

КАВКАЗСКИЙ ИНСТИТУТ МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ
им. А. А. ТВАЛЧРЕЛИДЗЕ МИНИСТЕРСТВА ГЕОЛОГИИ СССР

Для служебного пользования

Экз. № 70

На правах рукописи

УДК 553.3.078

ГРИГОРЯН Грация Оганесович

**УСЛОВИЯ ОБРАЗОВАНИЯ И ЗАКОНОМЕРНОСТИ
РАЗМЕЩЕНИЯ ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ
МЕСТОРОЖДЕНИЙ АРМЕНИИ**

Специальность 04.00.11—металлогения

Автореферат

диссертации на соискание ученой степени доктора
геолого-минералогических наук

ТБИЛИСИ—1982 г.

Работа выполнена на кафедре минералогии и петрографии
Ереванского государственного университета

Официальные оппоненты:

Член-корреспондент АН Армянской ССР, доктор геолого-
минералогических наук, профессор А. Т. Асланян
Доктор геолого-минералогических наук, профессор Д. И. Горжевский
Доктор геолого-минералогических наук Ю. И. Назаров

Ведущее предприятие:

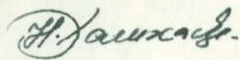
Управление геологии Армянской ССР

Защита диссертации состоится 26 ноября 1982 г. в
«13» часов на заседании специализированного Совета Д 071.16.01.
Кавказского института минерального сырья, 380030, г. Тбилиси, ул. Пали-
ашвили, 85.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке КИМС

Автореферат разослан «19» октября 1982 г.

Ученый секретарь Специализированного
Совета, кандидат геолого-минералогиче-
ских наук


(Н. И. ХАМХАДЗЕ)

Борзова
Информация
Селиванова
автора
10.11.82
С.А.Селиванова

В В Е Д Е Н И Е

1. Общая характеристика работы. Полиметаллическое оруденение характерно для металлогении Армении, где известно около 200 политипных и полихронных месторождений и рудопроявлений. Изучение геологии, условий образования, закономерностей размещения этих месторождений, выявление их взаимоотношений с медно-молибденовыми, медными, золоторудными и другими родственными месторождениями, в целях прогнозирования перспективности территории на свинец и цинк представляет важную народнохозяйственную задачу. Роль полиметаллических руд возрастает особенно в связи с повышением технологической эффективности извлечения из руд наряду со свинцом, цинком и медью попутных благородных и редких элементов. В этом отношении предлагаемая работа приобретает непосредственное прикладное значение.

II. Цель работы. Основная задача исследований заключалась в изучении особенностей геологии наиболее представительных месторождений и рудопроявлений, выявлении условий формирования, установлении закономерностей их размещения и прогноза оруденения. Необходимость таких исследований вызвана все возрастающей потребностью народного хозяйства в цветных, благородных, редких металлах и рассеянных элементах. В этих целях и была разработана научная основа повышения эффективности геолого-поисковых и разведочных работ.

Изучение полиметаллических месторождений Армении позволяет определить их место в общей схеме металлогении и выявить взаимоотношения полиметаллических рудных формаций с родственными им формациями—медно-молибденовой, медноколчеданной, золоторудной и другими, Полиметаллические рудные формации отличаются сложным минеральным составом и многокомпонентностью руд; изучение их способствовало выявлению формационной принадлежности месторождений и выявлению практического значения конкретных объектов.

III. Методика и объем исследований. В основу работы положены материалы полевых и лабораторных работ автора на полиметаллических месторождениях, локализованных в различных геолого-структурных зонах Армении, а также

2000



обобщение, систематизация и критический анализ опубликованных и рукописных трудов как по территории Армении, так и общетеоретических по другим регионам. Исследования автора осуществлялись одновременно с разведкой отдельных месторождений, что позволило ему собрать представительный материал. При этом широко применялись различные методы геологических, минераграфических, петрографических, петрохимических, геохимических, химических и спектрохимических исследований. По проведенным работам получены следующие результаты:

1. Изучены морфологические типы и особенности внутреннего строения рудных тел, установлена их связь со структурами и литологическими особенностями рудовмещающих пород. Это позволило выявить главные факторы формирования месторождений, оценить перспективы рудных полей и месторождений и разработать направления дальнейших поисково-разведочных работ.

2. Изучен минеральный состав руд отдельных месторождений и его изменение во времени и пространстве; обнаружен ряд новых для Армении минералов и выявлены характерные структурно-текстурные особенности руд.

3. Установлен характер распределения главных, второстепенных и благородных металлов, а также редких элементов в минералах, концентратах и рудах.

4. Результаты минералого-геохимических исследований положены в основу выделения шести рудных формаций и 18 минеральных типов полиметаллических месторождений; они позволили также выявить взаимоотношения полиметаллических и других рудных формаций, провести анализ парагенезиса и антагонизма в парагенезисе минералов, определить условия концентрации главных и второстепенных компонентов в месторождениях отдельных формаций.

5. Разработано представление о химизме рудоносных растворов и его изменении во времени и пространстве. Большое внимание уделено процессу гидротермального метасоматоза, связи с ним оруденения и выявлению геохимических особенностей рудообразования.

6. В целях металлогенического районирования территории Армении помимо геолого-структурных и минералого-геохимических данных изучены геологические особенности формирования рудоносных магматических комплексов в различных тектонических режимах подвижных зон, формы связи оруденения с разнотипными магматическими комплексами, выявлены глубины формирования месторождений, типы зональности оруденения, генетические особенности оруденения и перспективность металлогенических зон, рудных формаций

и отдельных металлов. Эти данные позволили автору, вслед за предыдущими исследователями, выявить главные структурно-металлогенические зоны, а в их пределах изучить особенности размещения месторождений. Полученные материалы использованы при среднемасштабном прогнозировании полиметаллического оруденения в металлогенических зонах, рудных районах и полях, а также при разработке практических рекомендаций по поискам и разведке.

IV. Научная новизна. Автором разработаны вопросы формирования и пространственного размещения полиметаллических месторождений республики и защищаются следующие основные положения.

1. Полиметаллические месторождения Армении (ПМА) принадлежат к различным формациям и минеральным типам. Их индивидуализация определяется геолого-структурными, минералого-геохимическими, литохимическими, структурно-текстурными и другими факторами, среди которых ведущее место занимают петрохимические особенности рудоносных магматических комплексов.

2. Доказывается, что «антагонизм» в парагенезисе минералов имеет столь же важное значение в изучении постмагматического оруденения, как и сам парагенезис минералов. Выявлен комплекс «запрещенных» минералов, совместно не возникающих в обычных условиях эндогенного рудообразования (галенит с антимонитом, халькопирит с реальгаром, аурипигментом и др.). Этот признак может быть использован при выделении рудных формаций.

3. Полиметаллическое оруденение развивается в пяти структурно-металлогенических зонах (Алаверди-Шамшадинской, Присеванской, Анкавано-Зангезурской, Кафанской и Араксинской), характеризующихся специфическими литолого-стратиграфическими, тектоническими и магматическими факторами. Установлена индивидуальность металлогенического развития каждой зоны, в том числе и впервые выделенной Араксинской. В некоторых зонах установлено смещение во времени и пространстве тектоно-магматических процессов и оруденения, а также их наложение (активизация).

4. Установлена полифациальность полиметаллических месторождений, ассоциирующих с интрузивными, интрузивно-вулканогенными и вулканогенными комплексами пород и подразделяющихся на плутоногенные, вулканоплутоногенные и вулканогенные генетические группы. Выявлены связи конкретных рудных формаций с отдельными фациями магматических комплексов, определяющие генетические особенности месторождений и интенсивность оруденения.

5. Установлено, что на различных этапах и стадиях (ран-

негеосинклинальной, позднегеосинклинальной, раннеорогенной и позднеорогенной) формирования структурно-формационных (металлогенических) зон возникают месторождения и рудопроявления различной формационной принадлежности.

6. Выявлены потенциальные возможности ПМА. Оценка перспективности металлогенических зон, рудных районов и полей на свинец и цинк весьма благоприятна. Обоснована перспективность месторождений, возрастающая от вулканогенных через плутоногенные к вулканоплутоногенным. Первоочередными объектами являются Шамшадинское, Ахталское, Арманисское, Газминское, Азатекское, Шаумянское и Тей-Личквасское месторождения.

Таким образом работы, проведенные по детальному изучению минералого-геохимических особенностей месторождений и выявлению закономерностей их пространственного размещения, позволили по-новому осветить вопросы возраста полиметаллического оруденения и связи его с конкретными магматическими комплексами, гидротермальными метасоматическими процессами, а также наметить рациональный комплекс прогнозно-металлогенических исследований и разработать поисковые критерии.

V. Аprobация, публикация и объем работы. Работа в объеме 300 стр. текста состоит из трех частей. Первая посвящена анализу геологического строения и особенностям формирования рудных полей, месторождений и рудопроявлений. Во второй части работы освещаются условия образования месторождений, в третьей—закономерности их размещения и прогноз оруденения.

Отдельные положения работы апробированы в 8 научных отчетах и монографиях автора и 30 статьях (см. список литературы). Об отдельных положениях работы докладывалось на IV (Баку, 1962 г.) и IX (Ташкент, 1979 г.) Всесоюзных металлогенических совещаниях, на симпозиуме в г. Тбилиси (1977 г.), на ежегодных научных конференциях профессорско-преподавательского состава Ереванского госуниверситета.

Работа выполнялась при кафедрах методики поисков и разведки месторождений полезных ископаемых и минералогии и петрографии геологического факультета Ереванского госуниверситета. Исследования осуществлялись в сотрудничестве с другими кафедрами факультета, геологоразведочными организациями Управления геологии Армянской ССР, Производственным геологоразведочным трестом, Институтом геологических наук АН Армянской ССР и другими организациями.

Деловое и плодотворное сотрудничество осуществлялось с работниками ИМГРЭ (г. Москва) и Института геохимии (г. Иркутск) по исследованию редких элементов, Управления геологии и Института геологических наук по координации тематики, НИГМИ и др. Разновременно автор пользовался консультациями и советами докторов наук В. Т. Матвеевко, И. Г. Магакьяна, В. С. Кормилицына и др. Неоценимы деловое, товарищеское участие, помощь и поддержка зав. кафедрой минералогии и петрографии проф. С. И. Баласаяна, доц. Т. Ш. Татевосяна, геологов различных производственных организаций. Всем названным товарищам автор приносит свою глубокую признательность.

2. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

2. 1. Краткий обзор геологической и геофизической изученности. Территория Армении геологически хорошо изучена с поверхности—для нее составлена Государственная геологическая карта М 1 : 200000, а главные рудные районы и поля закартированы в крупном масштабе. Значительная часть территории республики опоскована с использованием комплекса методов. С целью определения вертикального интервала распространения промышленных руд пробурены единичные скважины до глубины 600—800 м. Несмотря на это изученность территории Армении не соответствует современному состоянию геологической науки. Недостаточно высока геохимическая и геофизическая изученность рудных полей (особенно на глубину).

2. 2. Обзор рудоносности и опоскованность Армении. Недрa республики богаты металлическими полезными ископаемыми. Обнаружены и в различной степени изучены около 800 месторождений и рудопроявлений черных, цветных и благородных металлов. Полиметаллическое оруденение по количеству рудопроявлений занимает ведущее место. Наряду со свинцом, цинком и медью эти месторождения представляют определенный интерес в отношении концентрации благородных, редких и рассеянных элементов.

Планомерное опоскование региона производилось и производится в процессе геологических съемок, а также параллельно с разведочными работами. Принимаются различные методы геологических, геохимических, геофизических и гидрогеохимических поисков. Ведутся исследовательские работы с целью выяснения строения рудных полей и месторождений. Несмотря на проведенные многосторонние исследования, общую опоскованность площади республики в отношении полиметаллического оруденения не следует считать пол-

ной и в результате исследования глубин комплексом современных методов ожидается выявление новых рудоносных площадей.

3. ГЕОЛОГО-МЕТАЛЛОГЕНИЧЕСКИЙ ОЧЕРК И ГЕОЛОГИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

3. 1. Особенности геологического развития, магматизма и металлогении. Территория Армянской ССР занимает значительную часть горного сооружения Малого Кавказа. Последний входит в состав Средиземноморско-Гималайского альпийского складчатого пояса, и особенности его геологического развития представляют деталь истории развития всего пояса, изученного И. В. Муратовым, Г. А. Твалчрелидзе, В. Е. Хаиным и другими. В диссертации по литературным источникам приведена краткая пространственно-временная характеристика геологических и связанных с ними рудных формаций.

3.1.1. *Тектонические циклы и структурные этажи.* При анализе закономерностей размещения эндогенных месторождений важное значение имеют тектонические циклы и структурные этажи. Этот раздел составлен на основании данных К. Н. Паффенгольца, А. Т. Асланяна, А. А. Габриеляна, Г. А. Твалчрелидзе, В. Е. Хаина, Е. Е. Милановского и других. Некоторые дополнения внесены автором при проведении геологической съемки на ряде рудных полей. Согласно новым данным Г. А. Твалчрелидзе территория Армении входит в состав Закавказского и Иранского срединных массивов, разделенных Севано-Акеринской офиолитовой зоной. А. Т. Асланян выделяет здесь Антикавказский, Присеванский и Араксинский оротектонические пояса, состоящие из мегантиклинальных и мегасинклинальных зон. Последние описаны при характеристике металлогенических зон (5. 1. 3). Здесь же приведена только краткая характеристика тектонических циклов и этажей, а также слагающих их главных геологических формаций.

Байкальский цикл без подразделения на структурные этажи условно охватывает промежуток времени от верхнего протерозоя до среднего кембрия и представлен формациями метаморфических сланцев, вулканитов, карбонатных пород, гранитогнейсов, ультрабазитов и плагиогранитов.

Герцинский цикл характеризуется далеко не полным развитием и состоит из среднепалеозойского (D_1 — C_1) и верхнепалеозойского-нижнемезозойского (P — T_3) этажей, сложенных соответственно базальт-андезитовой и осадочно-терригенной формациями.

Киммерийский цикл (J_1-K_1). К началу юрского времени Малый Кавказ был разделен на два тектонических блока—Закавказский и Иранский срединные массивы. В Иранском блоке преобладал геоантиклинальный режим, а на южной периферии Закавказского массива возобновился эвгеосинклинальный режим. В течение цикла формировались нижне-среднеюрский и верхнеюрский-нижнемеловой структурные этажи. Первый сложен породами терригенно-аспидной и базальт-андезитовой, а второй—андезит-базальтовой, вулканогенно-терригенной и известняково-доломитовой формациями.

