

Чл.-корр. АН Арм.ССР Асланян А.Т.

АКАДЕМИЯ НАУК  
СССР

МИНИСТЕРСТВО ГЕОЛОГИИ  
СССР

ИНСТИТУТ МИНЕРАЛОГИИ, ГЕОХИМИИ И КРИСТАЛЛОХИМИИ  
РЕДКИХ ЭЛЕМЕНТОВ

*Для служебного пользования*

Экз. № 67

*На правах рукописи*

**КАРАПЕТЯН АШОТ ИЛОЕВИЧ**

**ЭНДОГЕННЫЕ РУДНЫЕ ФОРМАЦИИ  
ПАМБАК-ЗАНГЕЗУРСКОЙ  
МЕТАЛЛОГЕНИЧЕСКОЙ ЗОНЫ  
МАЛОГО КАВКАЗА**

**04.00.14 — геология, поиск и разведка рудных и  
нерудных месторождений**

**АВТОРЕФЕРАТ**

диссертации на соискание ученой степени  
доктора геолого-минералогических наук

Москва 1980

Работа выполнена в Институте геологических наук АН Армянской ССР.

Официальные оппоненты:

Действительный член Академии наук Грузинской ССР, доктор геолого-минералогических наук, профессор

Г. А. ТВАЛЧРЕЛИДЗЕ  
(КИМС, г. Тбилиси)

Доктор геолого-минералогических наук, профессор

В. Н. КОТЛЯР  
(МГРИ, г. Москва)

Доктор геолого-минералогических наук, профессор

В. В. ИВАНОВ  
(ИМГРЭ, г. Москва)

Официальная оппонирующая организация—Управление геологии Совета Министров Армянской ССР.

Защита состоится **8** мая 1980 г. в 14 часов на заседании Специализированного совета ДО71.09.01 по защите диссертаций на соискание ученой степени доктора геолого-минералогических наук при Институте минералогии, геохимии и кристаллохимии редких элементов (ИМГРЭ), г. Москва М-127, Садовническая наб., 71.

С диссертацией можно ознакомиться в Институте минералогии, геохимии и кристаллохимии редких элементов.

Автореферат разослан *7 апреля* 1980 г.

Ученый секретарь Специализированного совета при ИМГРЭ, кандидат геолого-минералогических наук

О. В. ВЕРШКОВСКАЯ

*О. В. Вершковская*

## Введение

(Общая характеристика диссертации)

Актуальность работы. Памбак-Зангезурская металлогеническая зона Малого Кавказа относится к числу важнейших в отношении рудоносности территорий Советского Союза и является уникальной по разнообразию состава и генезиса руд. Здесь, на территории порядка около 10 тыс. кв. км, имеется ряд промышленных месторождений Cu, Mo, Au, Ag, Fe, Al, Ti, несколько сот самых различных по составу, условиям образования и возрасту эндогенных рудопроявлений, которые приурочены к юго-восточной, центральной и северо-западной частям зоны. Территории, расположенные между этими рудными районами, общей площадью свыше 5000 кв. км, почти полностью покрыты четвертичными лавами и остаются неизученными в отношении рудоносности. Научно обоснованная прогнозная оценка этой и других «закрытых» территорий Малого Кавказа относится к числу актуальных научных проблем, имеющих важное народнохозяйственное значение. Решение их связано с выяснением закономерностей образования и размещения полезных ископаемых в пределах рассматриваемой металлогенической зоны и прилегающих частей Центрального Средиземноморья. Являясь частью одной из важнейших задач поставленных XXV съездом КПСС, оно требует целенаправленных минералого-геохимических исследований руд известных здесь эндогенных месторождений и рудопроявлений.

Результаты этих исследований необходимы также, с одной стороны, для решения ряда актуальных практических задач по определению дальнейших направлений геологоразведочных работ в пределах известных месторождений, более полному (комплексному) использованию руд, с другой — для усовершенствования теории рудообразования.

С целью решения отмеченных задач автор согласно тематическому плану ИГН АН Армянской ССР, входящему в Государственный план экономического и социального развития республики (см. постановления СМ Армянской ССР № 670 от 8.12.1975 г., № 596 от 15.11.1976 г., № 800 от 15.12.1977 г., шифр 3.7.2.6), проводил детальные минералого-

геохимические и геологические исследования в пределах Памбак-Зангезурской металлогенической зоны и прилегающих частей Малого Кавказа.

Основная цель и задачи работы: путем изучения месторождений и сопоставления полученных данных с таковыми региональных геологических исследований, выявить закономерности образования и размещения эндогенных руд в пределах южной части Малого Кавказа и на основании этого дать научно-обоснованную прогнозную оценку всей территории зоны и ее отдельных частей в отношении рудоносности с выделением наиболее перспективных участков промышленных концентраций руд. Для достижения поставленной цели необходимо было решить ряд научных и научно-методических задач. К таковым в диссертации отнесены:

— изучение минерального состава и геохимических особенностей руд с определением условий образования повышенных концентраций каждого из слагающих руды элементов;

— определение генетических групп развитых в пределах зоны эндогенных рудных месторождений и рудопроявлений;

— иерархизация месторождений, рудных полей, рудоносных зон и других оруденелых площадей;

— формационный анализ руд всех месторождений с выделением надформационных ассоциаций — генетических и возрастных групп, рядов и серий рудных формаций;

— выявление характера пространственного размещения месторождений и рудопроявлений каждой из выделенных рудных формаций, их генетических групп, рядов и серий в пределах зоны и ее отдельных частей с установлением времени и места их образования в общей истории геологического развития и становления магматических комплексов;

— определение влияния геологических факторов на интенсивность оруденения, вещественный состав руд, масштаб, вертикальный столб и другие особенности оруденения.

Методика выполненных работ и фактический материал. Основой диссертационной работы являются материалы, собранные автором в период с 1958 по 1978 г. Исследования проводились с применением всех современных методов изучения руд.

Научная новизна и основные положения защищаемой работы:

1. В противовес представлениям о принадлежности Пам-

бак-Зангезурской металлогенической зоны Малого Кавказа к медно-молибденовому типу доказывается принадлежность зоны к медно-молибден-золото-полиметаллическому типу, основанная на полученных за последние годы данных о важной роли золота в эндогенной металлогении зоны и принадлежности к единому рудному комплексу определенных формационных типов золоторудных и медно-молибденовых месторождений. Последние, проявляясь в тесной пространственной связи друг с другом, объединяют установленные диссертантом во многих месторождениях весьма разнообразные промышленные ассоциации металлов (Au—Ag—Te, Au—Ag—Te—Pb—Cu—Zn—As—Sb—Hg—S, Au—Ag—Pb—Cu—Zn—As—S, Au—Ag—Bi—Te, Au—Ag—Bi—Te—Pb—Cu—Zn—As—S, Bi—Te—S, Bi—Te—Pb—Zn—Cu—S), представленные в виде различных минеральных парагенезисов.

2. Для сменяющих друг друга различных металлогенических эпох рассматриваемой зоны характерна преемственность вещественного состава руд и единая тенденция его эволюции. Для всех эпох (байкальской, киммерийской и альпийской) характерны железорудные, золоторудные и полиметаллические месторождения, принадлежащие к различным генетическим группам и рудным формациям. Внутри металлогенических эпох и отдельных стадий их развития образование месторождений полиметаллических формаций происходит позже железорудных, а золоторудных—позже полиметаллических.

3. От ранних к поздним металлогеническим эпохам интенсивность оруденения и разнообразие вещественного состава руд возрастают, меняется относительная роль месторождений различных генетических групп: для байкальской эпохи наиболее характерны метаморфогенные руды Fe, Ti, Cu, Zn, Au, для киммерийской—скарновые и плутоногенно-гидротермальные руды Fe, Cu, Pb, Zn, As, Sb, Au, Ag, для альпийской—собственно-магматические, пегматитовые, скарновые, плутоногенно-гидротермальные и вулканогенные месторождения Fe, Cu, Mo, Pb, Zn, As, Sb, Au, Ag, Bi, Hg, P, Re, TR и др. элементов.

