчул, Эргани-Маден), Ирана (Сунгун, Мескани), Болгарии и ряда других регионов.

Альпийская металлогеническая эпоха проявляется во всех зонах Понтийско-Малокавказской провинции. К ней относятся месторождения колчеданной, гематитовой, марганцевой и колчеданно-полиметаллической рудных формаций, охватывающие возрастной интервал от позднего мела до конца среднего эоцена.

Во время геосинклинальной и раннеорогенной стадий альпийской металлогенической эпохи образовались месторождения хромитовой, титаномагнетитовой, скарново-магнетитовой, золото-полиметалличес-

кой, кварц-полиметаллической, медно-молибденовой и медно-порфировой рудных формаций.

Медно-молибденовые месторождения, локализованные в границах многофазного Ордубадо-Мегринского интрузива, связываются с палеоген-неогеновой тектоно-магматической активизацией северной периферии Иранского срединного массива. Месторождения медно-молибденовой формации Мисхано-Зангезурской зоны аналогичны с Коунрадским, Бошекульским (Казахская ССР), Калымакырским (Узбекская ССР), Бингхемским (США), Чукикаматским, Браденским (Чили), Канакейским (Мексика) и Сар-Чешменским (Иран) месторождениями (В.Т.Покалов, 1964, 1972; С.Т.Бадалов, 1968; Г.А.Твалчредидзе, 1972, 1977, 1985; В.И.Рехарский, 1973; И.Г.Павлова, 1978; А.И.Кривцов, 1983).

Позднеорогенная стадия альпийской эпохи в пределах Малого Кавказа представлена месторождениями свинцово-цинковой, сурьмяно-ртутно-мышьяковой и золото-сульфидно-теллуровой рудных формаций.

Заключение

Направление дальнейших поисковых, геологоразведочных и научно-исследовательских работ по месторождениям отдельных рудных районов представлено на составленной автором карте размещения рудных месторождений Кафанно-Зангезурской области, где выделены перспективные площади трех категорий. Площади первой категории сосредоточены в рудных полях промышленных месторождений. Площади второй и третьей категорий охватывают участки между рудными полями месторождений и рудопроявлений, тяготеющие к зонам региональных разломов. На промышленных месторождениях (Каджаран, Агзрак, Кафан, Шаумян и др.) расширение минерально-сырьевой базы следует осуществлять, главным образом, путем разведки глубоких горизонтов и флангов.

З а н г е з у р с к и й р у д н ы й р а й о н. Перспективной площадью является полоса гидротермально измененных пород вдоль Дебаклинского разлома шириной до 4 км. Здесь рекомендуется провести крупномасштабные поисково-съемочные работы с применением геохимических методов. Аналогичные работы следует провести также вдоль полосы гидротермально измененных пород восточного контакта Мегри-Ордубадского интрузива. В пределах рудного поля Каджаранского месторождения большие перспективы

имеют северный и северо-западный фланги, где рудомещающими породами являются порфировидные граниты и гранодиориты раннего - среднего возраста. Здесь, помимо поисково-съемочных работ, необходимо осуществить разведочное бурение для выявления новых оруденелых участков.

В рудном поле Агаракского месторождения наиболее перспективным участком является его северный фланг, где протягивается зона гидротермально измененных пород шириной до 3 км, контролируемая Агаракским разломом. В этой полосе необходимо пробурить несколько неглубоких скважин.

На Дастакертском месторождении, исходя из особенностей проявления структурного и магматического контроля оруденения, необходимо проводить поисково-разведочные работы на юго-восточном фланге рудного поля с целью обнаружения новых участков медно-молибденового оруденения.

Кафанский рудный район. На Цавском медно-молибденовом месторождении содержание рудных компонентов с глубиной возрастает. Исходя из этого, заслуживают детального изучения участки пород северных эндоконтактных зон Цавского интрузива. Здесь необходимо пробурить несколько неглубоких скважин с учетом контролирующей роли близширотных и меридиональных структур в локализации медно-молибденового оруденения.

В рудном поле Кафанского медного и Шаумянского полиметаллического месторождений перспективы оруденения, в основном, связаны с разведкой глубоких горизонтов северо-западного и юго-восточного флангов. При этом важное значение имеют структурные факторы контроля оруденения. Для медных руд большую роль играют Мец-Магаринский, Барабатурский и Кавартский дорудные разломы, а для Шаумянского месторождения - Шумян-Халаджский и Центральный, вдоль которых сконцентрированы их промышленные запасы.