Альпийский цикл (K_2-Q) знаменуется относительно полным развитием—большой мощностью осадочных и вулканогенно-осадочных отложений, бурным проявлением эффузивного и интрузивного магматизма, дислоцированностью геологических формаций и интенсивным развитием рудных формаций. В цикле выделяются среднеальпийский ($K_2-R_1^1$) и позднеальпийский (R_3^1-Q) этапы. Среднеальпийский этап характеризуется геосинклинальным развитием и подразделяется на позднемеловой-раннепалеогеновый и средне-позднеэоценовый этажи. Первый этаж сложен терригенно-карбонатной, осадочно-вулканогенной и флишондной формациями, а второй—флишевой, осадочно-вулканогенной и липаритотуфопесчанниковой формациями. Геологические формации и тектонические движения позднеальпийского этапа характерны для субплатформенной структуры, охватывающий почти всю территорию Малого Кавказа. В этапе выделяются олигоцен-среднемиоценовый (молассовая и вулканогенно-пирокластическая формации) и позднемиоцен-плиоценовый (вулканогенно-терригенная и андезито-липаритовая формации) этажи.

3. 1. 2. *Основные этапы интрузивного магматизма.* Интрузивная деятельность на Малом Кавказе характеризуется полихронностью, различной глубиной и петрохимическими особенностями пород, объединенных в конкретные магматические формации, которые принадлежат к байкалидам и более достоверно—к киммерийской и альпийской эпохам.

Байкальская эпоха. Интрузивы древнего возраста установлены в Цахкуняцком хребте и представлены гранитогнейсовым, ультрабазитовым и плагиогранитовым комплексами. Геологический их возраст не моложе среднего палеозоя, тогда как радиологические данные указывают на раннемеловой возраст (Багдасарян, 1972). Эти, несомненно, самые древние породы региона были омоложены под воздействием наложенных процессов метаморфизма.

Герцинская эпоха. Палеозойский магматизм в регионе

проявлен крайне слабо и относится к средне-позднекаменноугольному (?) этапу (малевские плагиограниты).

Киммерийская эпоха характеризуется многообразием геологических, в том числе интрузивных формаций. Гипабиссальный магматизм выражен предбатским и предкелловейским этапами. К первому относятся Ахпатский массив плагиогранитов и гипабиссальные плагиограниты Шамшадина. В составе пород преобладают натриевые разновидности. Абсолютный их возраст 158—164 млн. лет. Интрузивы предкелловейского этапа проявлены более интенсивно. К бату относятся Кохбский, Цахкашатский, Цавский и Гехаротский интрузивы кварц-диоритового состава с переходом к габбро—и реже к гранодиоритам и плагиогранитам. В их формировании отчетливо выявляется «фазность». Возраст интрузивов определяется наличием их галек в туронских и коньякских отложениях и контактовым воздействием на отложения верхней юры.

Альпийская эпоха характеризуется многоэтапностью формирования политипных интрузивных комплексов. Выделяются позднемеловой-раннеэоценовый, предпозднеэоцен-раннемиоценовый и позднеолигоцен-раннемиоценовый этапы. В первом этапе образовались гипербазитовый и габброидный комплексы, возраст которых датируется от поздней юры до эоцена включительно. Двухфазные интрузивы второго этапа распространены очень широко и представлены от габбро-пироксенитов до граносиенитов и гранитов натрий-калиевого состава. Такое разнообразие состава пород объясняется различными уровнями размещения материнских магматических очагов. Возраст пород второго этапа определяется по прорыванию ими среднеэоценовой вулканогенной толщи и нахождением их галек в перекрывающих миоцен-плиоценовых отложениях. Интрузивы третьего этапа распространены локально, что объясняется формированием их на фоне консолидированных структур. В этом этапе в течение двух фаз внедрены щелочные синиты и порфиroidные граниты. Возраст пород определен по прорыванию гранитами сиенитов, гальки которых обнаружены в отложениях верхнего миоцена.

3.1.3. *Основные этапы субвулканического и экструзивно-эффузивного магматизма.* Территория Армении может служить эталоном при рассмотрении рудоносности вулканоплутонических комплексов, поскольку в ее пределах широко распространены как продукты недавно потухших вулканов, так и производные более древнего металлоносного интрузивно-субвулканического магматизма. Изучение этих комплексов выявило их полихронность, политипность и полифазность. Подмечена комагматичность многих экструзивно-суб-

вулканических и интрузивных комплексов. Тектоно-магматические процессы, порождающие субвулканические и экструживно-эффузивные комплексы, проявились в киммерийскую и альпийскую эпохи.

Киммерийская эпоха включает позднебайосский, ранне-меловой и сенонский этапы. В позднебайосском этапе для формирования субвулканически-экструзивных комплексов благоприятным явился Закавказский срединный массив. В заложённых здесь вторичных эвгеосинклинальных прогибах и чередующихся с ними относительных поднятиях проявился обильный магматизм. В первых возникли раннегеосинклинальные кислые вулканы последовательно-дифференцированной формации, залегающие согласно на нижнебайосских вулканитах и перекрывающиеся батскими отложениями. На поднятиях в позднегеосинклинальную стадию внедрились натровые гранитоиды и линзообразные тела кварц-альбитофиоров. Близость петрохимических параметров доказывает комагматичность вулкаников и интрузивных пород (Сагателян, 1973; Григорян, 1964). В сенонском этапе центральные части вторично-геосинклинальных прогибов испытали воздымание, а периферические части продолжали погружаться. Этот процесс сопровождался излиянием лав и внедрением штоков и даек диорит-порфиритов (до андезитов).

Альпийская эпоха подразделяется на сенонский, средне-позднеэоценовый, позднеолигоцен-раннемиоценовый и позднемиоцен-плиоценовый этапы. Сенонский этап характеризует раннегеосинклинальной стадией развития, излиянием андезитовых лав. В средне-позднеэоценовом этапе бурно проявился эффузивный магматизм. На фоне прогрессирующего погружения Присеванской и крайних периферических частей Алаверди—Шамшадинской эвгеосинклиналей происходили частые поднятия, обусловившие образование контрастно дифференцированных рудоносных комплексов, сложенных диорит-порфиритами, андезитами, фельзит-порфирами и кварцевыми плагиопорфирами. Эволюция магмы выражалась в повышении ее кислотности от ранних к поздним образованиям. В активизированной Анкаван—Зангезурской части Иранского срединного массива в этом этапе происходило извержение лав различного состава, но без четкого проявления субвулканически-экструзивного магматизма. Позднеолигоцен-раннемиоценовый этап выражен в пределах Иранского массива эффузивами, сопровождающимися незначительным субвулканически-экструзивным вулканизмом. Дробление консолидированного основания на блоки спровоцировало внедрение по межблоковым разломам субвулканически-экстру-

живных комплексов гранит-порфиров и трахисцентов. Самый молодой позднемиоцен-плиоценовый этап магматической деятельности в отношении рудоносности недостаточно ясен.

Из приведенного обзора можно сделать следующие выводы: 1) субвулканически-экструзивные комплексы комагматичны с ассоциирующими с ними интрузивами и вмещающими их вулканитами; 2) фациальные разности комагматичных пород характеризуются близостью возраста становления, общностью петрохимических параметров и частыми взаимопереходами.

3. 1. 4. *Краткий металлогенический очерк.* Территория Армении отличается высокой интенсивностью эндогенного оруденения. И. Г. Магакьян выделил Алаверди—Кафанский, Севано—Амасийский и Памбак—Зангезурский металлогенические пояса. Геологические формации, слагающие киммерийские структурные этажи Алаверди—Кафанского пояса, вмещают субвулканические тела кварцевых порфиров и кварцевых альбитофиров, с которыми ассоциирует колчеданное оруденение. В течение раннеорогенной стадии произошли внедрение гранитоидов и образование связанных с ними железорудных и отчасти медно- и барито-полиметаллических рудопроявлений. С покровами и «корнями» верхнемеловых субвулканов андезитового состава связано оруденение марганца.

Линейно-вытянутые тела гипербазитов определили металлогенический облик Севано—Амасийского пояса, характеризующегося оруденением хрома, железа, платины, никеля и кобальта. В позднегеосинклимальную стадию развития зоны образовался комплекс кварц-порфиров, продуктивных на серноколчеданное оруденение. В посторогенную стадию вдоль глубинных разломов внедрились малые интрузии кварц-порфиров и возникли связанные с ними золотое и слабое мышьяково-сурьмяное и ртутное оруденения.

В Памбак—Зангезурском поясе выступает метаморфический комплекс со слабым магнетитовым, титановым, золотым и медно-полиметаллическим оруденениями. Типичным для металлогении пояса является палеоген-неогеновое медно-молибденовое оруденение, с которым ассоциируют полиметаллическая и золотая минерализации. С миоцен-плиоценовыми малыми интрузиями связывались мышьяково-сурьмяное, ртутное и редкометальное оруденения.

Металлогения Памбак-Зангезурского пояса, по-видимому, должна быть отнесена за счет тектоно-магматической активизации северной периферии Иранского срединного массива. При такой интерпретации фактического материала здесь следует ожидать обнаружения месторождений, принадлежа-

щих к рудным формациям, характерным для этого процесса. Наконец, целесообразно Алаверди-Кафанскую зону подразделить на две части, а также выделить пятую металлогеническую зону — Араксинскую, отличающуюся геолого-структурным, магматическим и металлогеническим своеобразием (Григорян, 1969). Для этой миогеосинклинальной зоны характерно миоцен-плиоценовое оруденение железа, мышьяка, сурьмы, ртути, свинца, цинка, меди и редких элементов.

3.2. Геология месторождений и рудопроявлений. В Армянской ССР известно около 200 месторождений и рудопроявлений, руды которых в тех или иных количествах содержат минералы свинца и цинка, а также меди, золота, серебра и ряд сопутствующих элементов (кадмий, индий, селен, теллур и др.). В пределах этих месторождений устанавливается прямая зависимость типа и интенсивности оруденения от его геолого-структурного положения. Анализ накопленного материала показал, что полиметаллическое оруденение одновременно возникало в пяти структурно-формационных зонах: Алаверди-Шамшадинской, Присеванской, Анкавано-Зангезурской, Кафанской и Араксинской. По ним и приведено описание геологии наиболее характерных месторождений и рудопроявлений.

3.2.1. Месторождения Алаверди-Шамшадинской зоны относятся к формации колчеданных и подчиненных им медно-порфировой, железорудной и марганцевой. В зоне выявлено около 90 полиметаллических месторождений и проявлений, сосредоточенных в Алавердском и Шамшадинском рудных районах и детально изученных автором. Характерным представителем колчеданно-полиметаллического оруденения зоны является Ахтальское, а стратиформного цинково-свинцового — Мовсесское месторождения.

В Алавердском районе полиметаллическое оруденение сосредоточено в Алаверди-Шамлуг-Ахтальском, реже Шнохском и Карнутском рудных полях.

Ахтальское месторождение приурочено к среднеюрским порфиритам и контактам прорывающих их кварцевых плагио-порфириров, сопряженным с близмеридиональным разломом. Для всех типов руд в убывающем порядке характерны: сфалерит, галенит, халькопирит, пирит, марказит, теннантит и борнит. Подчиненное развитие имеют кварц, карбонаты и барит. Текстура руд массивная, полосчатая, структура мелкозернистая. Содержание свинца, цинка и меди в рудах высокое. Наличие серебра, золота и кадмия повышает ценность руд. Оруденение автор связывает с очагом, питавшим кварцевые плагиопорфиры. В пользу этого говорят: субвулканиче-

ски-экструзивный характер «материнских» пород, контроль оруденения дайками, секущими порфириды и др.

В Шамшадинском районе выявлено большое число рудопроявлений, сходных с Ахтальским. Они сосредоточены на Ахумском и Тавушском рудных полях, где автором установлена генетическая общность плагиогранитов и кварцевых плагиопорфиров, как фациальных разновидностей единого магматического комплекса. Иным является Мовсесское месторождение, приуроченное к верхнеюрским доломитам, переслаивающимся с известняками. Руды сложены галенитом, реже — сфалеритом, редко — пиритом и халькопиритом. В парагенезисе с ними находятся доломит и кальцит. Текстура руд вкрапленная, слоистая, брекчиевидная, структура идиоморфнозернистая. В рудах установлено аномально-высокое содержание кадмия. Месторождение принадлежит к типу стратиформных свинцово-цинковых месторождений в карбонатных породах. Предполагается регенерация сульфидов свинца и цинка из среднеюрских колчеданных месторождений, в пользу чего в работе приводится ряд доводов.

3.2.2. *Месторождения Присеванской офиолитовой зоны* обладают большой пестротой состава и типа. Здесь развиты хромитовое, железорудное, медно-гематитовое, золото-полиметаллическое оруденения, сосредоточенные в пяти рудных районах. Из них более перспективны Марц-Привольненский и Базум-Памбакский.

В геологическом строении первую главную роль играют вулканогенно-осадочные породы, собранные в пологую синклиналь, косо наложенную на Присеванскую мегасинклиналь. В ней широко развиты кварцевые порфиры, фельзит-порфиры и диорит-порфириды, граниты и кварцевые диориты. Из известных полиметаллических месторождений более значительными являются Арманисское и Привольненское.

Арманисское месторождение приурочено к крутопадающему разлому, секущему среднеэоценовые вулканиты и кварц-порфировые экструзии, являющиеся рудовмещающими. Рудные тела представлены жилами и жильными зонами. Выделяются медно-гематитовый и господствующий золото-гематит-полиметаллический типы руд. Главные рудные минералы — сфалерит, галенит, халькопирит, пирит и гематит; из жильных — кварц, гидрослюда, каолинит, хлорит и карбонаты. Текстура руд прожилковая, брекчиевая; структуры аллотриоморфнозернистая и коррозийная. Золото локализуется преимущественно в полиметаллических рудах. Месторождение относится к вулканогенно-гидротермальному типу малых глубин. Промышленная его ценность не вызывает сомнений.

Привольненское рудное поле сложено среднеэоценовыми

туфопорфирами, перекрываемыми фельзит-порфирами, кератофирами, рудовмещающими туфопесчаниками и грубообломочными туфобрекчиями. Суммарная мощность продуктивного горизонта 120 м, сложен он тонкозернистыми известковистыми туфопесчаниками. Полиметаллическое оруденение встречено на 7 участках и представлено пластами, реже жилами. Сульфиды образуют тонкие и невыдержанные прослойки. По мощности рудные пласты обособлены от вмещающих пород. В подстилающих вулканитах встречаются жилы и прожилки медно-гематитовых и полиметаллических руд. Рудослагающими минералами являются сфалерит, галенит, пирит, халькопирит, гематит, карбонаты и кварц, формирующие халькопирит-гематитовый и гематит-галенит-сфалеритовый типы. Текстура руд тонкополосчатая, структура панидиопорфнозернистая. Типоморфным элементом является бериллий.

Автор придерживается мнения о экзогальционно-осадочном происхождении месторождения (Григорян, 1958). Рудные пласты образовались в подводных условиях при фумарольно-сульфатарной деятельности, при которой вместе с терригенным материалом осаждались сульфиды, окислы, карбонаты и водные алюмосиликаты. Рудные жилы и прожилки образовались в результате циркуляции растворов через подстилающие породы. Отложение основной массы руды происходило во время пауз вулканической деятельности.

3.2.3. *Месторождения Анкавано-Зангезурской зоны* группируются в Анкаванском, Айоцзорском и Западно-Зангезурском рудных районах. В первом из них выступает метаморфический комплекс, секущийся гранитогнейсами и плагиогранитами, над которыми трансгрессивно залегают породы среднеальпийских геологических формаций, прорванных предверхнемиоценовыми гранитоидами. Полиметаллическое оруденение проявлено на Цахкуняцком (байкальская металлогения) и Мармаринском (альпийская металлогения) рудных полях.