4. В пространственном размещении оруденения альпийской эпохи проявлена отчетливая связь со строением земной коры: преобладающее большинство промышленных месторождений Cu, Mo, Fe, Au, Ag, Te, Al, TR и др. элементов приурочено к блокам с преобладанием «базальтового» слоя над «гранитным». Наиболее благоприятными для промышленного оруденения Cu, Mo, Fe, Au, Ag являются перманент-

но развивающиеся разломы, разграничивающие блоки с различными тенденциями перемещения, обусловившими максимальную разницу глубины залегания зопалеозойского фундамента; для определенных формационных типов золоторудных месторождений благоприятны также разломные зоны, разграничивающие блоки с умеренной разницей глубины залегания фундамента; для полиметаллических, ртутных, золото-сурьма-полиметаллических месторождений характерны границы блоков с мощными терригенными и карбонатными осадочными комплексами в разрезе над глубоко погруженным метаморфическим фундаментом.

5. Для рассматриваемой металлогенической зоны Малого Кавказа и прилегающих частей Центрального Средиземноморья характерны: полиасцедентные, полиэтапно-полиформационные месторождения, образованные в результате наложения оруденения альпийского орогенеза на оруденение предыдущих стадий (альпийской и более ранних эпох) в пределах одних и тех же перманентно развивающихся структурных зон; миграция и омоложение оруденения от внешних металлогенических зон к внутренним; возрастание относительной роли вулканогенных рудных формаций орогенных стадий от ранних к поздним металлогеническим эпохам.

На примере эндогенных месторождений Малого Кавказа рассмотрены вопросы формационной классификации руд, предложено при выделении рудных формаций учесть также генетическую группу, типы структур и стадии геологического развития, при которых образуются месторождения. Для изученных руд составлена новая формационная классификация, с выделением типоморфных и конвергентных рудных формаций;

— все рудные формации зоны сгруппированы в шести генетических группах, с выделением двух новых для зоны генетических групп, а внутри других генетических групп — ряда новых рудных формаций;

— составлена карта рудных формаций зоны и прилегающих частей Малого Кавказа;

— выделены надформационные таксономические единицы — серии и комплексы рудных формаций;

— определены основные рудоконтролирующие факторы и закономерности размещения каждой рудной формации, установлено место и время образования их в истории геологического развития зоны;

— составлена карта прогноза оруденения различных

частей зоны, дана прогнозная оценка их в отношении рудоносности, определены наиболее перспективные участки с указанием формационной принадлежности ожидаемых месторождений.

Практическая ценность и реализация работы. Результаты проведенных исследований в виде научных отчетов и докладных записок были переданы производственным организациям республики. Вытекающие из этих исследований практические рекомендации частично уже использованы Управлением геологии СМ Армянской ССР, Производственным геологоразведочным трестом УЦМ Армянской ССР и получены положительные результаты: выявлены новые рудоносные зоны, расширены разведанные запасы руд Анкаванского, Меградзорского, Азатекского, Кафанского и др. месторождений. Данные по минеральному составу, геохимическим и структурно-текстурным особенностям руд дали возможность ИОНХ и ОЗ разработать новую технологическую схему комплексной переработки золотоносных руд месторождений Меградзор, Азатек, Тей, Личквас, предложить новый, высокоэффективный способ переработки молибденового концентрата месторождений Каджаран, Агарак для получения дисульфида молибдена высокой чистоты (99,72%), используемого в качестве твердого смазочного материала для военной техники; разработать высокоэффективный метод для получения металлического молибдена из чистого дисульфида без гидрометаллургии и способа получения сульфатного материала из отходов Алавердского ГМК с микропримесями Mo, Ni, Co, Re и др. в качестве удобрения солончаковых земель.

Апробация работы. Основные положения и фактический материал работы изложены в десяти научных отчетах и четырех докладных записках, которые обсуждались на заседаниях Ученого совета ИГН АН Армянской ССР и рекомендованы для внедрения. Наиболее важные или интересные положения работы были доложены: на IV Закавказской конференции научных сотрудников закавказских республик (Ереван, 1962 г.); на Совещании специалистов НИИ, предприятий горнорудной промышленности и металлургии Закавказья (Ереван, 1963 г.); на юбилейной сессии Армянского отделения ВМО, посвященной 100-летию создания ВМО (Ереван, 1967 г.); на Первом межведомственном совещании по проблемам метаморфогенного рудообразования (Бердянск, 1969); на Техническом совещании «Перспективы развития и методы извлечения редких, рассеянных элементов

из руд месторождений СССР и Армянской ССР» (Ереван, 1969); на Симпозиуме «Минералогия и геохимия золота» (Владивосток, 1974); на научно-технической конференции «Комплексное использование сырьевых ресурсов предприятий цветной металлургии» (Ереван, 1974); на Всесоюзном совещании «Проблемы колчеданного оруденения» (Ереван, 1976); на съезде Всесоюзного минералогического общества (Ленинград, 1976); на XI съезде Международной минералогической ассоциации (Новосибирск, 1978), на годовичном собрании Отделения наук о Земле АН Армянской ССР (Ереван, 1979 г.), на IX Всесоюзном металлогеническом совещании (Ташкент, 1979 г.).

Основные результаты проведенных исследований были обсуждены на заседаниях бюро Отделения наук о Земле и Президиума Академии наук Армянской ССР и отнесены к числу важнейших научных результатов 1978 года.

Публикация работы. По теме диссертации опубликовано сорок пять работ, главным образом в виде статей в «Известиях АН Армянской ССР» (серия «Науки о Земле»), «Докладах Академии наук Армянской ССР», «Записках Армянского отделения ВМО», в г. Москве в книге «Экспериментальные методы исследования минералов», издательство «Наука»; в г. Ленинграде — в Записках Всесоюзного Минералогического общества; в г. Киеве — в книге «Метаморфогенное оруденение», в г. Владивостоке — в материалах, посвященных симпозиуму по минералогии и геохимии золота, в г. Новосибирске — в материалах XI съезда Международной минералогической Ассоциации, в США в журнале *International Geological Review* (Вашингтон, 1962). Часть результатов реферируемой работы опубликована Издательством Академии наук Армянской ССР (Ереван, 1972) в виде коллективной монографии, за которую диссертант совместно с другими авторами в 1976 г. был удостоен Государственной премии Армянской ССР в области науки.

Объем и содержание работы. Защищаемая диссертация состоит из 297 страниц машинописного текста, в том числе 60 таблиц в тексте и 58 таблиц в приложении, иллюстрирована 156 рисунками — в основном таблицы микрофотоснимков, схемы, зарисовки, диаграммы, графики, фотокопии карт. Текст состоит из введения, заключения и 8 глав. Список использованной литературы включает 457 наименований, из них 24 на английском, немецком и французском языках.

Работа выполнена в отделе геохимии Института

геологических наук Академии наук Армянской ССР. В процессе работы автор пользовался ценными советами академика АН Арм. ССР И. Г. Магакьяна, директора Института чл.-корр. АН Арм. ССР А. Т. Асланяна, докторов геолого-минералогических наук Г. О. Пиджяна, Ш. О. Амиряна, В. В. Иванова, академика АН УССР Я. Н. Белевцева, чл.-корр. АН СССР Л. Н. Овчинникова, докторов геол.-мин. наук В. В. Щербины, В. Н. Котляра, Н. В. Петровской, Р. М. Константинова, Д. В. Рундквиста, А. Е. Кочаряна, К. А. Карамяна, Э. А. Хачатуряна, кандидатов геол.-мин. наук А. С. Фарамазяна, В. О. Пароникяна, Р. Л. Мелконяна, Р. Т. Джрбашяна, Р. Н. Зарьяна, которым выражает глубокую благодарность. С признательностью автор отмечает помощь, оказанную руководством и геологами производственных геологических организаций республики — Э. Х. Гуляном, Л. Г. Тер-Абрамяном, М. Г. Гаспаряном, Г. М. Арсеняном, Е. П. Зильманом, А. В. Габриеляном, Г. И. Гольденбергом, В. А. Погосьяном, М. Х. Атабекьяном и многими другими.