Рудное поле Кафанского месторождения имеет благоприятную геологическую обстановку с точки зрения обнаружения слепых рудных тел. Особенно интересными являются участки Бадалюрт, Нора-шеник, Антарашат, Доврус, заслуживающие проведения комплексных поисковых и геологоразведочных работ. В пределах Каджаранского, Агаракского и Кафанского рудных полей следует задавать сверхглубинное бурение. Скважины глубиной 3-5 км позволят выявить

особенности рудоносных структур и магматических образований в локализации рудных формаций. Необходимо продолжать научно-исследовательские работы по изучению закономерностей распределения оруденения, минералого-геохимических особенностей руд и составлению крупномасштабных прогнозно-металлогенических карт с целью разработки научных основ прогнозирования оруденения на юго-восточной части Малого Кавказа.

Опубликованные работы по теме диссертации

1. Теллуриды и теллуриит свинца в рудах Кафанского месторождения. Изв. АН АрмССР, № 2, 1962, с. 25-30.
2. Формы нахождения селена и теллура в рудах Кафанского месторождения. Геохимия, № 3, 1962, с. 236-242.
3. Распределение селена и теллура в сульфидных минералах Кафанского и Каджаранского месторождений. Тез. докл. IУ Закавказ. конф. молод. научн. соотр. Ереван, 1962, с. 25-26.
4. К минералогии руд Атикзского участка Каджаранского месторождения, ЗАО ВМО, № 2, 1963, с. 22-27.
5. О стадиях минерализации Кафанского месторождения. Изв. АН АрмССР, № 4-5, 1963, с. 131-142.
6. Поведение благородных и редких элементов в рудах Каджаранского месторождения. Тез. докл. I Закавказ. конф. молодых специалистов. Ереван, 1963, с. 33-35.
7. Закономерности распределения некоторых редких элементов в рудах Кафанского месторождения. Изв. АН АрмССР, № 3-4, 1964, с. 71-78.
8. Парагенезис теллуридов серебра и золота как минералов системы Ag-Au-Te (соавтор В.В. Шероина). Геохимия, № 7, 1964, с. 635-640.
9. Особенности геохимии селена и теллура в рудах Каджаранского рудного поля (соавтор А.С. Фармазян). Геохимия, № II, 1964, с. II64-II70.
10. Искусственный теллуриат свинца. Изв. АН АрмССР, № 1-2, 1966, с. 163-165.
11. Характер распределения элементов-примесей в породах магматических комплексов Айс-дзора (соавтор А.Г. Акопян). Изв. АН АрмССР, № 3, 1968, с. 34-44.
12. О петрохимических особенностях магматических формаций

Айодзорского рудного района (соавтор А.Г.Акопян). Изв. АН АрмССР, № 4, 1968, с. 28-37.

13. Закономерности распределения благородных и редких элементов в рудах Кафанского месторождения (соавторы А.Г.Акопян, В.Г.Кочарян). Тез.докл.респуб.конф.молодых науч.сотр. 1968, с. 345-347.

14. Об особенностях формирования интрузивного комплекса Айодзорского рудного района (соавтор А.Г.Акопян). Тез.докл.респуб.конф.молодых науч.сотр., 1968, с.348-349.

15. Околорудные изменения на Кафанском месторождении (соавтор Г.А.Саркисян). Тез.симп.крит.рудноносности метасоматитов. Алма-Ата, 1969, с. 172-173.

16. Минерально-сырьевая база рения, селена, теллура, висмута в рудах Армянской ССР (соавторы И.Г.Магакьян, Ш.О.Амирян, А.И.Карапетян, Б.М.Меликсетян, В.О.Пароникян, Г.О.Пиджян, А.С.Фарамазян). Тез.докл.тех.совещания. Ереван, 1969, с. 3-5.

17. Магматические комплексы и связанные с ними рудные формации Айодзорского района (соавтор А.Г.Акопян). ЗАО ВМО, № 4, 1970, с. 67-72.

18. К геохимической характеристике диатомитовых пород Сисианского района Армянской ССР (соавторы Т.А.Авакян, А.Г.Акопян, Б.П.Петросян). Изв. АН АрмССР, № 6, 1971, с. 33-44.

19. Распределение галлия, индия и кадмия в сфалеритах Кафанского месторождения. Изв. АН АрмССР, № 6, 1972, с.23-28.

20. Редкие и благородные элементы в рудных формациях Армянской ССР (соавторы И.Г.Магакьян, Г.О.Пиджян, А.С.Фарамазян, Ш.О.Амирян, А.И.Карапетян, В.О.Пароникян, Б.М.Меликсетян, А.Г.Акопян). Изд. АН АрмССР, 1972, 393 с.

21. О геохимических особенностях пород магматических комплексов Кафанского рудного поля (соавторы Р.А.Саркисян, Г.А.Саркисян, А.И.Карапетян, К.В.Давтян). Изв. АН АрмССР, № 6, 1973, с. 15-26.