В основании Айоцзорского рудного района обнажаются известняки верхнего мела, трансгрессивно перекрываемые эоценовыми осадочно-вулканогенными и олигоценовыми вулканогенными образованиями, вмещающими нижнемиоценовые гранитоиды. Район объединяет более чем двадцать полиметаллических рудопроявлений, сходных по геологической позиции, но отличающихся составом руд и условиями их образования. Они группируются в Газминское, Азатекское, Кавасарское и Вардениское рудные поля.

Газминское месторождение сложено среднеэоценовой вулканогенно-осадочной толщей, вмещающей штоки гранодиоритов, граносенитов и порфиroidных гранитов. Широко раз-

вит дайковый комплекс гранодиорит-порфиров и лампрофиров.

На месторождении выявлено более 100 жил и 3 зоны оруденения; около одной трети их изучено на глубину 350 м. Руды имеют свинцово-цинковый состав, но в некоторых жилах с глубиной увеличивается содержание меди. В кварцевых диоритах обнаружено медно-молибденовое оруденение, которое на данном уровне эрозионного среза имеет минералогическое значение, но с глубиной может оказаться более продуктивным.

Главные рудные минералы — сфалерит, галенит, пирит, отчасти халькопирит и тетраэдрит; жильные — кальцит, кварц, серицит и каолинит. Отношение $Pb: Zn: Cu = 1:1:0,12$. Практический интерес представляют также кадмий и серебро. Перспективы месторождения оценены недостаточно.

Азатекское месторождение геологически сходно построенно. На его участке обнажен Каялинский граносиенитовый массив. На месторождении выявлено более ста жил. Руды имеют массивную и вкрапленную текстуру при зональном распределении сульфидов. Состав руд весьма сложен. Практический интерес представляют золото, серебро, свинец, цинк, медь, сурьма и кадмий. Обогащение оруденения отмечается с приближением к интрузиву, с которым оно генетически связано.

Геологическое строение Западно-Зангезурского рудного района определяется девонскими порфиритами, на которых залегает верхнедевонская осадочная свита. Они перекрываются верхнемеловыми карбонатными и эоценовыми осадочно-вулканогенными образованиями, прорывающимися многофазным Мегринским плутоном и его сателлитами габбро-монзонит-граносиенитового ряда. Вдоль Гиратахского глубинного разлома палеозойские образования надвинуты на верхнеюрские. В центральной части района Дебаклинский разлом контролирует медно-молибденовые и золото-полиметаллические месторождения. Из последних (их около 80) более значительными являются Аравусская группа и Тей-Личквасское месторождение.

Первая приурочена к эоценовым порфиритам, прорванным гранитоидами. Они перекрываются андезитами олигоценна, секущимися экструзиями андезито-дацитов. Широко развит полихронный дайковый комплекс. В рудах определено около 30 минералов (пирит, сфалерит, энаргит, реальгар, аурипигмент, теннантит и др.). Параметры рудных тел небольшие на поверхности, однако широкое развитие метасоматитов, многокомпонентность руд с высокой золото- и сере-

броносностью дают основание для положительной оценки перспектив всей группы рудопроявлений.

Тей-Личкваское месторождение приурочено к эоценовой вулканогенной толще и прорывающим ее гранитоидам и дайкам гранодиорит-порфиров и лампрофиров. Оно расположено между Дебаклинским и Тейским разломами, создающими горстообразный блок. Среди рудных тел преобладают выдержанные зоны, в которых выделяются кулисообразно расположенные жилы, жилоподобные тела, прожилковые подзоны и гнезда. На глубине в рудовмещающих гранитоидах развита система гранит-порфировых даек, контролирующая золото-сульфидное оруденение.

Руды сложены самородным золотом, сфалеритом, галенитом, халькопиритом, пиритом и блеклыми рудами. Разнообразен и состав нерудных минералов. Золото встречается в виде самородных выделений или дисперсных примесей в сульфидах. Серебро является вторым компонентом руды. Оно присутствует в виде изоморфной примеси в сульфидах, содержание его с глубиной уменьшается. Установлены также повышенные концентрации цинка, свинца, меди, висмута, селена и теллура. Отмечается повышенное содержания индия. На месторождении имеются возможности обнаружения новых рудных участков и зон.

3.2.4. *Месторождения Кафанской зоны.* В Армянской части зоны выделяется Восточно-Зангезурский рудный район, сложенный вулканогенной, осадочно-вулканогенной, вулканогенно-осадочной толщами юры, известняками мела, терригенными отложениями палеогена и вулканогенно-осадочными образованиями плиоцена. К раннему мелу отнесено внедрение Цавского и Вачаганского массивов кварц-диоритов и небольшие тела габбро-диоритов на Кафанском рудном поле. Полиметаллическое оруденение в районе распределено весьма неравномерно. Наибольший интерес представляет Шаумянская группа месторождений, где обнажаются осадочно-вулканогенные породы, прорванные субвулканическими кварцевыми порфиритами, трансгрессивно перекрывающимися вулканогенно-осадочными образованиями верхней юры. По мнению автора, кварцевые порфириты принадлежат к субвулканически-экструзивной фации.

Полиметаллические месторождения Шаумянской группы (их 12) расположены в приосевой части Кафанской брахиантиклинали, в ее пологом северо-восточном крыле. Рудные жилы приурочены к кварцевым порфиритам. В несколько отличной геологической ситуации находятся участки Чинар, Барабатум, Хрда и Норашиеник, залегающие в осадочно-вулканогенной толще нижнего байоса, и дугой окаймляющие руд-

ное поле. В размещении полиметаллического оруденения здесь важную роль сыграли места погружения брахискладки.

В жилах наблюдается зональность отложения, выраженная уменьшением галенита и увеличением халькопирита и пирита с глубиной. В жильной массе преобладают сульфиды (пирит, сфалерит, халькопирит и галенит) и кварц. Ценными компонентами руды являются золото, цинк, медь, свинец, серебро и теллур.

Автор пришел к выводу о парагенетической связи оруденения Кафанского района с экструзивно-субвулканическими телами кварцевых порфиров. В связи с этим по-новому трактуется сущность горизонтальной зональности оруденения (см. 5.2.3). Перспективы полиметаллических жил и прожилковых зон особенно велики в отношении золота, серебра, цинка, меди и теллура.

4. РУДНЫЕ ФОРМАЦИИ И УСЛОВИЯ ОБРАЗОВАНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ И РУДОПРОЯВЛЕНИЙ

4.1. Систематика месторождений и рудопроявлений на формационной основе. Систематика месторождений на формационной основе представляется весьма важной для прогнозной оценки территории. Она способствует выявлению закономерностей образования и размещения месторождений в процессе геологического развития земной коры (Магакьян, 1967, 1969; В. Кузнецов, 1972; Кормилицын, 1973; Константинов, 1973 и др.). Н. С. Шатский (1955) отмечал, что «формационный анализ в решении вопроса распределения минеральных месторождений имеет предпочтительное значение перед всеми другими».

При систематике ПМА на формационной основе использованы понятия «рудное семейство», «комплекс рудных формаций», «рудная формация», «минеральный тип» и «парагенезис минералов». Рудное семейство объединяет ряд формаций, связанных с несколькими магматическими комплексами. Металлогеническое значение «комплекса рудных формаций» определяется генетической связью с одним магматическим комплексом нескольких рудных формаций. Характерной особенностью рудных формаций (как и всякой геологической формации) является повторяемость их во времени. Металлогеническое значение формационного анализа весьма велико, поскольку с ним связана дешифровка характера и интенсивности рудоносности конкретных территорий.

В настоящее время формационный анализ проводится в двух направлениях: 1) формационная принадлежность определяется постоянством минерального состава и геологических

особенностей месторождений (Захаров, 1965; Магакьян, 1959; В. Кузнецов, 1972, 1975; Константинов, 1972, 1973 и др.); 2) формация определяется по характеру геолого-тектонического развития отдельных участков земной коры (Билибин, 1961; Кормилицын, 1968, 1973; Кормилицын, Строна, 1971).

Систематика ПМА на формационной основе основана на представлениях о повторяемости вещественного состава руд, степени их преобразования, сходстве рудовмещающих пород и продуктов их постмагматических изменений, морфологии рудных тел, текстурно-структурных особенностей руд, геохимических условиях рудообразования и, наконец, позиции рудных формаций по отношению к конкретным магматическим комплексам. Таким образом, рудная формация объединяет однотипные по составу рудные месторождения, сходные по морфологии и внутреннему строению рудных тел, генетически или парагенетически связанные с конкретными магматическими комплексами, возникающими на определенных стадиях развития структурно-формационных зон.

По вещественному составу руд и околорудных метасоматитов в составе рудной формации выделяются минеральные типы. Они иногда представлены единичными месторождениями. Формационный анализ выявляет и ряд специфических особенностей образования и размещения ПМА. В частности, обнаруживает родственную связь полиметаллических формаций с медно-молибденовой, серно-медноколчеданной, серноколчеданной, золоторудной, сурьмяно-мышьяковой и ртутной формациями. Одновременно полиметаллические месторождения являются более распространенными и выступают в качестве связующего звена между другими рудными формациями.

По комплексу признаков ПМА объединены в шесть формаций: 1) колчеданно-полиметаллическую, 2) стратиморфную цинково-свинцовую, 3) гематит-халькопирит-полиметаллическую, 4) собственно полиметаллическую, 5) барито-полиметаллическую, 6) медно-полиметаллическую.

4.1.1. *Колчеданно-полиметаллическая формация.* Рудовмещающими для месторождений этой формации служат эффузивы и их пирокласты кислого и среднего состава. Рудные тела представлены плоскими линзами, штоками, жилами, прожилково-вкрапленными зонами и реже — гнездами. Руды сложены сфалеритом, пиритом, халькопиритом, в меньшей мере — галенитом. Типоморфными являются барит, ангидрит и гипс. В рудных штоках и линзах количество нерудных минералов незначительно. Текстура руды массивная, структура мелкозернистая. Руды в жилах крупнозернистые, с заметным развитием кварца. Цинк доминирует над свинцом

(3:1), имеются Au, Ag, Cd, Se, Te, In, Sn, Mo, Ba, Sr, присутствуют Ge, Ga, Co, Hg, редко Tl, Bi и Be.

Месторождения являются близповерхностными образованиями, подразделяются на галенит-халькопирит-сфалеритовый (Шамшадинская группа, Маймех и др.), барит-галенит-халькопирит-сфалеритовый (Ахтала и др.), золото-полиметаллический (Шаумянская группа) и сфалерит-халькопиритовый (Алаверди, Шамлуг) минеральные типы. Месторождения пространственно ассоциируют с контрастно-дифференцированными субвулканически-экструзивными телами кварцевых плагипорфиров, кварцевых порфиров и кварцевых порфиритов (см. 5.2.2). Эту формацию можно отнести к типу Куроко.

4.1.2. *Стратиформная цинково-свинцовая формация.* Небольшое число месторождений этой формации образует гнезда, линзы и псевдопластовые эпигенетические тела в карбонатных породах. Руды имеют простой минеральный состав: галенит (или церуссит), кальцит, доломит, меньше — сфалерит. Они отличаются низким содержанием благородных и рассеянных элементов, за исключением кадмия. Отношение свинца к цинку равно 5:1, а цинка к кадмию—1:1. Выделяются кальцит-галенитовый (Гандзак) и доломит-сфалерит-галенитовый (Мовсес) типы. Месторождения Армении сходны с Гюмушлугским в Нахичеванской АССР, Дзышринским в Абхазии, Каратау в Казахской ССР, Миссисипи-Миссури в США и Верхняя Силезия в Польше.

4.1.3. *Гематит-халькопирит-полиметаллическая формация.* Месторождения этой стратиморфной формации приурочены к среднеэоценовым вулканогенно-осадочным породам, прорванным комагматичными кварц-порфировыми и фельзит-порфировыми экструзиями. Оруденение сосредоточено в горизонте туфопесчаников, чередующихся с фельзитовыми туфами и порфирами: рудные тела имеют пластообразную форму и согласны с вмещающими породами. Отношение свинца к цинку составляет 1:2. Содержание рассеянных элементов незначительно. Выделяются гематит-галенит-сфалеритовый (Привольненская группа) и золото гематит-галенит-сфалерит-халькопиритовый (Арманисская и Марцигетская группы) типы.

4.1.4. *Собственно полиметаллическая формация.* Рудовмещающими являются осадочно-вулканогенные породы и прорывающие их гранитоиды. Рудные жилы, приуроченные к разрывам в изверженных породах, либо к напластованию осадочных пород, являются главным морфологическим ти-

пом. Подчиненное значение имеют прожилковые зоны, развитые вблизи крупных разрывов.

Характерные минералы руд — галенит, сфалерит, пирит, халькопирит и блеклые руды; из нерудных — кварц, карбонаты, водные алюмосиликаты. Руды крупнозернистые, отношение свинца к цинку равно 1:1. Отмечается повышенное содержание Pb, Zn, Ag, Au и постоянное присутствие Cd и Bi.

Выделяются скарново-полиметаллический (Кефашен и др.), пирит-галенит-сфалеритовый (Газма), галенит-буланжерит-антимонитовый (Азатек), серебро-галенит-халькопирит-сфалеритовый (Какавасар и др.), золото-галенит-сфалеритовый (Меградзор, Тей-Личквас) и пирит-энаргит-галенит-сфалеритовый (Аравусская группа) минеральные типы. Общим для них служит эпигенетический характер рудных тел, повторяемость ассоциаций минералов в рудах и рудовмещающих метасоматитах, единая позиция месторождений по отношению к интрузивам.

4.1.5. *Барито-полиметаллическая формация* объединяет ряд рудопроявлений, ассоциирующих с древними плагиогранитовыми и кварц-диоритовыми интрузивами. Рудные тела представлены жилами и прожилковыми зонами. Главными минералами руды являются пирит, халькопирит, сфалерит, барит и в меньшей мере — галенит. Характерно высокое отношение цинка и меди к свинцу, повышенное содержание индия, серебра и кадмия и относительно малое — Au, Tl и Be. Оруденение тяготеет к мощным зонам кварц-серицит-каолинит-диаспоровых метасоматитов.

Рудопроявления принадлежат к халькопирит-сфалеритовому (Арзаканская группа), галенит-сфалерит-халькопиритовому (Срашен, Чиман) и барит-халькопирит-сфалеритовому (Техут, Чамлуг) типам.

4.1.6. *Медно-полиметаллическая формация* выделяется условно. В Араксинской зоне выявлен ряд небольших и пока недостаточно изученных рудопроявлений свинца, цинка и меди. Оруденение представлено небольшими жилами, гнездами и прожилками, развитыми в туфогенных породах. Видимой связи оруденения с магматизмом почти не наблюдается.

Месторождения отдельных формаций повторяются в однотипных (порой разновозрастных) структурах на определенных этапах их развития. Это характерно как для монокронных (Алаверди-Шамшадинской и Кафанской), так и для полихронных (Присеванской, Анкавано-Зангезурской) структурно-формационных зон.