### **Глава I. Основные черты тектонического строения и этапы геологического развития Памбак-Зангезурской зоны**

Согласно новейшим тектоническим воззрениям (А. Т. Асланян и др.) Тавро-Кавказская геосинклиналь возникла в рифейское время на сложной гетерогенной основе, представлявшей сочетание континентальных, океанических и субокеанических типов коры. Судя по тому, что в Иране в системе южного Эльбурса инфракембрий (венд со строматолитами) и фанерозой образуют более или менее единый комплекс и дислоцированы совместно, а в Закавказье, в Дзирульском массиве, нижний кембрий (с археоцитами), наоборот, дислоцирован с более древними горизонтами метаморфического фундамента совместно, можно считать, что северная, Кавказская, половина указанной рифейской геосинклинали завершила свое развитие в результате позднебайкальского (салаирского) орогенеза, а южная половина — в результате раннебайкальского (ассинтского) орогенеза. В каледонскую эпоху Кавказская половина орогена развивалась в целом в квазиplatformенном режиме, а отдельные районы области развивались в режиме активизированных платформ. В ранней юре в прилегающих частях Памбак-Зангезурской зоны (Сомхето-Карабахско-Кафанская зона) возобновился (регенерация) геосинклинальный режим — раннеальпий-

ский или киммерийский этап, который, однако, не прошел полного цикла развития (редуцированы начальная и поздняя стадии). В инверсионную стадию этого этапа в приграничных частях Памбак-Зангезурской зоны местами проявился кислый магматизм в виде небольших интрузий диоритов и гранодиоритов.

В начале верхнего мела на гетерохронном (байкальском складчатом и варисцийском платформенном) основании складываются Вединская, Севанская и Зангезурская офиолитовые зоны, которые рассматриваются как образования начальной (гипербазитовой) стадии *позднеальпийского геосинклинального этапа*. Дальнейшее развитие зоны протекает весьма специфично, напоминая, с одной стороны, развитие геосинклинального процесса (сжатие, складчатость, орогенез, гранитообразование и т. д.), с другой — тектоно-магматическую активизацию (интенсивный базальтоидный вулканизм, сводово-глыбовые перемещения, с образованием флексур, поднятий фундамента, мозаично-блоковых и складчато-глыбовых структур и т. д.). Однако в целом процессы, протекавшие в позднеальпийском этапе, в конечном итоге в пределах рассматриваемой зоны привели к наращиванию континентальной коры, поэтому этот тектоно-магматический этап в согласии с Г. Штилле, В. Е. Хаином и др. можно рассматривать как *регенерацию* эвгеосинклинального режима.

## **Глава II. Характеристика важнейших особенностей осковых рудных месторождений Памбак-Зангезурской зоны и прилегающих частей Малого Кавказа**

За последние 15—20 лет, в период проведения настоящих исследований в пределах Памбак-Зангезурской зоны, при содействии диссертанта были выявлены и разведаны промышленные концентрации золото-полиметаллических, золото-теллур-полиметаллических, золото-сурьма-полиметаллических и др. руд. При этом месторождения и рудопроявления золота в большинстве случаев (Тей, Личквас, Эмир-юрт, Воске-дзор, Сарнахпюр, Мирак, Гамзачиман) приурочены к площади развития медно-молибденовых месторождений или рудопроявлений (Айгедзор, Анкаван, Гилут и др). Отчетливо проявлена также пространственная связь между золоторудными и полиметаллическими месторождениями (Меградзор—Кабахлу, Каялу—Азатек—Моз и др.). Обобщение и анализ результатов изучения онтогенеза этих и ранее

известных здесь месторождений позволили в их составе выделить ряд переходных парагенетических ассоциаций минералов (самородное золото-гессит-петцит-сильванит-калавирит-креннерит-алтаит, самородное золото-висмутин-виттихенит-эмплектит-тетрадимит-теллуrowисмутит-галенит-халькопирит, самородное золото-сфалерит-галенит-халькопирит-теннантит, кварц-молибденит, кварц-халькопирит-молибденит, кварц-галенит-сфалерит-халькопирит-теннантит, кварц-халькопирит-борнит-халькозин-энаргит-теннантит и др.), которые в зависимости от формационной принадлежности месторождений выступают в роли главных-устойчивых или второстепенных-изменчивых. Эти и другие данные филогенеза отмеченных месторождений позволяют заключить о наличии определенной преемственности, унаследованности состава руд. Повсеместно последовательность проявления слагающих руды парагенезисов и объединяющих их месторождений близко-одинаковая, что привело диссертанта к заключению о единстве тенденции эволюции состава руд, независимо от длительности пауз между их проявлениями. Усматривая определенные парагенетические связи между медно-молибденовыми и золоторудными месторождениями и учитывая соизмеримость интенсивности их проявления, автор пришел к заключению о принадлежности Памбак-Зангезурской зоны к медно-молибден-золото-полиметаллическому типу.

### *Глава III. Минеральный состав руд*

На основании сравнительного изучения физико-химических особенностей свыше ста рудных минералов, в том числе установленного впервые автором значительного числа новых для руд ряда месторождений парагенетических ассоциаций минералов (теллуридов золота, серебра, свинца, висмута, сульфидов и сульфосолей Cu, Bi, Ge, Tl и др.), диссертант пришел к заключению о том, что для рассмотренных процессов эндогенного минерагенеза характерна конвергенция: первого порядка в широких диапазонах термодинамических условий (самородное золото, гематит и др.) и в узких диапазонах термодинамических условий (халькозин, борнит, ковеллин, самородное серебро); второго порядка (арсенопирит, висмутин, виттихенит, гессит, ильменит, киноварь, магнетит, молибденит, пирит, рутил, тетрадимит, теллуrowисмутит, халькопирит, шеелит, эмплектит и др.).

В группе самородных элементов золото является наиболее ценным и развито в рудах главным образом плутоноген-

ных и в меньшей мере вулканогенных гидротермальных месторождений. Наиболее часто самородное золото встречается в рудах Au—Te-полиметаллических, Au-полиметаллических месторождений, затем идут месторождения Cu—Mo, Au—Sb-полиметаллических, As-полиметаллических, Au-кварцевых и полиметаллических руд. Значительно реже самородное золото встречается в рудах метаморфогенных кварц-золоторудных и скарновых железорудных месторождений.

Значительную роль играет вторичное самородное золото, связанное с разложением золотосодержащих гипогенных минералов (сульфидов, сульфосолей, в особенности, теллуридов).

В перечисленных месторождениях золото проявляется в составе устойчивых, изменчивых, переходных или чуждых парагенетических ассоциаций минералов, число и интенсивность проявления которых в различных месторождениях существенно разные. Для золоторудных формаций характерны две-три, редко четыре парагенетические ассоциации с самородным золотом, для незолоторудных формаций—одна-две. Кроме того, в золоторудных формациях самородное золото выступает в составе главных рудообразующих парагенезисов, образование которых происходит в средних и поздних стадиях минерализации, тогда как в других формациях оно связано с второстепенными парагенетическими ассоциациями, образовавшимися преимущественно в поздних, сравнительно низкотемпературных стадиях минерализации. По качественно-количественному минеральному составу парагенезисы самородного золота существенно отличаются друг от друга. Это, прежде всего, касается относительной роли самородного золота, которым наиболее богаты парагенезисы Au—Te-стадии, затем идут полиметаллическая, арсенипиритовая, Cu—As и др.

В рудах рассматриваемых месторождений золото нередко представлено макроскопически видимыми зёрнами, которые наиболее часто встречаются в рудах Меградзорского месторождения и, в особенности, в его верхних горизонтах. В меньшем количестве оно установлено также в рудах Тей-Личкваского, еще меньше — Гамзачиманского и Азатекского месторождений. Во всех случаях видимое золото связано с наиболее поздними, сравнительно низкотемпературными стадиями минерализации. В рудах Меградзора (Шакарсар) оно связано со средними и поздними стадиями минерализации. От ранних к поздним стадиям относительное количество и размер выделений самородного золота уве-

личивается. Тенденция укрупнения частиц является одним из характерных типоморфных особенностей самородного золота изученных месторождений. В большинстве случаев видимое золото тяготеет к контактам рудных минералов с кварцем или последнего с реликтами вмещающих пород. Золотинки нередко развиваются по границам зерен кварца, кристаллов кальцита или по трещинкам раздробленных жильных и рудных минералов.