22. Закономерности распределения элементов группы железа в рудах Кафанского месторождения. ЗАО ВМО, № 6, 1974, с.112-119.

23. Комплексное использование руд цветных металлов главных месторождений Армянской ССР (соавторы Г.О.Пиджян, Ш.О.Амирян, А.И.Карапетян, В.О.Пароникян, А.С.Фарамазян). Тез.докл. научн.тех.конф. Ереван, 1974, с. 3-5.

24. О геохимических особенностях оруденения Цавского рудно-

го района (соавторы Э.А.Хачатурян, К.В.Давтян). Изв. АН АрмССР, № 2, 1975, с. 40-49.

25. О взаимоотношениях метасоматитов дайковых пород и оруденения Кафанского рудного поля (соавторы Г.А.Саркисян, Р.А.Саркисян, А.И.Карапетян, Э.М.Налбандян). Матер. Всесоюз. симп. метасом. и колчедан. оруденения. Изд. АН АрмССР, 1975, с. 39-42.

26. Роль минералого-геохимических исследований в расширении рудной базы Армянской ССР (соавторы И.Г.Магакьян, Г.О.Пиджян, Ш.О.Амирян, А.И.Карапетян, А.С.Фарамазян). Тез. докл. съезда ВМО, Л, 1976, с. 25-27.

27. Роль минералого-геохимических исследований в расширении рудной базы Армянской ССР (соавторы И.Г.Магакьян, Г.О.Пиджян, Ш.О.Амирян, А.И.Карапетян, А.С.Фарамазян). Изв. АН АрмССР, № 6, 1977, с. 26-30.

28. О комплексности использования руд цветных металлов главных месторождений Армянской ССР (соавторы Г.О.Пиджян, Ш.О.Амирян, А.И.Карапетян, В.О.Пароникян, А.С.Фарамазян). Изд. Айастан, 1977, с. 7-28.

29. Распределение редких и благородных элементов в рудах Каджаранского месторождения (соавторы И.Г.Магакьян, Г.О.Пиджян, А.С.Фарамазян). В кн: Комплексное использование сырья в цветной металлургии АрмССР. Ереван, 1980, с. 127-134.

30. О корреляционных связях основных рудообразующих элементов Шаумянского золото-полиметаллического месторождения (соавторы А.А.Авакян, Р.А.Саркисян). Изв. АН АрмССР, № 4, 1982, с. 43-49.

31. Особенности связи оруденения с гранитоидным магматизмом на примере рудных месторождений Армянской ССР (соавторы Г.О.Пиджян, Ш.О.Амирян, А.И.Карапетян, А.С.Фарамазян). Тез. докл. VI симп. МАГРМ, Тбилиси, 1982, с. 129-130.

32. Парагенезисы минералов редких и благородных элементов в рудах гидротермальных месторождений Армянской ССР (соавторы Г.О.Пиджян, Ш.О.Амирян, А.И.Карапетян, А.С.Фарамазян). Тез. докл. XIII конгр. ММА, Варна, 1982, с. 48.

33. Минералы рудных формаций Армянской ССР (соавторы И.Г.Магакьян, С.Б.Абовян, Ш.О.Амирян, К.А.Карамян, А.И.Карапетян, В.О.Пароникян, Г.О.Пиджян и др.). Изд. АН АрмССР, т. I, 1984, 306 с.

34. Верхнеюрские подумечные лавы юго-восточного Зангезура (соавторы Р.А.Мандальян, Ж.О.Степанян). Изв. АН АрмССР, № 3, 1985, с. 22-30.

35. Минералы рудных формаций Армянской ССР (соавторы И.Г. Магачьян, Б.М.Меликсетян, С.Б.Абовян, Ш.О.Амирян, К.А.Карамян, Г.Б.Межлумян, В.О.Пароникян, Г.О.Педжян и др.). Изд. АН АрмССР, т. II, 1986, 310 с.

Р. Зарбьян

ИНСТИТУТ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ НАУК
АН АРМЯНСКОЙ ССР

② Заказ 4

Тираж 100 экз.

Отпечатано на ротационном участке Центра научной информации и фундаментальной библиотеки АН АрмССР.

Ереван - I, ул. Абовяна 15.

THE UNIVERSITY OF CHICAGO
LIBRARY
CHICAGO, ILL.

THE UNIVERSITY OF CHICAGO

1902

THE UNIVERSITY OF CHICAGO

THE UNIVERSITY OF CHICAGO

THE UNIVERSITY OF CHICAGO

THE UNIVERSITY OF CHICAGO

THE UNIVERSITY OF CHICAGO

THE UNIVERSITY OF CHICAGO

THE UNIVERSITY OF CHICAGO

THE UNIVERSITY OF CHICAGO