Полиметаллические месторождения относятся к единому семейству, однако наравне с этим внутри семейства существует антагонизм между отдельными входящими в него фор-

мациями. На этом основании автор и разработал представление об «антагонизме в парагенезисе». Сам факт выделения месторождений отдельных формаций, входящих в семейство (в данном случае, полиметаллическое), свидетельствует о наличии антагонистических признаков. Понятие «антагонизм в парагенезисе» рассматривается только на примере месторождений собственно полиметаллической и колчеданно-полиметаллической формаций, но это явление более общее. Различия в глубине формирования месторождений этих двух антагонистических формаций, в петрохимических параметрах материнских пород и другие исключают совместное образование месторождений антагонистических формаций.

4.2. Взаимоотношения полиметаллических и родственных формаций. Месторождения полиметаллических формаций возникали не изолированно, а в результате единого длительного процесса рудообразования, давшего также родственные месторождения медно-молибденовой, серно-медноколчеданной, золоторудной и других формаций. Ниже рассматриваются их сходство и различия.

4.2.1. Медно-молибденовые месторождения Армении относятся к двум формациям: медно-молибденовой и молибдено-медной (медно-порфировой). Первая палеоген-неогеновая формация объединяет месторождения гидротермального (Каджаран и др.), скарнового (Гехи, Паяган) и пегматитового (Калер) генетических типов. Месторождения собственно полиметаллической формации наиболее близки к гидротермальным медно-молибденовым месторождениям, связанным с единым натри-калиевым магматическим комплексом, и размещаются на периферии медно-молибденовых рудных полей. Месторождения меднопорфировой формации (Техут и др.) связаны с киммерийскими гранитоидами натриевого профиля и образуют характерные медно-порфировые штокверки, к которым тяготеют рудопроявления барито-полиметаллической формации.

4.2.2. Месторождения серно-медноколчеданной и серноколчеданной формаций по условиям образования и закономерностям размещения весьма сходны с колчеданно-полиметаллическими месторождениями, ассоциируют с ними и составляют единую группу колчеданных формаций. Приурочены они к осадочно-вулканогенным породам юрского и эоценового возраста, прорванным субинтрузивными и экструзивными кварцевыми плагипорфирами, кварцевыми порфирами и кварцевыми альбитофирами, а также комагматичными плагигранитами. Наблюдается сходство в морфологии рудных тел (штоки, линзы, жилы, зоны), сложенных халькопиритом, пиритом, кварцем, местами ангидритом и баритом. Для место-

рождений этих родственных формаций устанавливается близ-поверхностный уровень рудоотложения.

4.2.4. *Золотое оруденение* характерно для металлогении Армении и объединяется в большое число рудных формаций (золото-сульфидная, золото-шеелитовая, золото-колчеданная, золото-полиметаллическая). Более тесное родство с полиметаллическим оруденением обнаружено в последних двух формациях. Месторождения золото-галенит-сфалеритового минерального типа собственно полиметаллической формации и золото-полиметаллического типа колчеданно-полиметаллической формации можно отнести как к золоторудной, так и полиметаллической формациям, поскольку они представляют собой переходные типы между ними.

В работе на конкретных примерах разбираются взаимоотношения между полиметаллическими формациями с одной стороны и сурьмяно-мышьяковой и ртутной формациями, а также с сульфатным и медно-гематитовым минеральными типами — с другой.

Из анализа взаимоотношений полиметаллических и родственных им рудных формаций вытекает, что: 1) с одним магматическим комплексом часто связано несколько рудных формаций, а металлогенический облик зон и рудных районов определяется сочетанием формаций; 2) явления «антагонизма» в парагенезисе наблюдаются не только между формациями, входящими в одно рудное семейство, но и между формациями (например, между реальгар-антимонитовой и колчеданно-полиметаллической) различных семейств.

4.3. **Анализ парагенетических ассоциаций минералов.** Такой анализ позволяет восстановить направленность и необратимость эндогенных реакций, прогнозировать возможность появления равновесных ассоциаций, объяснить причины, включающие одновременное образование некоторых минералов, определить последовательность отложения минералов и роль внешних факторов в минералообразовании.

4.3.1. В шести формациях ПМА выделяется более двух десятков характерных парагенезисов минералов, самостоятельность которых обоснована их пространственной разобщенностью, пересечением минералов ранних ассоциаций поздними и геохимической равновесностью главных минералов с минералами-спутниками данной ассоциации. Каждая ассоциация, таким образом, разграничена от других во времени и пространстве и отображает ход рудоотложения в определенном интервале. Нередко для нескольких месторождений, принадлежащих к одной формации, характерны один и те же ассоциации минералов.

4.3.2. Приведен обзор литературных данных по опреде-

лению последовательности выделения минералов и установления их парагенезиса. Автор учитывает комплекс факторов — Т, Р, концентрацию, активность компонентов, режим S и O, а также растворимость соединений. Установлено, что независимо от количественных соотношений меди с мышьяком и сурьмой из одной порции растворов халькопирит выпадает после блеклых руд и энаргита, потому что 4/5 количества меди в блеклых рудах одновалентны — активны, а в халькопирите медь двухвалентная. Реакция следует по следующему пути: $6\text{Cu}^{1+} + 2(\text{AsS})^{3-} + \text{S}^{2-} \rightarrow \text{Cu}_6\text{As}_2\text{S}_3$ (теннантит) или $6\text{Cu}^{1+} + 2(\text{SbS})^{3-} + \text{S}^{2-} \rightarrow \text{Cu}_6\text{Sb}_2\text{S}_3$ (тетраэдрит).

В этих рудах простые сульфиды — антимонит, реальгар и аурипигмент — не образуются (Григорян, 1962).

Из сродственного ряда А. А. Маракушева (1971) вытекает, что тетраэдрит должен выделяться до теннантита, а последний — раньше энаргита, поскольку для отложения последнего требуется более высокий окислительный потенциал, который появляется к концу рудообразования на малых глубинах.

В последовательном ряду сульфосолей интерес представляет выделение бурнонита, происходящее после блеклых руд, но до сульфосолей свинца. Реакция имеет следующий вид: $2\text{Cu}^{1+} + 2\text{Pb}^{2+} + [\text{Sb}_2\text{S}_4]^{2-} + 2\text{S}^{2-} \rightarrow 2\text{CuPbSbT}_3$.

Последовательность выделения сульфоантимонитов зависит от концентрации Pb^{2+} и комплексного анниона $(\text{Sb}_2\text{S}_4)^2$ или $(\text{Sb}_3\text{S}^{-3})$, а также от окислительного потенциала среды. Реакция протекает по схеме: $5\text{Pb}^{2+} + 2(\text{Sb}_2\text{S}_4)^{2-} + 3\text{S}^{2-} \rightarrow 5\text{Pb} \cdot 2\text{Sb}_2\text{S}_3$ (буланжерит). При избытке в растворе Pb^{2+} отлагается галенит в парагенезисе с богатыми свинцом сульфоантимонитами (геокронитом, менегинитом); при избытке $(\text{Sb}_2\text{S}_4)^{2-}$ отлагаются лишь сульфоантимониты, бедные свинцом; галенит же вообще не образуется. Антимонит не образуется в ассоциации одновременно с сульфоантимонитами, т. к. для этого требуется высокий окислительный потенциал. В приповерхностных зонах при резком повышении окислительного потенциала среды происходит диссоциация $(\text{Sb}_2\text{S}_4)^{2-}$ и отлагается антимонит по реакции $(\text{Sb}_2\text{S}_4)^{2-} + \text{O}_2 \rightarrow \text{Sb}_2\text{S}_3 + \text{SO}_2$ или $(\text{Sb}_2\text{S}_4)^{2-} + 2\text{O}_2 \rightarrow \text{Sb}_2\text{S}_3 + \text{SO}_4^{2-}$. Наличие газа SO_2 можно постулировать, если учесть, что эндогенное рудообразование нередко завершается выделением фумарол, богатых SO_2 , а о возможности выделения SO_4^{2-} можно судить по ассоциации антимонита с баритом и гипсом (Григорян, 1960).

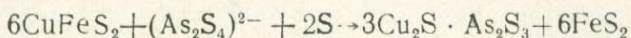
Суммируя изложенное, отметим что последовательность выпадения из растворов минералов в процессе медно-свинцово-сурьмяного (мышьякового) минералообразования сле-

дует рассматривать как результат глубинной реакции, проходящей в одном направлении. При этом равновесие между ионами наступает не в момент отложения, а до его начала и не на месте нахождения данной ассоциации, а на более глубоких горизонтах, где при высоких T и P происходит более полная дифференциация рудных элементов. Направленность процесса минералообразования выражается в закономерном изменении состава рудообразующих растворов внутри одной стадии, а также от одной стадии к другой.

4.3.3. *О «запрещенных» парагенезисах минералов.* Для определения природы эндогенных реакций изучение взаимного исключения в парагенезисе минералов не менее актуально, чем изучение самого парагенезиса минералов, поскольку оно позволяет предсказать возможность появления новых парагенезисов. Явление антагонизма между рудными минералами было отмечено впервые Г. Гильбертом (1925) при изучении парагенезиса борнита с пирротиним. Анализ парагенезисов сульфидов в полиметаллических и родственных им рудных формациях показал, что некоторые из них находятся в неравновесном состоянии, вследствие чего невозможно их совместное образование. Например, в условиях эндогенного рудообразования исключается парагенезис антимонита, реальгара и аурипигмента с халькопиритом, галенитом, аргентитом и касситеритом. На примере Азатекского месторождения было доказано, что в определенных условиях образуются сульфоантимониты свинца, но не совместно галенит и антимонит (Григорян, 1960). Выясняется, что простые сульфиды свинца и сурьмы обычно разобщены друг от друга во времени и пространстве и лишь изредка образуют сложные сульфоантимониты свинца. Эта закономерность нарушается при вулканогенном рудообразовании (при резком падении T , величине pH и повышении роли кислорода), когда $(Sb_2S_4)^{2-}$ разлагается, отдавая свободный ион S^{2-} свинцу, а реакция протекает следующим образом: $3Pb^{2+} + 5(Sb_2S_4)^{2-} + 4O_2 \rightarrow PbS + 5Sb_2S_3 + 2(SO_4)^{2-}$. Окислительный процесс здесь опережает восстановительный.

В природе часто встречаются ассоциации двойных солей с простыми соединениями сильных катионов (например, ассоциация халькопирит — блеклые руды или галенит — сульфоантимониты свинца). Двойные соли в парагенетической связи с простыми соединениями слабых катионов почти не известны (например, блеклые руды и сульфосоли свинца с антимонитом, реальгаром и аурипигментом). При образовании ассоциации блеклые руды — халькопирит в растворах не остается избытка сурьмы или мышьяка для образования ан-

тимонита или реальгара. Но если эти компоненты поступят в открытую систему блеклые руды — халькопирит, то произойдет, скорее, преобразование халькопирита в блеклые руды, чем возникновение простых сульфидов мышьяка и сурьмы. Реакция будет протекать по схеме:



Освободившееся при этом железо расходуется на образование пирита.

В случае преобладания $(\text{As}_2\text{S}_4)^{2-}$ или $(\text{Sb}_2\text{S}_4)^{2-}$ над Cu^{1+} халькопирит не образуется. После отложения потенциально возможного количества блеклых руд избыточные комплексные анионы, по примеру свинцово-сурьмяного оруденения, долго сохраняются в растворе и транспортируются на значительные расстояния. Таким образом, в парагенезисе с блеклыми рудами могут встречаться халькопирит и пирит, но не реальгар и аурипигмент или антимонит.

При наличии катионов свинца невозможно совместное выделение халькопирита с сульфосолями свинца. Это подтверждается развитием в полиметаллических месторождениях парагенезиса пирит-блеклые руды-халькопирит-галенит без сульфосолей свинца, антимонита, реальгара и аурипигмента.

Основываясь на анализе парагенезиса «запрещенных» минералов, можно сделать вывод, что простые и сложные соединения слабых катионов (As и Sb) резко разобщены друг от друга во времени и пространстве, причиной чего является способность к активному комплексообразованию сурьмы (или мышьяка), амфионные свойства последних и интенсивная поляризационная способность комплексных анионов.

4.4. Особенности распределения химических элементов.

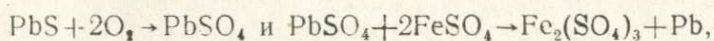
На изученных ПМА химические элементы в рудах распределены неравномерно; в них различаются главные и рассеянные. Каждый элемент характеризуется минеральным видом, геохимическим родством с другими элементами и связью с конкретными магматическими комплексами. Формы переноса элементов в эндогенных и экзогенных условиях различны.

4.4.1. К главным компонентам относятся Pb, Zn, Fe, Cu, Sb, As, Mn, S, Ba, Si и Ca, соединения которых в различных сочетаниях определяют тип формаций.

Свинец. Главным минералом эндогенных полиметаллических руд является галенит. Свинец входит в состав сульфоантимонитов и бурнонита, изредка алтаита. В экзогенных рудах он сосредоточен в церуссите, иногда англезите и плюмбоярозите. В разнотипных рудах наблюдается родство

Pb с Zn, Sb, Ag, Bi, Ba, Ti, Se, Te. Намечается геохимическая связь свинца с гранитоидами, которые содержат в шесть раз больше свинца, чем габбро и другие основные породы. Широкое развитие в рудах галенита свидетельствует о переносе свинца в виде элементарных ионов, как и других низковалентных катионов относительно крупных ионов (Щербина, 1966). По мнению других исследователей, он переносится в бисульфидной (Малышев и др., 1964), хлоридной или тиосульфидной (Щербина, 1962) формах. Автор считает, что в переносе свинца важное значение имеет тип сопутствующего аниона. Доминирование простого аниона $(S)^{2-}$ приводит к мысли, что основное количество свинца переносилось гидротермами в виде свободного катиона. Только в отношении свинцово-сурьмяных руд можно полагать, что металл частично переносился в виде комплексных ионов типа $PbCl_2$ или $Pb(HS)^{2+}$.

В зоне окисления свинец слабо мигрирует, переходя в церуссит через менее устойчивый англезит. Однако концентрации церуссита в Армении не известны, за исключением цинково-свинцовых и свинцово-сурьмяных месторождений, залегающих в карбонатных породах. Одновременно в аллювиальных отложениях порой устанавливается самородный свинец. Можно полагать, что его восстановление из галенита следовало по такому пути:



т. е. под влиянием перехода неустойчивого закисного сульфата железа в окисный.

Цинк. В первичных рудах сосредоточен в сфалерите и его разновидностях — марматите и клейофане. Он относится к главным металлам изученных руд. Наиболее высокая концентрация цинка фиксируется в месторождениях колчеданно-полиметаллической формации, что подразумевает его родство с кислыми дифференциатами базальтоидной магмы натрового профиля. Цинк переносился растворами в виде простого иона при низком pH среды (Малышев и др., 1964). В зоне окисления для него характерны легкорастворимые комплексы $(ZnO)^{2-}$, $(ZnOH)^{1+}$, которые придают ему повышенную миграционную способность, обеспечивающую формирование обширных вторичных ореолов рассеяния.