Микроскопические выделения самородного золота имеют несравненно большее распространение, они так же, как и макроскопически видимое золото, развиваются главным образом по трещинкам более ранних минералов (трещинные, прожилковые, цементационные в брекчиях и т. д.), образуют интерстициальные частицы и заполняют друзовые полости.

Наиболее характерна приуроченность самородного золота к катаклазированным частям пирита, оно нередко устанавливается также в полях сфалерита, халькопирита, арсенипирита, борнита, блеклой руды, галенита, гессита и др. минералов. В большинстве случаев оно является наиболее поздним образованием, выпадающим после кристаллизации почти всех ассоциирующих с ним минералов, в том числе и теллуридов. Вместе с тем были установлены случаи пересечения выделений самородного золота микропрожилками блеклой руды, что дает основания заключить о значительной продолжительности привноса и одновременности его образования.

Состав самородного золота, его проба и элементы-примеси в нем имеют наиболее важное типоморфное значение. Набор и концентрация элементов-примесей в самородном золоте из различных формаций, стадий минерализации и парагенетических ассоциаций минералов колеблется в значительных пределах. Соотношение Au к сумме примесей в самородном золоте (проба) во многом зависит от температурных условий минералообразования. От сравнительно высокотемпературных к низкотемпературным проба золота падает. Так, в рудах Анкаванского месторождения, согласно полученным нами данным, она составляет 900—950, в рудах Личквас-Тейского месторождения, по Ш. О. Амиряну (1974), значительно ниже — 750 — 870, по П. С. Бернштейну и др. (1968), от Au-полиметаллической к Au—Te стадии Меградзорского месторождения она падает от 925—950 до 825—850. По данным Ш. О. Амиряна (1974), от Au-полиметаллической стадии к сульфоантимонитовой (Азатек) проба золота падает от 870 до 780. Эта закономерность обус-

ловлена возрастом роли Ag и др. элементов в рудообразующих растворах сравнительно низкотемпературных стадий минерализации.

Детальные микроскопические исследования выделений самородного золота с применением рентгеновского и лазерного микрозондов позволяют заключить о неоднородности его состава. В пределах даже небольших выделений устанавливаются значительные колебания содержания Au и связанных с ним примесей: Ag, Bi, Cu, Zn, Fe и др.

Полученные данные о неоднородности состава самородного золота из различных месторождений и рудных формаций в целом подтверждают точку зрения Н. В. Петровской (1973) о том, что твердые растворы различных элементов, за редкими исключениями, не могли сохраняться длительное время и неизбежно должны были распасться. Вместе с тем, эта неоднородность, по-видимому, в значительной мере обусловлена субмикроскопическими включениями других минералов и неравномерным распределением примесей в самородном золоте.

В целом самородное золото в рудах рассматриваемой зоны представляет собой типичный конвергентный минерал, образующийся в широких диапазонах температур и давлений.

Многие из конвергентных минералов и минеральных ассоциаций обладают типоморфизмом определенных признаков, среди которых особое значение имеет состав и, в частности, содержание элементов-примесей. Полученные данные показывают, что с понижением температуры минерализации содержания рения в молибдените, германия в сфалерите возрастают.

#### **Глава IV. Закономерности распределения и формы нахождения рудных, благородных и редких элементов**

Распределение главнейших рудообразующих элементов и элементов-примесей внутри формаций неравномерно как по отдельным месторождениям, так и по типам руд, стадиям минерализации и минералам. Обычно наиболее богаты редкими и благородными элементами (Se, Te, Bi, Au, Ag, Cd и др.) продукты наиболее поздних, сравнительно низкотемпературных ассоциаций минералов. Вместе с тем ряд редких и рассеянных элементов (Ge, Tl) свои максимальные концентрации образует в средних и даже ранних (Re) парагенетических ассоциациях минералов. Для редких и благород-

ных элементов наиболее тесна ассоциация со следующими рудообразующими элементами: Re с Mo; Au, Ag, Bi, Te с Pb, Zn, As; Ge, Tl, Bi с Cu, As; TR с F, Ca, Fe, P; Ta, Nb с Ti, Fe и т. д. Выделяются следующие редкометалловые парагенетические ассоциации элементов: Re—Se—Mo—S; Re—Se—Cu—Mo—S; Ge—Tl—As—Cu—Fe—S; Ge—As—Cu—Fe—S; Au—Ag—Bi—Te—As—Cu—Fe—S; Bi—Te—S; Au—Ag—Te—Pb—Zn—S, P—TR, F—TR и др.

Большинство рудообразующих элементов представлено главным образом сульфидами, сульфосолями и другими сернистыми соединениями. Для железа характерны как сернистые, так и кислородные соединения, а W, P представлены только кислородными соединениями. Благородные элементы (Au, Ag), а также Bi, Hg и Pb частично представлены теллуридами.

Особенно широко развиты теллуриды Au и Ag, затем идут теллуриды Bi, Pb, Hg, последовательность выпадения которых (внутри стадии) в целом соответствует понижению валентности катионов: сначала выпадают трехвалентные (Bi), затем двухвалентные (Pb и Hg) и в конце одновалентные (Ag и Au). Этот ряд одновременно соответствует понижению энергии кристаллических решеток. В условиях гипогенного минералообразования Te почти полностью представлен двухвалентными анионами ( $Te^{2-}$ ), которые выпадают в виде собственных минералов со строго определенными элементами. Это, главным образом, благородные и др. металлы (Au, Ag, Bi, Hg), которые, обладая ковалентными типами связи, в соединениях с теллуром, получают возможность реализовать свои акцепторные свойства.

Из главнейших рудообразующих элементов в рассматриваемых рудных формациях теллуриды образует только Pb, остальные элементы (Cu, Fe и др.), несмотря на тесную ассоциацию с Te и более высокие концентрации, теллуридов не образуют. Этот факт хорошо объясняется установленным В. В. Щербиной рядом возрастающего сродства элементов с теллуром: Cu—Pb—Ni—Bi—Hg—Ag—Au, в котором увеличиваются связеобразующие свойства и, в частности, способность к образованию соединений с S и особенно с кислородом (В. Л. Лебедев). Однако, исходя из этого ряда, следовало бы ожидать, что при наличии достаточных концентраций Te, все Au должно было бы выпасть в виде теллурида, и только оставшаяся часть Te пошла бы на постройку теллуридов Ag, Bi и т. д. Но на самом деле наблюдается обратная картина — все Ag и значительная часть

Pb выпадают в виде теллуридов, а Au только частично выпадает в виде теллуридов. Оно в значительной своей массе выпадает в конце рудообразовательного процесса в самородном виде, что можно объяснить большей активностью Ag по сравнению с Au.

Парагенетические ассоциации Te многочисленны и разнообразны, наиболее типичны следующие ряды: Cu—As—Ag—Au—Te, Bi—Te, Pb—Zn—Ag—Au—Te, Pb—Hg—Ag—Au—Te.

Кроме золота, самородная форма характерна также для Ag, Bi, Te и др. элементов.