Медь встречается в составе халькопирита, реже — борнита, тетраэдрита, теннангита, еще реже — энаргита и бурнонита. Халькозин, ковеллин, малахит и азурит отмечаются в зонах гипергенеза и вторичного сульфидного обогащения.

ния. Наибольшая концентрация меди характерна для колчеданно-полиметаллических руд, в которых устанавливается геохимическое родство меди с As, Ag, Se и Ge. В других формациях эта связь выражена не очень четко ввиду двойственности связи серебра, мышьяка и селена с медью и свинцом. В зоне гипергенеза преобладают соединения двухвалентной меди. Набор гипергенных минералов зависит от рудообразующих пород.

Железо входит в состав пирита, халькопирита, гематита, марказита, анкерита и сидерита. Пирротин — очень редкий минерал в ПМА. В зоне окисления развиты лимонит, гётит, гидрогётит, ярозит и др. Отсутствие магнетита и пирротина при широком распространении пирита (иногда марказита и гематита) свидетельствует о низком восстановительном режиме среды рудообразования.

В работе охарактеризовано поведение и других главных компонентов (Mn, Sb, As, S, Ba, Si, и Ca).

4.4.2. *Особенности распределения редких и рассеянных элементов.* В ПМА редкие и рассеянные элементы часто образуют повышенные содержания, что делает необходимым комплексную оценку перспектив отдельных месторождений.

Золото является постоянной примесью полиметаллических руд, а в ряде случаев образует заметные скопления. Наиболее высокие его содержания в золото-галенит-сфалеритовом типе месторождений. Между свинцом, цинком и золотом установлена прямая корреляционная связь. Относительно высокой концентрацией золота (как и теллура) обладают руды Шаумянского месторождения, в отличие от которого в скарновом и гематит-халькопирит-полиметаллическом типах, а также цинково-свинцовой формации его мало. Установлено отчетливое геохимическое родство золота с As, Bi и Te.

Серебро является типичным элементом полиметаллических руд, но содержание его колеблется резко. Основными его носителями являются сульфиды (галенит, халькопирит) и сульфосоли (тетраэдрит, теннантит, буланжерит). Геохимическое родство серебра со свинцом общеизвестно, но свинцаки в карбонатных породах отличаются низкой серебронасностью. Отношение серебра к золоту высоко в рудах, содержащих заметное количество сурьмы. Вообще геохимическое родство между серебром и сурьмой выражено более отчетливо, чем между золотом и мышьяком. Высокая концентрация серебра характерна в большей степени для среднетемпературных месторождений, чем для высоко- и низкотемпературных.

Кадмий присутствует преимущественно в минералах в виде изоморфной примеси. Гринокит обнаружен лишь в рудах Мовсеса в виде редких зерен. Четко выражено родство кадмия с цинком в сфалеритах, причем содержание его от высокотемпературных разновидностей сфалерита к низкотемпературным уменьшается. В зоне гипергенеза наблюдается заметное снижение содержания кадмия, что объясняется его высокой миграционной способностью.

Индий в рудах образует не постоянные концентрации. Повышенной индиеносностью отличаются отдельные типы собственно полиметаллических и барито-полиметаллических руд. В массивных колчеданных рудах индий практически отсутствует. Повышенная концентрация индия в высокотемпературных сфалерите и халькопирите свидетельствует о его родстве с цинком и медью. В зоне окисления индий проявляет слабую тенденцию рассеяния. Отсутствие касситерита в ПМА является отрицательной предпосылкой для оценки перспектив индия.

Висмут находится большей частью в виде изоморфной примеси в сульфидах, изредка встречается айкинит. Постоянное присутствие висмута в собственно полиметаллической и медно-молибденовой формациях подтверждает принадлежность их к единому рудному комплексу. В работе описаны остальные редкие и рассеянные элементы, развитые в ПМА.

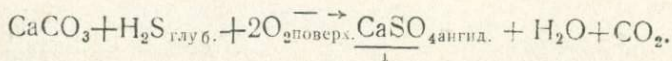
4.3.3. *Формы нахождения элементов-примесей* в минералах-хозяевах порой служат показателем среды рудоотложения. В зависимости от сочетания химической и кристаллохимической активностей элементов, процессы дифференциации и кристаллизации рудного вещества протекают различно. Минералы полиметаллических руд часто содержат элементы, представленные в виде изоморфных и сорбционных примесей, а также эпитаксических сростаний. Изоморфизм более четко выражен в главных минералах полиметаллических руд. При переходе от фации глубинных руд к рудам малых глубин интенсивность изоморфизма возрастает.

Изоморфные примеси в минералах разделяются на элементы с постоянным изоморфизмом (Ag, Se, Cd и др.) и с типоморфным изоморфизмом (Bi, Jn, Ge, Te и др.). Можно думать, что существует непрерывный изоморфный ряд в системе $PbS-Sb_2S_3$, кристаллооптические константы которых меняются в сторону антимонита при увеличении количества сурьмы в системе и в сторону галенита при преобладании свинца.

Сорбированные элементы характерны для супергенных минералов (лимонита, пиролюзита, каолинитов и др.), концентрирующих Pb, Zn, Cu, Cd, Be и др. Эпитаксические сроста-

ния мельчайших включений халькопирита в сфалерите, алтанте, галеновисмутите или айкинита в галените рассматриваются как механические примеси парагенных минералов, характеризующихся одинаковыми условиями отложения.

4.1.4. *Выявление зависимости состава минералов руд от рудовмещающих пород* устанавливает, что при повышении концентрации в гидротермальной системе петрогенных элементов (за счет воздействия вмещающих пород) способствует осаждению рудных минералов. Примером служит Кафанское рудное поле, где полиметаллические рудные тела, сложенные жильным кварцем и куполами вторичных кварцитов, приурочены к кварцевым порфирирам, и Айондзорский район, рудные тела которого содержат карбонаты, заимствованные из туфогенных пород, богатых Са и Mg. В колчеданных месторождениях рудные тела часто экранируются ангидритом и гипсом, переотложенными из горизонтов карбонатных пород под воздействием сернокислого газа по реакции:



В работе описываются примеры образования метасоматического пирита за счет аксессуарного магнетита из рудовмещающих пород, алуниита и каолинитов за счет кислых эффузивов и т. д.

4.5. Геохимические особенности рудообразования.

4.5.1. По представлениям В. В. Щербина (1962), изменения в составе растворов или условий среды «приводят к прекращению миграции и выпадению в осадок труднорастворимых твердых соединений минералов». Исходя из анализа парагенетических ассоциаций и характера гидротермальных изменений рудовмещающих пород, можно заключить о первичном слабокислом составе колчеданно-полиметаллических рудоносных растворов, сменяющихся в процессе отложения слабощелочными, а в конце процесса — вновь слабокислыми за счет окисления части сероводорода.

Цинково-свинцовые руды отлагались из слабощелочных или нейтральных растворов. Гематит-полиметаллические руды образовались в изменчивых условиях вначале из слабокислых растворов при участии внешних агентов (O_2 , CO_2 , H_2O). Сульфиды отлагались в условиях слабощелочной сернистой среды, а окислы — из кислых растворов в период перерыва вулканической деятельности и активизации атмосферного кислорода. Собственно полиметаллические руды отлагались из слабощелочных растворов, о чем свидетельствуют серицитизация рудовмещающих пород, ассоциация карбонатов и сульфидов, присутствие сульфосолей в рудах.

При формировании барито-полиметаллических месторождений растворы были нейтральными, в пользу чего говорит совместное отложение каолинитов и сульфидов и присутствие в рудах барита.

Таким образом, растворы имели слабокислый — слабощелочной характер, что не исключает возможности возникновения на малых глубинах или поздних этапах рудообразования кислых растворов.

4.5.2. Главная часть руд ПМА транспортировалась в виде истинных—ионных растворов, в пользу чего говорит преобладание в них простых сульфидов. В близповерхностных месторождениях рудоотложение осуществлялось из коллоидных растворов, однако с глубиной их роль заметно уменьшается. Образование комплексных ионов повышает стабильность металлов в растворах, особенно при высоких температурах (А. А. Маракушев, 1971). На примере сурьмы и мышьяка автором доказывается, что прочность комплексного соединения находится в обратной зависимости от величины окислительно-восстановительного потенциала. Подчеркивается важная роль комплексных соединений сурьмы, мышьяка, свинца, меди, серебра и золота при образовании сульфосолей. Исходя из этого, рудное вещество, по-видимому, могло транспортироваться в виде ионных, коллоидных, комплексных и, возможно полимерных соединений. Эти представления, основанные на геологических наблюдениях, нуждаются в подтверждении экспериментальными исследованиями.

5. ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАЗМЕЩЕНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Высокая степень геологической изученности Армении способствовала созданию автором металлогенической карты республики по свинцу и цинку. В ее основу положен принцип о полициклическом геосинклинальном развитии региона. На ней нашел отражение формационный анализ осадочных, магматических и рудных образований, что с использованием современных тектонических материалов позволило разработать схему металлогенического районирования территории.

5.1. Металлогеническое районирование.

5.5.1. *Основные принципы районирования.* Среднемасштабная прогнозно-металлогеническая карта ПМА составлена на основе карт геологических формаций и тектонической. На ней показаны факторы (стратиграфический, литологический, тектонический, магматический, фактор метаморфизма), влияющие на образование и размещение оруденения. Учтена и глубина эрозионного среза месторождений.

На специализированной основе карты породы, слагающие стратиграфический разрез, объединены в формационные комплексы и структурные этажи, характеризующиеся различным литологическим составом. Показаны региональные структуры, разновозрастные и разноглубинные магматические комплексы. Учтены данные шлиховой съемки, металлометрических, гидрогеохимических и геофизических исследований. Нашли отражение тектонические циклы, их этапы и стадии, нанесены отдельные структурно-формационные и металлогенические зоны, показан их геологический профиль, степень рудной минерализации, геохимической изученности, опоскованности и разведанности каждой из них.

На картах показаны все месторождения и главнейшие рудопроявления с отнесением их к киммерийской и альпийской (частично, байкальской) эпохам, а в их пределах — к ранне- и позднегеосинклинальной, ранне- и позднеорогенной стадиям. Месторождения и рудопроявления объединены в формации, а в последних выделены минеральные типы. Они расчленены на плутоногенный, плутоногенно-вулканогенный и вулканогенный генетические группы, а последние — на скарновый, гидротермальный, телетермальный, гидротермально-осадочный и др. типы. Отражены масштабы месторождений и морфология рудных тел.

На карте оконтурены металлогенические зоны, рудные районы и поля. На прогнозной накладке к карте показаны рудоносные площади, рекомендуемые под поисковые и разведочные работы различной очередности, и, наконец, дана количественная прогнозная оценка рудных полей на свинец, цинк а иногда и на медь, с указанием глубины возможного распространения оруденения.

5.1.2. *Главные рудолокализирующие факторы*, определяющие закономерности размещения ПМА, систематизированы в две группы: геолого-тектоническую (структурный, стратиграфический и фактор глубины) и минералого-геохимическую (совокупность особенностей рудоносных магматических комплексов и рудовмещающих пород, степень концентрации главных и рассеянных элементов в рудах и рудовмещающих породах, концентрация микроэлементов в рудоносных породах, типы и фации гидротермальных метасоматитов и т. д.).

5.1.3. *Особенности металлогенических зон и рудных районов*. Используя новые геологические материалы на схеме металлогенического районирования, помимо трех ранее известных металлогенических поясов, выделена еще одна зона — Араксинская, а Сомхето-Кафанский пояс разделен на две зоны. Таким образом, полиметаллические месторождения и рудопроявления неравномерно размещаются в Алаверди-

РАЗМЕЩЕНИЕ ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ И РУДОПРОЯВЛЕНИЙ В МЕТАЛЛОГЕНИЧЕСКИХ ЗОНАХ АРМЕНИИ

Табл. 1.

Металлогенические зоны	Металлогенические эпохи	Геотектонические стадии развития	Металлогенические этапы	Рудоносные магматические комплексы	Рудные формации	Глубины формирования	Контроль оруденения	Рудовмещающие породы	Примеры месторождений
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Алаверди-Шамшадинская	Киммерийская	Позднегеосинклинальная с признаками перехода в раннеорогенную	1. Верхнебайосский	Кварц-плагиопорфир-плагиогранитовый	Колчеданно-полиметаллическая	Ближповерхностная	Антиклинальные складки, межформационные зоны смятия, разрывные нарушения	Основные порфиры, кварцплагиопорфиры	Шамшадинская группа, Ахтала
		Позднегеосинклинальная-раннеорогенная	2. Раннемеловой (неокомский (?))	Кварц-альбитофирный		Ближповерхностная, небольшая	Антиклинальные складки, подпруживающие экраны, разрывные нарушения	Кератофиры, агломератовые туфы	Алаверди, Шамлуг
		Раннеорогенная	3. Предколловейский	Кварц-диоритовый (?)		Умеренная	Приконтактные полости	Вулканогенно-осадочные группы	Гехаротская, Шнохская
		Позднеорогенная	4. Послепозднеюрский (?)	Цинково-свинцовая		Небольшая	Разрывные нарушения, межформационные полости, пачки доломитов	Доломиты, доломитизированные известняки	Мовсес, Кармрашен
Присеванская	Альпийская	Раннегеосинклинальная		Фельзит-порфировый, диорит-порфировый	Гематит-халькопирит-полиметаллическая	Приповерхностная, близповерхностная	Синклинальные складки, разрывные нарушения	Фельзитовые порфиры и их туфы	Привольнинская и Марцигетская группы, Арманис
		Позднегеосинклинальная	Средне-позднеэоценовый	Кварц-плагиопорфир-овый	Колчеданно-полиметаллическая	Ближповерхностная	Разрывные нарушения	Андезитовые порфиры	Андраники-джур, Маймех, Анкадзор
Анкавано-Зангезурская	Байкальская (?)	Позднегеосинклинальная	Раннепалеозойский	Плагиогранитовый	Барито-полиметаллическая	Небольшая, умеренная	Разрывные нарушения	Плагиограниты, метаморфические сланцы	Арзакан, Бжни
	Альпийская	Раннеорогенная	Среднеэоценовый — предолигоценовый Позднеэоценовый — раннемиоценовый	Габбро-сиенит-гранитовый Монзонит-сиенит-гранитовый	Собственно-полиметаллическая	Средняя Умеренная, средняя	Разрывные нарушения Антиклинальные складки, разрывные нарушения, приконтактные полости	Интрузивы, вулканиты Туфогены, порфиры, гранитоиды	Меградзор, Арчасар, Зар Газма, Азатек, Какавасар, Аравус, Аткиз и др.
	Позднеальпийская	Позднеорогенная	Средне-позднемиоценовый	Малые интрузии, гранодиорит-порфиров	Полиметаллическая	Ближповерхностная	Зоны брекчирования и дробления	Вулканиты	Вагашен, Варденис, Терп, Капутсар
Кафанская	Киммерийская	Позднегеосинклинальная	Позднебайосский	Кварц-порфировый	Колчеданно-полиметаллическая	Ближповерхностная	Страгиграфический, разрывные нарушения первого и второго порядков	Кварц-порфиры, порфиры	Шаумян, Халадж, Барабатум, Норашеник
		Раннеорогенная	Предколловейский	Кварц-диоритовый	Барито-полиметаллическая	Умеренная, средняя	Приконтактные полости	Порфиры	Цавская группа
Араксинская	Позднеальпийская	Позднеорогенная	Позднемиоцен-плиоценовый	Липарито-дацитовый	Медно-полиметаллическая	Ближповерхностная	Благоприятные горизонты; туфобрекчи, разрывные структуры	Вулканогенно-осадочные породы	Блрашен, Востан

Шамшадинской, Присеванской, Анкавано-Зангезурской, Кафанской и Араксинской металлогенических зонах, в которых выделяются 9 рудных районов и 26 полей.

5.1.3.1. Алаверди-Шамшадинская зона является частью крупной Сомхето-Карабахской геотектонической структуры. Ее армянская часть включает северо-восточные районы республики. Принадлежность зоны к категории вторичных эвгеосинклиналей устанавливается по подстилающему сиалическому фундаменту, умеренной мощности вулканогенного выполнения, кислому его составу и пологой складчатости (Твалчрелидзе, 1977). В строении зоны принимают участие юрские и меловые известково-щелочные осадочно-вулканогенные формации, относящиеся к последовательно дифференцированной формации, с преобладанием пород средней кислотности. Комплекс габбро-гранодиоритов (верхнеюрский-нижнемеловой) является интрузивным комагматом юрского вулканизма.

В зоне развиты месторождения киммерийской эпохи (табл. I), относящиеся к серно-медноколчеданной и колчеданно-полиметаллической формациям. В рудных районах Алавердском и Шамшадинском размещаются колчеданно-полиметаллические (Ахтала, Шамшадин), барито-полиметаллические (Техут и др.) и стратиформные цинково-свинцовые (Мовсес) месторождения.

Эндогенные рудные формации развивались полихронно: колчеданно-полиметаллическая — позднебайосская, серно-медноколчеданная — раннемеловая, цинково-свинцовая — послепозднеюрская, железорудная, меднопорфировая, барито-полиметаллическая — предкелловейская, марганцеворудная — сеноманская.

Важной чертой металлогении зоны являются омоложение (скольжение) в северо-западном направлении тектонических структур и рудномагматических комплексов и их полифациальность. Малая глубина формирования большинства месторождений устанавливается по отсутствию в зоне скарных и пегматитовых образований, низкой концентрации легколетучих компонентов (кроме серы) в рудах. Наличие цинково-свинцовых руд в верхнеюрской карбонатной толще автор рассматривает как результат регенерации металлов из среднеюрских колчеданных месторождений. В юго-западной части зоны на границе с Присеванской зоной расположен палеогеновый интрузив (Лалвар), с которым связано медно-пегматитовое проявление (Алвард). Можно полагать, что этот район возник в результате отражения здесь магматических и металлогенических процессов, характерных для сопредельной зоны.

5.1.3.2. Присеванская зона является северо-западной частью Севано-Акеринской интрагеосинклинали. Она сложена разновозрастными спилито-диабазовой, андезит-дацитовой и осадочно-вулканогенной формациями. В ней развиты массивы ультраосновных и основных пород, а также более поздние штоки гранитоидов (Урут, Геджали). Щелочные и кислые интрузивы Памбакского хребта служат примером наложения магматических образований Анкавано-Зангезурской зоны на Присеванскую. Эндогенная минерализация приурочена к двум субширотным подзонам. Северная представляет собой узкий, выдержанный трог, на который косо наложена Южная подзона (Привольно-Памбакская мульда). В первой из них развиты раннегеосинклинальные гипербазиты и габбро с платино-хромитовой и железорудной минерализацией. С более кислыми дифференциатами основной магмы связывается оруденение золота, серебра, мышьяка, сурьмы и ртути. Полиметаллическое оруденение для подзоны не характерно.

В Южной подзоне оруденение связано с андезит-липаритовым комплексом и представлено серноколчеданной, гематит-золото- и колчеданно-полиметаллическими формациями, развитыми в Марц-Привольненском и Базум-Памбакском рудных районах. В последнем известны золото-шеелитовая и редкометальная минерализации, характерные для Анкавано-Зангезурской зоны.

5.1.3.3. Анкавано-Зангезурская зона считается самой древней структурно-формационной единицей, где геосинклинальный режим начался в протерозое и завершился в среднем кембрии. Байкальская металлогения выражена в зоне слабо, на нее наложена альпийская. Начиная с позднего палеозоя и до позднего мела зона входила в состав консолидированного срединного массива, но в конце эоцена она испытала интенсивную тектоно-магматическую переработку. В современном плане она представляет собой систему интенсивно смятых антиклиналей и синклиналей, собранных в крупный антиклинорий, ось которого в северо-западном направлении неоднократно ундулирует. В результате активизации здесь возникло крупное сводово-глыбовое поднятие, в которое внедрился сложный многофазный интрузив габбромонцонит-гранитоидного состава. С ним связано медно-молибденовое, золотое, полиметаллическое, железорудное, мышьяково-сурьмяное и редкометальное оруденение.

Полиметаллические месторождения зоны принадлежат к собственно полиметаллической формации, включающей ряд минеральных типов. Они развиваются зонально на периферии медно-молибденовых рудных полей. Полиметалличе-

ское оруденение приурочено к трещинам скола и представлено в кварцево-рудных телах.

В зоне по направлению к юго-востоку отмечается омоложение магматических пород и рудных месторождений. Здесь выделяются рудные районы — Анкаванский, Айоцзорский и Западно-Зангезурский, металлогеническая характеристика которых приведена в диссертации. В отношении полиметаллического оруденения наиболее перспективен Айоцзорский рудный район.

5.1.3.4. Араксинская зона как самостоятельная металлогеническая единица впервые была выделена автором (Григорян, 1969). Палеозойские отложения представляют собой эллиплатформенный чехол Иранского срединного массива. Начиная с позднемелового времени здесь проявляются тектонические движения, обусловившие образование тектонических блоков и возникновение политипных, малоглубинных магматических комплексов от ультрабазитов до трахилипаритов. Оруденение в зоне развито фрагментарно. В ее армянской части выделяются Арагацкий, Абовянский и Араратский рудные узлы, первый из которых перспективен на полиметаллическую минерализацию. С гранитоидами связано медно-серноколчеданное (Азизкенд), с андезитами — медно-полиметаллическое (Востан, Блашен), а с субщелочными трахисиинитами — ртутное и мышьяковое проявления.

По геолого-металлогеническим особенностям Араксинская зона отличается от сопредельной Анкавано-Зангезурской, вдоль границы с которой порой размещаются молодые мышьяковые (Агверан, Веди) и ртутные (Хосров, Аригли) оруденения.

5.1.3.5. Кафанская зона охватывает юго-восточную часть Армении, распространяясь на юг в Азербайджан и далее — в Северный Иран. Зона сложена юрскими и нижнемеловыми осадочно-вулканогенными отложениями, прорванными верхнебайосскими субвулканически-экструзивными, а также нижнемеловыми и верхнеэоценовыми интрузивными массивами. Металлогения зоны преимущественно киммерийская, подразделяющаяся на позднебайосский, предсеноманский и позднемеловой этапы. В течение первого образовались серно-медноколчеданные и колчеданно-полиметаллические месторождения Кафанского района, находящиеся в парагенетической связи с субвулканически-экструзивным комплексом кварцевых порфиритов (Григорян, 1975). В предсеноманский этап внедрилась серия гипабиссальных гранитоидов, с которыми связано серноколчеданное с медью и молибденом, золото-полиметаллическое и гематитовое оруденения. С верхнемело-

вым вулканизмом связаны гидротермально-осадочные марганцевые проявления.

5.2. Тектоно-магматические процессы и оруденение.

5.2.1. *Положение рудоносных магматических комплексов в крупных тектонических структурах.* Геологическое развитие Альпийско-Гималайского складчатого пояса, составной частью которого является Малый Кавказ, охватывает четыре крупных тектонических цикла. Из них байкальский и герцинский циклы в силу фрагментарности проявления изучены пока слабо. Киммерийский и альпийский циклы проявлены отчетливее. Раннегеосинклинальные стадии киммерийского и альпийского циклов выражены в эвгеосинклинальных зонах и представлены слабо дифференцированной базальт-андезитовой и андезит-дацитовыми формациями, стерильными в отношении рудной минерализации. На фоне общего погружения эвгеосинклиналей в позднегеосинклинальную стадию происходили локальные поднятия и внедрение контрастно дифференцированных интрузивно-субвулканически-экструзивных комагматических комплексов натриевого профиля, порождающих колчеданно-полиметаллическое и серно-медноколчеданное оруденение. Размещение раннегеосинклинальных формаций во времени и пространстве носит региональный характер, а позднегеосинклинальных — локальный (дискретный), но волнообразно скользящий, направленный характер.

Орогенный этап развития региона выражен локально. Он знаменуется формированием крупных массивов гранитоидов умеренно-кислого состава. Вслед за гранитоидами и связанными с ними месторождениями меди, молибдена, золота, свинца и цинка проявились крупные разломы, вдоль которых внедрились малые интрузии кислого состава, несущими проявления разнотипного оруденения, относительно небольшого размера. Свинцово-цинковая минерализация обычно ассоциирует с комплексом липарито-дацитов.

Автор обосновывает следующие выводы:

1. В эвгеосинклинальных и геоантиклинальных зонах эволюция магматизма имеет гомодромный характер — от основных пород к кислым.

2. Магматизм раннегеосинклинальной стадии знаменуется образованием эффузивов слабо дифференцированной основной магмы, стерильной на эндогенное оруденение. Позднегеосинклинальная стадия характеризуется образованием интрузивно-экструзивных комплексов, породивших колчеданное оруденение.

3. В орогенный этап сформировались дифференцированные массивы гранитоидов, в связи с которыми проявилась интенсивная эндогенная рудная минерализация. В поздне-

орогенную стадию были внедрены щелочнокислые малые интрузии со слабым редкометальным оруденением.

5.2.2. *О связи оруденения с магматическими комплексами.* ПМА принадлежат преимущественно к постмагматическим образованиям. По комплексу признаков (их около 8) выделены рудоносные магматические комплексы, по отношению к которым ПМА расчленяются на четыре группы:

1. Месторождения, явно генетически связанные с магматизмом — собственно полиметаллической и барито-полиметаллической формаций; так не вызывают сомнения в скарново-полиметаллическом типе, относящемся к первой формации и приуроченному к контактам гранитоидов с известняками, генетическая связь с изверженными породами. Примером зонального размещения оруденения по отношению к рудоносным интрузивам служат месторождения Айоцзорского рудного района. Об их непосредственной связи с магматизмом свидетельствует также сходная гипабиссальная глубина интрузивных пород, гидротермальных метасоматитов и рудных тел, близость по времени их образования (36—41 млн. лет), отсутствие признаков метаморфизма руд, типоморфность микроэлементов (Ag, Sr) для руд и материнских пород, непосредственные переходы полиметаллического оруденения в медно-молибденовое, генетическая связь которого с гранитоидами вполне очевидна.

2. Месторождения с достоверными признаками парагенетической (иногда генетической) связи с магматическими породами относятся к колчеданно-полиметаллической формации. Они ассоциируют с интрузивно-субвулканически-экструзивными кварцевыми плагиопорфирами и кварц-порфиритами — дифференциатами базальтоидной магмы. Рудоносные магматические комплексы и колчеданные месторождения контролируются едиными структурами. В полихронных колчеданных месторождениях, повторяются многие минералогическо-геохимические черты, общие для «материнских» пород, гидротермальных метасоматитов и руд.

3. Месторождения с косвенными признаками парагенетической связи с вулканизмом объединяются в гематит-халькопирит-полиметаллическую и медно-полиметаллическую формации. Эпигенетические и сингенетические рудные тела сходного состава ассоциируют с вулканическими телами близ- и приповерхностной фаций. Характерно высокое содержание микроэлементов (Co, Sr) в рудных телах и неизмененных фельзитовых порфирах, контролируемых одними и теми же разломами.

4. Эндогенные месторождения без видимых признаков связи с магматизмом относятся к стратиформной цинково-

свинцовой формации в карбонатных породах. В пользу магматогенного происхождения оруденения свидетельствует эпигенетический характер рудной минерализации, структурный контроль ее и гидротермальная доломитизация рудовмещающих известняков.

Таким образом, рудоносные магматические комплексы в значительной степени определяют характер полиметаллического оруденения. Этим обстоятельством обусловлено размещение разновозрастных месторождений, принадлежащих единой рудной формации, в сходно построенных разобщенных структурно-формационных зонах.

Степень рудоносности кислых дифференциатов базальтоидной магмы значительно выше, чем ее недифференцированных производных. Одновременно менее дифференцированные умеренно-кислые гранитоиды во много раз продуктивнее на свинцово-цинковое оруденение, чем кислые граниты.

5.2.3. Зональность оруденения в полиметаллических и родственных им месторождениях. Зональность рудных месторождений достаточно детально изучена в различных аспектах. Впервые поднял эту проблему В. Эммонс, разработавший известную гипотезу зональности рудных месторождений по отношению к батолитам, гранитам. Не меньшей популярностью пользуются дополнения к этой гипотезе С. С. Смирнова. В. И. Смирнов различает различные типы зональностей-отложения, приоткрывания трещин и др.

В 1963 г. в Праге первая конференция МАГРМ (Ассоциация по генезису рудных месторождений) была посвящена этому важному вопросу. Я. Кутина здесь развил идеи о структурной поли- и моноанцедентной зональности рудных тел. Здесь же и более детально впоследствии Г. А. Твалчредидзе (1968) разработал представления о региональной или металлогенической зональности рудных провинций.

Таким образом, зональность может быть рассмотрена в различных аспектах, как зональность рудных провинций, рудных районов, рудных месторождений и рудных тел. Исходя из этого автором зональность полиметаллических и родственных им месторождений описывается в качестве явления, обусловленного развитием структур, составом рудовмещающих пород и глубиной формирования месторождений. Приводятся примеры прямой и обратной зональности оруденения, выраженной в региональном плане, в рудных полях, месторождениях и рудных телах по горизонтали и вертикали, вызванной центробежной направленностью развития структур при складкообразовании, вокруг интрузивов или вблизи рудоконтролирующих разрывов. Породы, вмещающие полиметаллические месторождения, в силу их петрофизических и

и литохимических особенностей подразделяются на три группы: 1) благоприятные породы — вулканыты с высокой пористостью, средней- и вышесредней кремнекислотностью, богатые К, Na, Ca, Mg — кварцевые порфириты, кварцевые плагиопорфириты, туфогенные и карбонатные породы, в которых зональность проявлена отчетливо; 2) менее благоприятные породы — порфириты нижесредней кремнекислотности, слабоизмененные гранитоиды, фельзитовые туфы с низким содержанием щелочных компонентов и высокой пористостью, в которых зональность выражена слабее и обусловлена в большей степени петрофизическими, чем литохимическими свойствами; 3) литологически неблагоприятные породы — роговики, вторичные кварциты, окремненные порфириты, неизмененные гранитоиды, сланцы высокой плотности и упругости—препятствующие зональному размещению рудных тел.