Форма нахождения золота находится в зависимости от содержания теллура и других ассоциирующих с ним элементов. Так, например, при высокой концентрации теллура золото выпадает, главным образом, в виде теллуридов. Это приводит к некоторому пространственному обособлению основных скоплений теллуридов и самородного золота. Образование теллуридов Au происходит до выпадения самородного золота, которое образуется не только путем кристаллизации из растворов, но и в результате параморфного превращения петцита в гессит. В преобладающем большинстве случаев самородное золото приурочивается к микротрещинкам и раздробленным зонам в пирите и других сульфидов и сульфосолей. Другая часть его образует ангедральные выделения в полях сульфидов, в том числе и наиболее ранних, что дает основание предполагать о привносе Au совместно с главнейшими рудообразующими элементами — Fe, Cu, Pb, Zn, As, Sb. Ассоциация Au наиболее тесна с Ag, As, Pb, Zn, Sb, Te. Как правило, высокие и повышенные концентрации Au сопровождаются таковыми Ag, Te, Sb, Hg, но не всегда повышенные концентрации последних сопровождаются таковой Au. Этим, в частности, обусловлены большие пределы колебаний золото-серебряного отношения, которое в преобладающем большинстве случаев ниже единицы и колеблется в пределах 1 : 0,8 до 1 : 1765. В рудах золото-кварцевой формации концентрация Ag близка таковой Au. Затем идут руды Au—Te-полиметаллической формации, в которых Au : Ag колеблется в пределах 1 : 1,2 до 1 : 1,6. В рудах других формаций это соотношение не превышает 1 : 10, а в некоторых рудах Au—Sb-полиметаллической, Au-полиметаллической, полиметаллической формаций оно опускается ниже 1 : 900. Будучи постоянным спутником Au, серебро свои максимальные концентрации образует в наиболее богатых золотом рудах, вместе с тем не всегда высокие концентрации Ag со-

проводятся таковыми Au (полиметаллическая формация, Гюмушхана).

Привнос основных концентраций Ag так же, как и Au, происходит в конце рудообразовательного процесса, но в отличие от Au оно проявляет более отчетливое стремление накапливаться в богатых Pb рудах. Наряду с последними, значительными концентрациями Ag характеризуются Cu, Cu—Pb—Zn, Cu—As руды, но в таких случаях наряду с Ag присутствуют повышенные концентрации Au.

В отношении форм нахождения Ag определенное сходство имеет с Au. Оно так же, как и Au, в своей основной массе представлено теллуридами и в самородной форме. Но самородное серебро имеет несравненно меньшее распространение и почти никогда не ассоциирует с теллуридами. С другой стороны, отсутствие его сернистых соединений дает основание главной считать изоморфную форму его нахождения в сульфидах и сульфосолях. Таким образом, несмотря на то, что халькофильность Ag намного сильнее халькофильности Au, тем не менее при наличии достаточных концентраций Te оно полностью выпадает в виде теллуридов, тогда как в этих условиях Au только частично соединяется с Te, значительная же часть выпадает в виде самородного золота, что дает основание сростов катионов Ag с Te считать значительно выше, чем Au с Te. Именно этим, по-видимому, можно объяснить тот факт, что хотя теллуриды Au начинают выпадать раньше теллуридов Ag, тем не менее серебро успевает полностью соединиться с теллуридом, а золото в своей основной массе выпадает в самородной форме. При отсутствии достаточных концентраций теллура, серебро, в зависимости от условий минералообразования, выпадает в виде сульфида—акантита или самородного серебра. Среди теллуридов серебра наиболее широкое распространение имеет гессит ( $Ag_2Te$ ), затем идут петцит ( $Ag_3AuTe_2$ ) и сильванит ( $AuAgTe_4$ ), в которых серебро представлено главным образом одновалентным катионом.

Таким образом, нахождение каждого из перечисленных выше элементов находится в зависимости не только от концентраций их в рудоносных растворах, но и от условий минералообразования. Даже при небольшой концентрации в рудной массе собственные минералы образуют такие типичные рассеянные элементы, как германий и таллий. Вместе с тем большинство редких и рассеянных элементов в своей основной массе, а некоторые из них (рений, селен, германий, кадмий, индий и др.) всецело входят в состав глав-

нейших рудообразующих минералов в виде изоморфной или других примесей. В зависимости от кристаллохимических особенностей минералы-концентраторы для различных рассеянных элементов разные. В медно-мышьяковых сульфосолях (энаргит, теннантит) сконцентрированы германий, таллий, индий, а также селен, теллур, в молибдените сконцентрированы главным образом рений, отчасти селен. В штуфных пробах из руд вулканогенной рений-молибденовой формации, собранных диссертантом в 1958 г., установлена чрезвычайно интересная картина: в них содержание рения оказалось в 2—3 раза выше, чем молибдена, что дало основание (И. Г. Магакьян, 1963) предположить о наличии здесь собственных минералов Re. Дальнейшие исследования (А. С. Фарамазян, А. Г. Акопян, 1963) подтвердили наличие подобных соотношений между концентрациями Mo и Re, но собственных минералов не выявили. Минералого-геохимические и детальные микроскопические исследования, проведенные нами при максимальных увеличениях микроскопа с применением иммерсии, показали, что в богатых Re рудах молибденит характеризуется значительными различиями оптических свойств (отражательная способность, двуотражение, цветной оттенок и т. д.) что, по видимому, обусловлено существенными различиями состава минерала. Сходство Re и Mo, в частности одинаковый ионный радиус их четырехвалентных катионов, идентичность кристаллической структуры их дисульфидов (Lagrenaudie, 1956) и т. д., обуславливают неограниченный изоморфизм между ними.

Возможность неограниченного изоморфизма дисульфида Re и молибденита, экспериментально доказанная И. и В. Ноддаками (I. and W. Noddach, 1931), с одной стороны, большие пределы колебания концентраций Re и Mo в рудообразующих растворах—с другой, на наш взгляд, могли обуславливать образование не только дисульфида Mo с примесью Re—(Mo, Re)S<sub>2</sub>, но и дисульфида Re с примесью Mo—(Re, Mo)S<sub>2</sub>.

#### Глава V. О генезисе эндогенных руд и возрасте оруденения

Устанавливается три типа связи оруденения с магматическими породами: с магмой самих интрузий, с магматическим очагом интрузивных и эффузивных пород и, наконец, с процессами гранитизации и ультраметаморфизма.

В прямой генетической связи с магматическими порода-

ми, кроме месторождений собственно магматической генетической группы, рассматривается часть рудного вещества месторождений пегматитовых, скарновых и плутоногенно-гидротермальных генетических групп. Накопившиеся под экраном малопроницаемых, относительно холодных затвердевших частей интрузий остаточные от кристаллизации «лоровые» растворы внедряются по контракционным трещинкам, развиваясь в усадочных пустотах, метасоматически замещающая породы материнских интрузий.

Для преобладающей массы рудного вещества плутоногенно-гидротермальных и вулканогенных месторождений характерна парагенетическая связь с магматическими породами, обусловленная гидротермальной деятельностью магматических очагов интрузивных, эффузивно-интрузивных и эффузивных комплексов. В такой связи рассматриваются Cu-Mo, большинство золоторудных, полиметаллических и др. месторождений. Важнейшей особенностью оруденения с подобным типом связи является погдейковый характер и приуроченность к общекоровым (глубинным) и внутрикоровым разломам.

Для ультраметаморфических руд байкальского фундамента важное значение имеет третий тип связи оруденения с магматическими породами, заключающийся в общности причин происхождения рудообразующих растворов и реоморфических гранитоидов.

В соответствии с этим руды находятся в различных возрастных взаимоотношениях с интрузивными породами. В зависимости от типов связи оруденение охватывает как доинтрузивный, так и интра- и постинтрузивные этапы их становления, вследствие чего структурные взаимоотношения их самые разные. Наиболее интенсивно проявлены продукты постинтрузивной деятельности (плутоногенно-гидротермальные месторождения), широко и разнообразно проявлены руды интраинтрузивного этапа (собственномагматические, пегматитовые, скарновые месторождения и гидротермалиты ранней стадии), сравнительно слабо, но интересно проявлены руды доинтрузивного этапа (ультраметаморфические руды).

Рудообразовательный процесс в пределах ряда месторождений (Меградзор, Каджаран, Айгедзор и др.), согласно полученным нами данным, носит многоэтапный характер, обусловленный длительностью и перманентностью развития магмо-рудоконтролирующих структур. В совместном проявлении продуктов разновозрастных рудообразовательных про-

цессов важное значение имеют глубинность, размеры и относительное расположение сменяющих друг друга интрузий, которые, определяя температуру и масштабы подвергающихся перегреву пород, обуславливают относительное расположение зон, благоприятных для рудообразования (Л. Н. Овчинников). Наблюдается отчетливо проявленная унаследованность между минералого-геохимическим составом сменяющих друг друга руд. Независимо от длительности перерыва, руды поздних этапов, как правило, несут признаки ранее образованных.