Влияние на рудную зональность глубины формирования месторождений имеет следующее выражение: месторождения мезо- и гипабиссальных глубин сложены дифференцированным рудным веществом, зональность которого выражена по латерали. Что касается месторождений, сформированных в субвулканических условиях, то в них более отчетливо выражена вертикальная зональность.

5.2.4. *Глубина формирования месторождений.* Важной особенностью ПМА является их генетическая связь с разнотипными и разнофациальными магматическими комплексами. В связи с этим многие особенности этого оруденения познаются при изучении глубины их образования. Однако мы не располагаем четкими критериями для определения глубины, поэтому автор использовал косвенные признаки — ассоциацию месторождений с магматическими породами, морфологию рудных тел, парагенезис минералов в рудах и околорудных метасоматитах, структурно-текстурные особенности руд, степень дифференцированности рудного вещества, характер зональности и изоморфизма, степень метаморфизма. В результате было установлено, что рудоносные магматические комплексы и продукты постмагматической деятельности принадлежат к различным фациальным группам, глубина которых не превышает 3,5 км. Исходя из этого, ПМА были систематизированы в четыре фациальные группы — мезоабиссальную (3,5—2,5 км) (Тей-Личквас, Пирзами, Кефашен), гипабиссальную (2,5—1,5 км) (Гамза, Меградзор, Азатек), субвулканическую (1,5—0,5 км) (Ахтала, Шамшадин, Шаумяц, Маймех) и близповерхностную (менее 1 км) (Привольное, Арманис, Блрашен).

5.3. Основы классификации и генетические особенности месторождений.

5.3.1. *Основы классификации.* Генетическая систематика ПМА основана на геологических условиях и времени проявления оруденения, его положении в региональных тектонических структурах, а также в связи с магматическими комплексами различного состава и глубинности. В пяти структурно-металлогенических зонах Армении, отличающихся составом, строением и возрастом слагающих горных пород, установлены характерные для них серии генетически сходных месторождений. В таких рудах полиметаллические месторождения занимают закономерное положение. Их особенностями являются принадлежность к постмагматическому классу и полигенетичность.

5.3.2. *Генетические особенности месторождений.* ПМА относятся к плутоногенной, плутоно-вулканогенной и вулканогенной фациально-генетическим группам, в которых выделяются скарновые, гидротермальные, колчеданные, телетермальные и гидротермально-осадочные генетические типы, а также различные рудные формации и минеральные типы месторождений (см. табл. 2).

Плутоногенная группа. Рудоносный плутонический магматизм Армении представлен комплексами гипербазитов, кварцевых диоритов и гранитоидов. Две последние разновидности пород относятся к продуктивным на полиметаллическое оруденение. С комплексом гранитоидов, особенно с монцонитами, следует генетически связывать образование месторождений собственно полиметаллической формации (4.1.4). Важными генетическими особенностями этих месторождений являются сложность минерального состава, крупнозернистость, развитие наряду с обычными примесями (As, Sb, Ag, Au, Cd) типоморфных элементов (Bi, In, Ga, Ge). Принадлежность месторождений этой формации к плутоногенному классу подтверждается наличием среди них скарнового типа, характером окolorудного метаморфизма (серцитизация, окварцевание, турмалинизация, а также мезо- и гипабиссальной глубиной образования (5.2.4). В почти аналогичных условиях формировались рудопроявления барито-полиметаллической формации, связанной с натриевыми кварцевыми диоритами.

Плутоно-вулканогенная группа объединяет месторождения колчеданных формаций, в частности колчеданно-полиметаллической (4.1.1). Они парагенетически связаны с субвулканическим плагиогранит-кварц-плагиопорфировым магматическим комплексом, что и определяет принадлежность месторождений к данной группе.

Генетические группы	Генетические типы	Рудные формации	Минеральные типы	Ассоциация рудных компонентов	Текстуры и структуры руд	Изменения рудовмещающих пород	Связь с магматизмом	Морфология рудных тел	Примеры месторождений						
Плутоногенная	Гидротермальный	Собственно полиметаллическая	1. Скарново-полиметаллический	Cu, Zn, Pb(Mo)	Пятнистая Крупнозернистая	Хлоритизация, эпидотизация, карбонатизация Каолиннизация, окварцевание, карбонатизация (серпичитизация)	Гранитоиды	Небольшие гнезда, зоны вкрапленников	Паяган, Кефашен, Цуртджур						
			2. Пирит-галенит-сфалеритовый	Pb, Zn(Cu, Ag, Sb, Cd)	Массивная полосчатая Крупнокристаллическая					Гамза, Чирахлу, Катнарат, Кармрашен Азатек, Софибина					
			3. Галенит-буланжерит-антимонитовый	Pb, Sb, Au, Ag(Cu, Zn, Cd)	Пятнистая, полосчатая Неравнозернистая						Какавасар, Каялу, Чайкенд				
			4. Серебро-галенит-халькопирит-сфалеритовый	Ag, Pb, Zn, Cu(Au, Sb, Cd)	Массивная, симметрично-полосчатая Крупнозернистая							Меградзор, Тей-Личкваз, Пирзами Аравусская группа			
			5. Золото-галенит-сфалеритовый	Au, Ag(Cu, Zn, Pb, Te, Se)	Вкрапленная, пятнистая, такситовая. Крупнозернистая										
			6. Пирит-энаргит-галенит-сфалеритовый	Pb, Zn, Cu, Au, Ag, As (Sb, Cd, In, Te, Se)	Вкрапленная, массивная, такситовая. Среднезернистая								Каолиннизация, алунификация, окварцевание, пиритизация	Гранитоиды и липарито-дациты	
Барито-полиметаллическая	1. Халькопирит-сфалеритовый	Cu, Zn(Pb, In)	Пятнистая Крупнокристаллическая	Серпичитизация, каолиннизация, хлоритизация	Плагиограниты	Штокверки, жилы, линзы	Агверан, Арзакан, Бжни								
	2. Галенит-сфалерит-халькопиритовый	Cu, Zn(Pb, Ag, Au)	Массивная, вкрапленная	Пропилитизация, окварцевание				Кварцевые диориты, гранодиориты	Линзы, жилы, зоны	Барцраван, Чиман					
	3. Барит-халькопирит-сфалеритовый	Zn, Cu, Ba, Pb(Au, Ag, Mo)	Пятнистая, прожилковая Равнозернистая	Серпичитизация, окварцевание							Жилы, зоны, гнезда		Техут, Чамлуг, Цахкасар, Джухтак-тала		
Плутоно-вулканогенная	Колчеданный	Колчеданно-полиметаллическая	1. Галенит-халькопирит-сфалеритовый	Zn, Cu, Pb(Ag, Au, Cd, In, Se, Te)	Массивная Мелкозернистая	Окварцевание, каолиннизация, пиритизация, (баритизация)	Кварцевые плагиопорфиры-плагиограниты					Линзы, неправильные жилы, гнезда, прожилково-вкрапленные и брекчированные зоны		Шамшадинская группа, Маймех	
			2. Барит-галенит-халькопирит-сфалеритовый	Zn, Cu, Pb, Ba(Ag, Au, Cd, In, Se, Te)	Массивная, прожилковая			Кварцевые порфиры	Правильные жилы, прожилковые зоны	Ахтала, Ераванк, Акорин					
			3. Золото-полиметаллический	Au, Zn, Cu, Pb, Te(Cd, In, Se)	Массивная, полосчатая Крупнокристаллическая						Кварцевые альбитофиры, липарито-дациты		Линзы, реже неправильные жилы, зоны		Шаумянская группа, Норашеник Алаверди, Шамлуг, Карпут, Анкасар
			4. Сфалерит-халькопиритовый	Cu, Zn(Pb, Ag, Cd, Se)	Массивная. Мелкозернистая										
Вулканогенная	Гидротермально-осадочный	Гематит-халькопирит-полиметаллическая	1. Гематит-галенит-сфалеритовый	Zn, Pb, Fe(Cu, Ag, Au)	Тонкополосчатая, вкрапленная Мелкозернистая	Окварцевание, каолиннизация, хлоритизация Окварцевание, хлоритизация, цеолитизация, карбонатизация	Фельзит порфиры, диорит-порфиры Дациты, липарито-порфиры					Пласты, реже жилы и зоны прожилков Жильные и прожилковые зоны		Привольнинская группа Арманис, Првашен, Будагидзор, Папниталиджур	
	2. Золото-гематит-халькопирит-галенит-сфалеритовый		Au, Ag, Pb, Zn, Cu(Cd, Se)	Друзовая, кокардовая, брекчневидная	Андезито-дациты			Прожилково-вкрапленные зоны	Блрашен, Востан						
	3. Халькопирит-сфалерит-галенитовый		Cu, Zn, Pb(Ag, Au)	Прожилковая Неравнозернистая											
Стратиформная	Телетермальный	Цинково-свинцовая	1. Кальцит-галенитовый	Pb(Zn, Ag, Ba)		Массивная, брекчневидная, поздраватая (для церуссита) Крупнокристаллическая	Карбонатизация (баритизация)			Гранитоиды (?)	Гнезда, брекчированные зоны, реже прожилки	Гандзак, Эртич			
			2. Доломит-сфалерит-галенитовый	Pb, Cd(Zn, Ba).	Вкрапленная, брекчневидная. Крупнозернистая, (колломорфная)	Доломитизация, (баритизация)	Регенерированные колчеданные руды (?)	Гнезда, плоские линзы, псевдопласты, реже жилы и зоны прожилков	Мовсес, Кармрашен, Норашен						

Вулканогенная группа. Важной особенностью месторождений этой группы является их приуроченность к близповерхностным экструзивным и вулканическим породам. Такие комплексы в Армении распространены широко и часто являются продуктивными на оруденение свинца, цинка, меди, сурьмы, ртути и марганца (3.2.2.1.2. и 4.1.3). Обычно рудоносные вулканы представлены средними по составу эффузивно-экструзивными породами. Характерно непостоянство минерального состава руд, обусловленное поступлением рудоносной магмы из различных глубин земной коры, изменением условий рудоотложения при относительно постоянной глубине формирования месторождений. Генетические особенности ПМА в связи с этим определяются положением рудоносных магматических комплексов в крупных тектонических структурах, их составом, а также литологическими свойствами рудовмещающих пород. Сочетание этих факторов обусловило главные фациально-генетические черты полиметаллического оруденения в каждой структурно-металлогенической зоне.

5.4. Прогноз оруденения, направление поисково-разведочных работ и геологических исследований.

5.4.1. Геологические и металлогенические предпосылки прогноза. Геологическая съемка различных масштабов, поисковые работы с применением комплекса современных методов, разведочные и эксплуатационные работы поставляют фактический материал, служащий основой для геологического прогноза. Исследования по стратиграфии, тектонике, магматизму, формационный анализ, а также геохимические и геофизические работы дают возможность выявить главные геологические критерии (региональные и локальные), определяющие закономерности возникновения и размещения полиметаллического оруденения. Факторы локализации оруденения делятся на две главные группы: геологическую и металлогеническую. Первые определяют условия формирования полиметаллических месторождений в связи с развитием геологических структур и магматических проявлений, вторые — закономерности размещения оруденения в отдельных структурно-металлогенических зонах, рудных районах, полях и месторождениях. Прогнозная оценка основана на учете всех факторов рудоносности, поясового строения металлогенических зон, политипности и полихронности рудоносных комплексов, их геохимической специализации. В диссертационной работе описаны десять факторов, благоприятных для возникновения и локализации полиметаллических месторождений; приведены данные о величине эрозионного среза рудных площадей (Матвеевко, 1976); намечена очеред-

ность дальнейших поисковых и разведочных работ, в том числе на скрытые месторождения.

5.4.2. *Методы прогнозирования.* Задачей геологического прогноза служит ориентировочное определение запасов свинца и цинка (и сопутствующих металлов) в новых месторождениях и не изученных рудопроявлениях, а также в разведываемых и эксплуатируемых месторождениях за контурами запасов категории C_2 до глубины 1—1,2 км. Прогнозируемые запасы металлов разделяются на два разряда: прогнозные запасы и перспективные ресурсы. При количественном прогнозировании свинца и цинка в качестве объекта было выбрано рудное поле (их 26), определено его геологическое строение, наличие в его пределах проявлений определенных рудных формаций, степени его опоскованности и разведанности. Информация о наиболее изученных рудных полях распространялась на менее изученное или слабо изученное и опоскованное поле (экстраполяция информации). Количественный прогноз, разумеется, ориентировочный, поскольку основан на простой аналогии.

5.4.3. *Прогнозная оценка полиметаллического оруденения на территории республики.* Прогнозные запасы определяются путем интерполяции главных рудоконтролирующих факторов с разведанными рудными полями. Различные варианты этого метода позволяют подсчитать запасы металла по низким категориям; достоверность их $\pm 20—25\%$, что достаточно для планирования горнодобывающих предприятий. Прогнозная оценка полиметаллического оруденения Армении проводилась в трех аспектах: 1) разбивка рудоносных площадей по перспективности, 2) перспективы отдельных рудных формаций и 3) по металлам.

1. При количественном прогнозировании в качестве конкретного объекта было выбрано рудное поле (Иванкин, 1973); для качественной же оценки — рудоносные площади.

2. В качестве основы научного прогнозирования был принят формационный анализ полиметаллических месторождений, среди которых выделены шесть самостоятельных формаций, обладающих различными перспективами.

3. Прогнозирование оруденения по металлам (Pb, Zn, Cu, Ag, Au) осуществлялось исходя из соображений о возможностях комплексной разработки руд. Для каждого из них были выявлены наиболее перспективные зоны, рудные районы, формации, фации, вычислены прогнозные запасы и перспективные ресурсы.

Предпосылками, определяющими перспективы ПМА, главным образом являются следующие: 1) металлогеническая специализация магматических комплексов, представ-

ленных кислыми дифференциатами базальтоидной магмы натриевого состава, либо более основными разновидностями гранитоидной магмы кали-натри-калиевого состава; 2) зависимость масштаба месторождений и интенсивности оруденения от глубины рудоносных магматических комплексов, сформировавшихся в позднегеосинклинальную и раннеорогенную стадии развития подвижных зон (для полиметаллического рудообразования наиболее благоприятны умеренные и малые глубины — 0,5—2 км).

5.4.4. Основные направления дальнейших исследований.

В связи с последовательным наращиванием масштабов геологоразведочных работ, научно-техническим прогрессом и увеличением промышленного потенциала республики открываются большие перспективы расширения минерально-сырьевой базы республики, в частности по свинцу и цинку. Перед геологической службой Армении в перспективе до 2005 года поставлены конкретные задачи по дальнейшему расширению геологоразведочных, поисковых и металлогенических исследований по свинцу и цинку, в целях укрепления минерально-сырьевой базы действующих горно-обогатительных комбинатов Армении, для обеспечения расширения их мощностей.