Важнейшими реперами для определения этапности рудообразовательных процессов являются дайки и, в частности, интра- или пострудные дайки, внедрение которых в оруденелые зоны, в зависимости от их мощности и других особенностей, приводит к различной интенсивности и типам метаморфических преобразований руд. Для полиасцентных месторождений характерны сложные взаимоотношения даек и руд. Дорудные для позднего этапа дайки являются пострудными для руд раннего этапа.

Рудообразовательный процесс большинства месторождений зоны носит стадийный характер развития, выраженный в виде устойчивых, изменчивых, переходных и чуждых парагенетических ассоциаций минералов. Первые из них определяют формационную принадлежность месторождений и проявлены во всех месторождениях данной формации. Относительная интенсивность проявления этих ассоциаций в различных месторождениях разная. Более значительны различия в отношении числа, состава и относительной интенсивности проявления изменчивых парагенетических ассоциаций минералов. Для большинства гидротермальных рудных месторождений характерно увеличение числа элементов в конце рудообразовательного процесса. Так, если минералы ранних парагенезисов обычно сложены из 2—3 элементов, то в составе парагенезисов поздних стадий иногда участвуют до 15—20 элементов. В месторождениях большинства формаций выделяются 2—3, иногда больше элементов, которые являются сквозными и участвуют в составе почти всех стадий минерализации, но выпадают в составе главнейших рудообразующих минералов лишь одной, двух или трех стадий. Наряду со сквозными элементами в рудообразовательном процессе участвуют элементы, привнос которых соответствует строго определенным стадиям минерализации.

В целом оруденение Памбак-Зангезурской структурно-

металлогенической зоны носит *полициклический* характер и формировалось в процессе байкальской, киммерийской и альпийской металлогенических эпох, Первая из них ознаменовалась образованием метаморфогенных месторождений Ti, Fe, Au, Pb, Zn, Ba. В киммерийскую эпоху (J—C<sub>г1</sub>) образуются сравнительно небольшие месторождения Au-полиметаллических, кварц-золоторудных и скарновых Fe руд, связанных с гранитоидными интрузиями раннемелового возраста (раннеорогенная стадия). Для альпийской эпохи характерны рудные формации Cu, Mo, Fe, Al, Au, Ag, Pb, Zn, Sb, TR, P, As, Hg и др. элементов. Эта эпоха характеризуется также большим разнообразием условий образования руд: наряду с плутоногенными образуются вулканогенные месторождения. В процессе геосинклинального развития зоны роль этих месторождений существенно меняется. Ранняя (собственногеосинклинальная) стадия (C<sub>г2</sub>—Pg<sub>2</sub><sup>1-3</sup>) ознаменовалась образованием собственномагматических и вулканогенных руд, представленных хромитовой, серноколчеданной, марганцевой и другими формациями; раннеорогенная стадия (Pg<sub>2</sub><sup>3</sup>—N<sub>1</sub><sup>1</sup>) представлена плутоногенными формациями как гидротермальной, так и собственномагматической, скарновой, пегматитовой групп. Все они подразделяются на две возрастные подгруппы: начальная раннеорогенная (Pg<sub>2</sub><sup>3</sup>—Pg<sub>3</sub><sup>1</sup>), когда в связи с интрузивами умеренно-кислого состава образуются скарновые и гидротермальные Cu—Mo, полиметаллические, Au—Sb-полиметаллические месторождения. В конце раннеорогенной стадии (Pg<sub>2</sub><sup>3</sup>—N<sub>1</sub><sup>1</sup>) в связи с умереннокислыми и щелочными интрузивами образуются собственномагматические нефелинситовые, пегматитовые редкометалльные и гидротермальные Cu—Mo, F—TR, As-полиметаллические, Mo-полиметаллы-редкометалльные, ртутные месторождения.

Поздняя (позднеорогенная) стадия (N<sub>1</sub><sup>2</sup>—N<sub>2</sub>-антропоген) представлена вулканогенными месторождениями P—Fe, Re—Cu—Mo, Re—Mo, Hg руд и вулканическими месторождениями самородной серы.

Таким образом, установленная в пределах отдельных рудных полей преемственность и единая направленность эволюции состава руд, проявляется также при переходе от одной эпохи к другой, т. е. филогенетическое развитие месторождений, включающее в себя последовательность формирования месторождений различного состава, в общих чертах соответствует их онтогенетическому развитию. Вместе с этим от ранних к поздним эпохам возрастают

интенсивность оруденения, разнообразие вещественного состава и генезиса руд, обусловленные, с одной стороны, общностью источников рудного вещества и единством хода развития рудообразовательных процессов, с другой—существенными изменениями в строении земной коры и относительной интенсивности магматических процессов.

## Глава VI. Формационная классификация руд

Большой вклад в развитие учения о рудных формациях внесли: С. С. Смирнов, (1937), А. Г. Бетехтин (1945), И. Г. Магакьян (1950, 1967), Е. Е. Захаров (1953), П. М. Татаринцев (1963), Р. М. Константинов (1965, 1973), В. А. Кузнецов (1966, 1971) и др., в работах которых подчеркивается значение формационного анализа для распознавания сложнейших геологических процессов. В. А. Кузнецов, Э. Г. Дистанов и др. обосновали точку зрения о том, что формационный анализ является научной основой прогнозирования оруденения. Вместе с тем ряд вопросов, возникших в связи с развитием учения о рудных формациях, остается еще недостаточно разработанным. Дискуссионным является определение самого понятия «рудная формация».

В соответствии с предложенными к настоящему времени формулировками рудной формации основным критерием, определяющим принадлежность месторождений к той или иной рудной формации, считается минеральный состав руд или повторяющиеся в определенной последовательности устойчивые парагенетические ассоциации минералов. Однако формационный анализ, основанный на учете лишь минерального состава руд, нередко приводит к тому, что однотипные месторождения одних и тех же полезных ископаемых относятся к различным рудным формациям, т. к. в них одни и те же элементы (например, Cu, As, Fe) проявлены в составе различных минералов (халькопирит-борнит, пирит-пирротин, энаргит-теннантит и т. д.), что обусловлено широким влиянием местных факторов (Eh, pH среды, глубина эрозийного среза, скорость падения  $t$ , относительная трещиноватость пород и т. д.) на образование тех или иных минеральных ассоциаций. Исходя из всего изложенного, автор пришел к заключению (А. И. Карапетян, 1969) о нецелесообразности ограничения формационной принадлежности месторождений рамками минерального состава руд, считая более правильным в основу выделения рудных формаций ставить *состав* (элементный или минеральный) главнейших

(в экономическом отношении) минеральных парагенезисов. Это дает возможность в рудных формациях группировать месторождения, характеризующиеся сходным (или одинаковым) экономическим значением (С. С. Смирнов), считая образование их результатом проявления многих причин как внутреннего (строение атома), так и внешнего (термодинамические условия) характера и при необходимости подчеркнуть те элементы, которые не образуют собственных минералов.

В формулировках рудных формаций не уделяется должного внимания времени образования (возрастным соотношениям) *слагающих руды парагенетических ассоциаций минералов*. Между тем, как уже отмечалось, немало полиасцедентных месторождений, руды которых образовались в течение двух или более этапов рудообразования в результате наложения друг на друга (или совместного проявления) продуктов, оторванных во времени (разновозрастных) процессов эндогенной минерализации, связанных с проявлением раннеорогенной и позднеорогенной, собственногеосинклинальной и позднеорогенной стадий магматизма альпийской и (или) предыдущих металлогенических эпох. Подобное явление, которое особенно характерно для зон долгоживущих, перманентно развивающихся разломов, иногда обуславливает появление таких месторождений, которые объединяют существенно отличающиеся друг от друга (по составу) парагенетические ассоциации минералов. В таких случаях, естественно, возникает необходимость выделения в пределах одних и тех же месторождений двух или более рудных формаций, для которых предложено (А. И. Карапетян, 1977) название *полиформационно-полиэтапных месторождений*.