Важной задачей является также развитие поисково-разведочных работ на свинец и цинк, создание их ресурсов, в первую очередь, в экономически освоенных районах. Для выполнения этих задач рекомендуется сосредоточить исследования в следующих направлениях:

1. Систематика территории Армении по рудоносным геологическим формациям (Рундквист и др., 1979—81). Выделение среди них материнских, рудовмещающих и продуктивных формаций. В пределах каждой из таких геологических формаций необходимо проведение планомерных, систематических поисков полиметаллических месторождений.

2. Выявление деталей размещения вулканогенных месторождений, в целях чего следует путем палеовулканологических исследований обнаружить в рудоносных вулканогенных комплексах вулканические аппараты, изучить их структурные особенности и возможную локализацию в них постмагматических месторождений.

3. Изучение металлогенической специализации магматических комплексов путем выявления их петрохимических особенностей. В частности, исходя из геотектонического положения и вероятного источника рудного вещества, следует выделить главные рудномагматические комплексы, по которым и должны быть направлены поисковые работы.

4. При исследовании гидротермальных метасоматитов необходимо выявить особенности собственно околорудного

изменения вмещающих пород на разных глубинах, для чего должны быть найдены надежные критерии отличия их от региональных, обычно безрудных, метасоматитов.

5. Проведение специальных геологических, геохимических и геофизических исследований для выявления степени рудоносности молодых вулканических комплексов, в частности наличия вулканических аппаратов. Такие исследования в первую очередь следует поставить в Анкавано-Зангезурской, Араксинской и Присеванской зонах.

6. Дальнейшие исследования в области металлогении Армении, в частности составление крупномасштабных прогнозно-металлогенических карт (М 1:50000—1:25000) рудных районов и полей по свинцу, цинку, меди и сопутствующим редким и благородным металлам. На этих картах должны быть расшифрованы структуры рудных полей и выяснены связи оруденения с магматическими породами.

7. Выявление скрытых рудных тел, контактовых поверхностей и аномальных площадей на геологически благоприятных участках путем применения новых прогрессивных методов рудной геофизики.

8. Широкие поиски новых полиметаллических месторождений с использованием методов геохимии, гидрогеохимии, крупномасштабной шливовой съемки и других. Относительная малоподвижность соединений свинца в зоне гипергенеза позволяет использовать металлометрию для оконтуривания аномальных площадей. Учитывая высокую подвижность соединений цинка в зоне гипергенеза, следует применять в этих же целях гидрогеохимические поиски, также целесообразно составление пометальных геохимических карт среднего и крупного масштаба с нанесением геохимических аномалий над эродированными рудными телами и эндогенными ореолами.

9. Промышленная оценка ПМА должна учитывать комплексность руд; большинство из них обладает небольшими размерами, но одновременно высокими содержаниями свинца, цинка, иногда меди и других металлов. Введение корреляционного коэффициента на содержание редких и благородных металлов послужит основанием для переоценки промышленного значения ряда месторождений.

10. Целесообразно поставить экспериментальные исследования по синтезу сульфидов в лабораторных условиях, приближающихся к природным. На этом основании следует разработать новые научные представления о способах мобилизации рудного вещества, его переноса и рудоотложения на различных глубинах так же, как и на дне морского бассейна.

6. НАУЧНЫЕ И ПРИКЛАДНЫЕ ВЫВОДЫ

Результаты проведенных исследований приводят к следующим научным и практическим выводам:

1. Систематика ПМА на формационной основе привела к выделению колчеданно-полиметаллической, собственно полиметаллической, гематит-халькопирит-полиметаллической, цинково-свинцовой, барито-полиметаллической и медно-полиметаллической рудных формаций. Индивидуальность каждой из них доказывается повторяемостью вещественного состава руд, типа и фаций гидротермальных метасоматитов, принадлежностью месторождений к определенным магматическим комплексам, глубиной формирования месторождений, текстурно-структурными особенностями руд, степенью концентрации главных и второстепенных компонентов в рудах и геохимическим профилем структурно-формационных зон. Формационный анализ установил наличие родственных (собственно полиметаллической и медно-молибденовой, колчеданно-полиметаллической и серно-медноколчеданной и др.), и антагонистических (колчеданно-полиметаллической и медно-молибденовой и др.) рудных формаций.

2. На основании анализа взаимоотношений парагенетических ассоциаций минералов в ПМА выделены равновесные ассоциации (более 20), отображающие направление процесса эндогенного рудообразования. Наряду с ними выявлен ряд неравновесных ассоциаций. Установлен антагонизм в парагенезисе некоторых сульфидных минералов. К «запрещенным» парагенезисам отнесены галенит с антимонитом, халькопирит с реальгаром (аурипигментом) и др. Установление последовательности отложения минералов в парагенетических ассоциациях служит основой для развития представлений о формах переноса компонентов, природе рудоносных растворов, характере и роли среды при полиметаллическом рудообразовании.

3. Главные рудоносные геологические формации Армении отражают отдельные этапы и стадии тектоно-магматического развития геосинклинальных и орогенных структур, продуктивных на свинцово-цинковое оруденение. Главная роль в образовании ПМА принадлежит позднегеосинклинальным базальт-андезит-липаритовой малоглубинной андезито-липаритовой приповерхностной, раннеорогенных габбро-гранодиоритовой и габбро-монзонит-гранитоидной и позднеорогенной карбонатной формациям.

Формационный анализ также способствовал убедительной расшифровке условий формирования Привольненского гидротермально-осадочного, Арманисского гидротермально-

экспаляционного, Кафанского гидротермально-субвулканического и Мовсесского регенерированного месторождений.

4. ПМА размещаются в пяти структурно-металлогенических зонах (Алаверди-Шамшадинская, Присеванская, Анкавано-Зангезурская, Араксинская и Кафанская), различающихся возрастом и типом геологических формаций, степенью их тектонической деформации, пестротой состава и фаций рудоносных магматических комплексов и связанных с ними рудных формаций. Сходство обнаруживают Алаверди-Шамшадинская и Кафанская зоны, выраженное однотипностью геологических формаций, натровым составом рудоносных комплексов, принадлежностью месторождений к колчеданной группе формаций, близостью возраста (юрский) оруденения. В Присеванской зоне аналогичные оруденения относятся к альпийской эпохе. Однако орогенный этап здесь выражен более отчетливо и связанное с ним редкометальное оруденение наложено на колчеданное. Анкавано-Зангезурская зона представляет собой альпийскую орогенную область, сложенную эопалеозойскими и палеогеновыми геологическими формациями, вмещающими крупные массивы гранитоидов натри-калиевого состава, с которыми связано медно-молибденовое, золото-полиметаллическое и редкометальное оруденения.

Наряду с индивидуальностью отдельных зон, все они пережили эвгеосинклинальное развитие. Араксинская зона выделяется в качестве самостоятельной металлогенической зоны, в пределах которой эпиплатформенный палеозойский осадочный чехол был активизирован в результате внедрения пестрых по составу магматических комплексов с образованием месторождений ряда рудных формаций.

5. На примерах конкретных металлогенических зон, рудных районов и полей показывается важная роль структурного фактора в локализации полиметаллического оруденения Армении. Установлены явления наложения и скольжения во времени и пространстве тектонических процессов, магматизма и эндогенного оруденения как в пределах одной металлогенической зоны, так и из одной зоны в сопредельную, более древнюю.

Явление наложения свидетельствует о некоторой условности граница выделенных металлогенических зон и об ареальности размещения в них продуктов магматизма и оруденения.

6. Установлено, что тип рудной формации и интенсивность оруденения в принадлежащих ей месторождениях, в значительной степени зависят от петрохимических парамет-

Ров рудоносных магматических комплексов. Кислые дифференциаты базальтоидной магмы натрового профиля, представленные субвулканическими комплексами (плагногранит-кварц-плагипорфиры, кварцевых порфиритов и др.), являются потенциально перспективными на колчеданные и гематит-халькопирит-полиметаллические формации. Основные дифференциаты гранитной магмы натри-калиевого состава, представленные габбро-монцит-гранодиоритовым комплексом, благоприятны для образования месторождений собственно полиметаллической и родственных ей формаций. Кислые дифференциаты базальтоидной магмы натрового состава (кварцевые диориты) характеризуются слабым развитием рудопроявлений барито-полиметаллической формации. Роль петрохимического фактора в образовании медно-полиметаллических рудопроявлений выражена слабо ввиду фрагментарности последних.

7. Формирование ПМА происходило в различных структурно-фациальных условиях; мезоабиссальные (3,5—2,5 км) и гипабиссальные условия характерны для месторождений барито- и собственно-полиметаллической формаций; субвулканические — для месторождений колчеданно-полиметаллической, а близкоповерхностные — для гематит-халькопирит- и медно-полиметаллической формаций. Фация отложения цинково-свинцовых месторождений обычно гипабиссальная и более высокая. Полифациальность ПМА позволила наряду с плутоногенными выделить месторождения плутоно-вулканогенной и вулканогенной групп, из них вторая более перспективная, чем первая, а оба они перспективнее вулканогенного.

8. В результате изучения геологии, условий образования и закономерностей размещения ПМА стало возможным поновому оценить перспективы ряда известных месторождений и рудопроявлений, установить целесообразность проведения на них геологоразведочных работ и оконтурить благоприятные на золото-полиметаллическое оруденение площади. В качестве первоочередных объектов выделены рудные поля Арманиское, Газминское, Азатекское, Мегригетское и Кафанское, фланги и глубокие горизонты которых несомненно таят значительные запасы руд. Важное значение имеют прогнозные площади Алаверди-Шамшадинской, Присеванской, Анкавано-Зангезурской и Кафанской зон, подразделенные по перспективности на несколько категорий. Обнаружение промышленных месторождений вероятнее на площадях, отнесенных к первой категории.

9. Автор считает территорию Армении перспективной в отношении золото-полиметаллического оруденения и реко-

мендует вести широким фронтом разведку месторождений и поиски на перспективных площадях. Есть полная уверенность в том, что многие мелкие месторождения и рудопроявления окажутся промышленными объектами при проведении на них разведочных работ, основанных на принципах научного прогнозирования.

Список опубликованных работ по теме диссертации

1. Последовательность выделения минералов в некоторых парагенетических ассоциациях полиметаллических руд Армении. Сб. аннот. докл. научн.-техн. конференции проф.-препод. состава ВТУЗ-ов Закавказья. Ереван, 1955.
2. Пример взаимослучения галенита и антимонита в пределах одного этапа минерализации. Изв. АН Арм. ССР, № 3, 1955.
3. О взаимоотношениях медных и полиметаллических руд Кафана. Тр. Армгеолуправления, т. I, 1957.
4. К вопросу о генезисе «лабрадоровых андезитов» Даралагяза, Научн. труды Ергосунта, т. 59, 1957.
5. О последовательности выделения халькопирита и блеклых руд в некоторых полиметаллических месторождениях Армении. Тр. Армгеолуправления, т. I, 1957 (соавтор Э. Х. Гулян).
6. Пространственное размещение постмагматической минерализации в связи с развитием структур рудных полей. Тез. докл. на XI научн. сессии. Ерев. госунт, 1958.
7. К вопросу о генезисе Привольненской группы полиметаллических месторождений в Арм. ССР. Тр. Армгеолуправления, т. II, 1959.
8. О некоторых закономерностях и условиях образования свинцово-сурьмяных руд. Геохимия, № 1, 1960.
9. Минерало-геохимическая характеристика типов и формаций руд Северной части Арм. ССР. Тез. докл. на III-ей объединенной науч. сессии, Тбилис., Азерб. и Ереванского университетов. Ер., 1960.
10. Некоторые формы выделения галенита и сфалерита в рудах месторождения Мовсес. Сб. «Научные труды» Ергосунта, т. 75, 1961.
11. Об антагонизме в парагенезисе некоторых сульфидных минералов в рудах Арм. ССР. Геохимия, № 4, 1962.
12. Главные циклы рудоносного вулканизма Армении. Тез. докладов XLII науч. сессии Ерев. госунта, 1962.
13. О книге Э. А. Сагателян «Минералогия свинцово-сурьмяных руд Азатекского месторождения Арм. ССР». Изв. АН Арм. ССР, сер. геол. и географ. наук, т. XVI, № 1, 1963.
14. Геохимические черты полиметаллического оруденения Армении. Тез. докл. XLIII науч. сессии Ерев. госунта, Ер., 1963.
15. Рудоносность экструзивно-эффузивных комплексов Армянской ССР. В кн. «Закономерности размещения полезных ископаемых», Изд. «Наука», т. VII, 1964.
16. О генетической взаимосвязи кварцевых порфиров и плагногранит-

тов в Шамшадине. Изв., сер. геол.-географ. наук, т. 99, Изд. Ергосунта, 1965.

17. Особенности металлогении Бердского (Шамшадинского) рудного района. Изв. АН Арм. ССР, Науки о Земле, XVIII № 2, 1965.

18. Араксинская многоосинклиальная область — самостоятельная металлогеническая зона Малого Кавказа. Изв. Высш. уч. зав-ний, Геол. и разв., № 8, 1968.

19. О зависимости зональности оруденения от хода развития структур рудных полей (на примере рудных м-ний Арм. ССР). Уч. записки Ергосунта, № 2, 1969.

20. О поведении кремния и алюминия при кристаллизации щелочно-земельных вулканических дифференциатов в Кафанском рудном поле (Арм. ССР). Докл. АН Арм. ССР, т. LIII, № 4, (соавт. Р. Г. Геворкян).

21. Свинец и цинк. В кн. «Геология СССР», т. 43. Армянская ССР. II подтом «Полезные ископаемые». Мин. геол. СССР, 1974 (соавт. В. Е. Гогинян).

22. Некоторые черты формирования щелочноземельных вулканогенных пород Кафанского рудного поля. Изв. высш. учебн. завед. Геол. и разв., № 2, 1974.

23. Об условиях образования Кафанского полиметаллически-медного месторождения. Уч. зап. Ер. госунта, Ест. науки, № 3, 1975.

24. О зависимых генетических соотношениях кварц-порфиритов и кварц-порфиров в Кафанском рудном поле. Уч. зап. Ер. госунта. Ест. науки, № 1, 1975 (соавторы: Р. Г. Геворкян, Т. Ш. Татевосян).

25. О внутреннем строении и механизме формирования рудных тел Ахтальского барито-полиметаллического месторождения. Изв. АН Арм. ССР, Науки о Земле, № 1, 1977 (соавтор Р. А. Торосян).

26. Металлогеническое районирование полиметаллического оруденения Армении. В сб. «Металлогения Тянь-Шаня», тез. докл. IX Всесоюзного метал. совещания, Ташкент, 1979.

27. Влияние рудовмещающих пород на минеральный состав руд Кафанского месторождения. Уч. зап. Ереван. госуниверситета, № 1, 1981.

28. О связи полиметаллического оруденения Армении с магматическими комплексами. Изв. АН Арм. ССР, Науки о Земле, XXXIV, № 6, 1981.

29. Металлогенические эпохи и этапы полиметаллического оруденения Армении. Уч. записки Ереван. госуниверситета (в печати).

30. О глубине формирования полиметаллических месторождений Армении. Изв. АН Арм. ССР, Науки о Земле, (в печати).

Заказ 801

Тираж 100

Типография Ереванского университета, Ереван, ул. Абовяна, 52.

2000