Одним из основных критериев, определяющих формационную принадлежность месторождений, считаются одинаковые (или сходные) геологические условия их образования. При этом под геологическими условиями прежде всего подразумеваются фациальные особенности, состав и физико-механические свойства ассоциируемых с оруденением пород, характер связи с магматизмом и т. д. Однако ассоциирующие с оруденением породы не всегда могут служить критериями для определения формационной принадлежности рудных месторождений, поскольку они для многих эпигенетических месторождений (в особенности позднеорогенных стадий) носят случайный характер. Что же касается характера связи оруденения с магматизмом, то он хотя и является важным, но не может быть отнесен к универсальным критериям, поскольку

ку имеются эндогенные рудные месторождения (например, метаморфические), которые не проявляют связи с магматизмом. Исходя из всего изложенного, автор пришел к заключению (А. И. Карапетян, 1969) о том, что *при выделении эндогенных рудных формаций, кроме состава руды и геологических условий их образования, необходимо учитывать генетическую группу месторождений, тип геологических структур и стадию (или этап) развития земной коры, при которой образуются месторождения.*

Необходимость включения генетической группы в определение понятия рудной формации была подчеркнута С. С. Смирновым (1937), позже В. А. Кузнецовым, Э. Г. Дистановым и др. (1972), В. В. Панцулая (1977) и др. Генетическая группа, наряду с важнейшими особенностями геологических условий, подразумевает также способ и физико-химические условия образования месторождений. Однако, включение генетической группы в определение понятия рудной формации может рассматриваться как противоречие определению самого понятия «систематизация», которая основывается на конкретных признаках. В. А. Кузнецов и др. (1972) в связи с этим отмечают, что здесь нет никаких противоречий, поскольку отнесение месторождений к тому или иному генетическому типу нередко совершенно очевидно и вовсе не предопределяет полностью его генезис.

В задачу формационного анализа входит также систематизация самих рудных формаций, простых и сложных (по составу руд), типоморфных и конвергентных (по условиям образования), с выделением надформационных ассоциаций (генетических групп, комплексов, серий, рядов рудных формаций).

На рис. 1 показана иерархическая соподчиненность рудных формаций и других основных единиц рудно-формационного анализа в общем ряду уровней организации веществ.

Автор настоящей работы на основании многолетних исследований и обобщения литературных данных изученные месторождения сгруппировал в шесть генетических групп.

*Группа собственномагматических рудных формаций* в пределах зоны представлена *типоморфными титаномагнетитовой и нефелинситеновой формациями*, связанными с вмещающими их гипабиссальными интрузиями соответственно габбро-пироксенитового и щелочного составов, приуроченными к блокам с преобладанием «базальтового» слоя над «гранитным». Образование месторождений этих формаций связано соответственно с собственногеосинкли-

## ИЕРАРХИЧЕСКАЯ СОПОДЧИНЕННОСТЬ ОСНОВНЫХ ЕДИНИЦ РУДНО-ФОРМАЦИОННОГО АНАЛИЗА

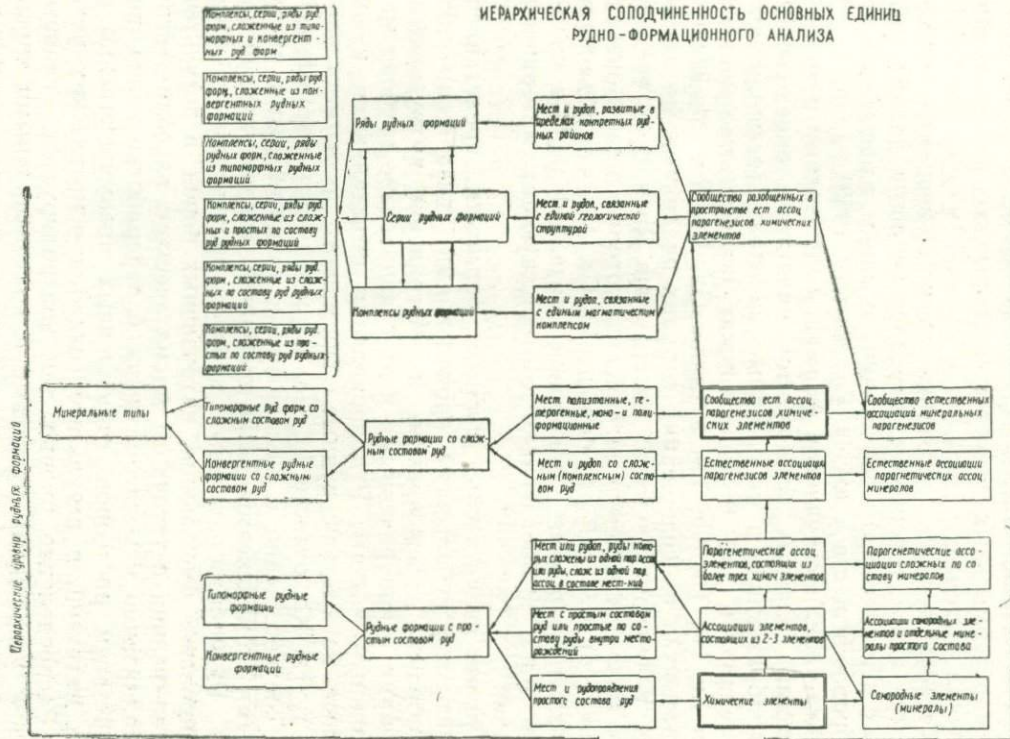


Рис. 1.

нальной и раннеорогенной стадиями альпийской эпохи. Рудоносны как апикальные, так и глубинные части интрузивов. Рудообразовательный процесс происходил в сравнительно высокотемпературных условиях гистеромагматического этапа кристаллизации магмы (с дальнейшим наложением на них гидротермальных этапов); в закрытых в отношении кислорода системах.

Касаясь вопроса источника рудного вещества, можно отметить, что «...совершенно отпадает вопрос о палингенных магмах и в качестве первоисточников следует рассматривать подкоровое вещество» (М. Н. Годлевский, 1968).

Для нефелинсиепидитовой формации носителями и концентраторами полезных компонентов являются определенные порообразующие и акцессорные минералы (нефелин, апатит, меланит и др.). Руды содержат значительные концентрации Zr, Hf, Th, Nb, TR, а также Ga, Be, Rb, при некотором различии их содержаний в рудах различных месторождений. В тежсарских рудах содержания Rb и Be в среднем в 2—3 раза выше, чем в мегринских, которые в свою очередь содержат от 1,5 до 5 раз больше Li, Ga, Nb, что объясняется различной ролью подкоровой базальтоидной и палингенной магм в образовании соответствующих материнских интрузий.

*Группа пегматитовых рудных формаций* представлена сравнительно небольшими проявлениями, связанными главным образом с Тежсарским и Мегринским интрузивными массивами и приуроченными к их сравнительно глубоко эродированным частям. Рудопроявления объединяются в две сложные по составу рудные формации: *редкометальную* (TR, Y, Ta, Nb, отчасти Li, Ga, B) и Cu—Mo, которые связаны соответственно с щелочными и гранитоидными интрузивными комплексами раннеорогенной стадии альпийской эпохи. Рудообразовательный процесс происходит в конце формирования вмещающих интрузивных пород в результате кристаллизации остаточного магматического расплава, перекристаллизации и метасоматической переработки пород под воздействием растворов, отщепленных преимущественно от самих интрузий, в результате создания осмотических условий. Распределение рудных тел контролируется, главным образом, усадочными пустотами и контракционными трещинами. Характерны значительные вариации качественно-количественного минерального состава руд как в пределах отдельных рудных тел, так и рудопроявлений. Рудные формации относятся к типоморфным образованиям.

*Группа скарновых рудных формаций* представлена промышленными месторождениями и многочисленными рудопроявлениями, которые объединяются в *конвергентную скарновую железорудную* (гранит-магнетитовую) формацию.

Рудовмещающими породами являются главным образом контактово-инфильтрационные скарнированные зоны, которые образуются в зоне высокотемпературного контактового ореола гранитоидных интрузий с существенно карбонатными породами. В пространственном размещении месторождений скарновой генетической группы важную роль играют также дизъюнктивные нарушения (Мармарикский, Агстевский зоны разломов), которые представляют собой перманентно развивающиеся структуры, разграничивающие блоки с максимальной (для зоны) разницей глубины залегания эопаалеозойского фундамента.

*Группа плутогенных гидротермальных рудных формаций* по интенсивности, широте и разнообразию проявления занимает ведущее место среди других групп рудных формаций. Важная роль принадлежит сложной по составу руд *Си—Мо формации*, в которую объединяется ряд промышленных месторождений (Каджаран, Агарак, Джиндара, Анкаван и др.) и большое число рудопроявлений, развитых главным образом в пределах Мегринского гранитоидного массива. Практический интерес представляют также: *Au—полиметаллическая* (Тей-Личквас, Гамзачиман), *Au—Te—полиметаллическая* (Меградзор и др.), *Au—Sb—полиметаллическая* (Азатек, Софи-бина, Каялу и др.) формации. Перспективными являются также *полиметаллическая* (Газма, Гюмушхана и др.), *Au—кварцевая* (Капутсар, Эмир-юрт и др.), *As—полиметаллическая* (Аравус, Мазмазак), *Mo—полиметаллы-редкометалльная* формации. В эту группу формаций входят также сравнительно слабо изученные, но, безусловно, интересные *медная* (Востан, Сваранц) и *киноварная* (Хосров) формации.

Оруденение контролируется зонами разломов разного порядка, среди которых наиболее важными являются региональные разломы (Анкаван-Разданский, Дебаклинский, Тандзут-Дилижанский и др.), соответствующие границам блоков с различными тенденциями перемещения, обусловившими максимальную разницу глубины залегания фундамента. К ним приурочено преобладающее большинство промышленных месторождений *Си—Мо*, *Au—Te—полиметаллической*, *Au—полиметаллической*, *Mo—полиметаллы-редкометалльной* формаций. Местами эти разломы (Вайкский рудный рай-

он), разграничивая блоки с умеренной разницей глубины залегания фундамента, контролируют Au-кварцевое оруденение. Основная часть месторождений полиметаллической Au—Sb-полиметаллической и ртутной формаций приурочена к разломным зонам, развитым в пределах блоков с глубоко погруженным фундаментом.

Максимальная глубина образования руд (определенная путем восстановления геологических условий в «момент» их формирования) составляет 4—4,5 км, минимальная—не превышает первые сотни метров. Если согласиться, что процессы, связанные с отделением растворов от расплава и их передвижением в породах, могут протекать до глубин примерно 5 км от поверхности земли (Л. Н. Овчинников, 1968), то можно считать, что рассматриваемые плутогенные гидротермальные рудные формации охватывают практически всю благоприятную для рудообразования зону земной коры. Температурный диапазон образования руд весьма широк от 500—450° до 80—100°, причем образование основных продуктивных стадий происходит в более узком температурном диапазоне (350—300° до 150—100°).

Большинством исследователей (И. Г. Магакьян, С. А. Мовсеян, С. С. Мкртчян, Г. О. Пиджян, К. А. Карамян и др.) оруденение медно-молибденовой формации связывается с глубинным очагом. Изучение возрастных взаимоотношений различных минеральных парагенезисов руд, метасоматических изменений и даек привело диссертанта к заключению о наличии двух источников металлоносных растворов—глубинный очаг и исходная магма самих интрузивов. При этом, в зависимости от конкретных условий роль и время действия каждого из этих источников разные.

*Группа вулканогенных рудных формаций* объединяет связанные с вулканическими процессами месторождения и рудопроявления, образовавшиеся на поверхности и на глубине, из гидротермальных растворов и эксгаляций «...в условиях постоянного или периодического сообщения магматического очага с поверхностью» (В. Н. Котляр, 1968); и в соответствии с этим подразделяются на три подгруппы: глубинно-вулканическую (представлена Re—Cu—Mo, Re—Mo, P—Fe формациями), субвулканическую (представлена серноколчеданной, убогосульфидной Au—полиметаллической и Hg формациями) и, наконец, вулканическую (представлена формациями самородной серы и марганцевых эксгаляционно-осадочных руд) (А. И. Карапетян, 1977).

Характерной особенностью группы вулканогенных руд-

ных формаций является тесная пространственная связь с центрами вулканизма, которые в свою очередь тяготеют к границам блоков с существенно различным относительным расположением эопалеозойского фундамента.

Значительная часть рудных формаций (эксталяционно-осадочные и др.) связана с подводным вулканизмом и тяготеет к куполовидным вулканическим постройкам, осложненным тектоническими нарушениями и зонами дробления.

Формирование вулканогенных рудных формаций происходит в собственногосинклиналичную и позднеорогенную стадии киммерийской и альпийской эпох когда эффузивный вулканизм проявился особенно интенсивно. При этом, если для собственногосинклиналичных стадий характерен подводный вулканизм, то в позднеорогенную стадию преимущественное развитие получил наземный вулканизм. От ранних к поздним эпохам относительная роль и разнообразие состава руд орогенных вулканогенных формаций возрастает.

Отделение рудообразующих растворов начинается с момента возникновения связи между магмой и поверхностью земли и достигает своего максимума после излияния наиболее кислых лав. Нередко в результате возрождения вулканической деятельности рудообразовательный процесс повторяется, образуются многоэтапные (моно- или полиформационные) месторождения (А. И. Карапетян, 1970). В таких случаях взаимоотношения магматических пород и оруденения самые разные: дорудные, интарудные и пострудные секущие тела, представляющие собой дайки, корни излияния лав, субвулканические тела или малые интрузии (А. И. Карапетян, 1967).

Группу метаморфогенных рудных формаций слагают четыре формации: кварц-золоторудная, кварц-железорудная, титаноносных сланцев, железистых сланцев. Каждая из этих формаций проявляет отчетливую зависимость от степени регионального метаморфизма (А. И. Карапетян, 1969, 1977). С фацией зеленых сланцев и низких ступеней амфиболитовой фации связаны формации метаморфических титановых и железистых руд, с более высокими ступенями амфиболитовой фации связаны формации ультраметаморфических руд—кварц-золоторудная (с убогосульфидной полиметаллической минерализацией) и кварц-железорудная (железистые кварциты). Руды первой подгруппы слагают элементы, главным образом зоны базификации (Fe, Ti и др.), второй—гранитизации (Si, K, Na, Au, Pb, Zn, Ba и др.). В формировании второй подгруппы рудных формаций участвуют элементы не

только рудовмещающих толщ, но и более глубоких горизонтов, зон более высоких ступеней метаморфизма.

Эти две подгруппы рудных формаций характеризуются определенными индивидуальными особенностями—для первой из них характерен вкрапленный тип минерализации без гидротермальных изменений вмещающих пород. Рудные минералы обладают высокой степенью идиоморфизма, переход от руд к вмещающим породам постепенный. Жильные и другие магматические породы не характерны. Для второй подгруппы характерны секущие рудные тела—жилы, прожилки, вкрапленность или небольшие гнездообразные скопления. Нередко руды этого ряда формаций ассоциируют с «теневыми» гранитами или продуктами их реоморфизма.

Участвующее в составе метаморфогенных рудных формаций рудное вещество, по-видимому, в своей основной массе имеет коровое происхождение, *мобилизованное* в результате регионального метаморфизма или заимствованное из различных пород циркулирующими активными водными растворами.

Сообщества рассмотренных здесь месторождений слагают серии рудных формаций, существенно отличающихся друг от друга составом, числом и набором слагающих формаций (табл. 1). Наиболее простым по составу руд и малочисленным по слагающим формациям является байкальская серия, связанная различными степенями регионального метаморфизма вплоть до ультраметаморфизма. Рудообразующие элементы представлены Ti, Fe, Au, подчиненное значение имеют Ва, Pb, Zn, Cu.

Киммерийская серия рудных формаций относится к раннеорогенной стадии и представлена скарновой и плутоногенно-гидротермальной рудными формациями, включающими в качестве главнейших рудообразующих элементов Fe, Au, Pb, Zn, Ag. Эта серия местами проявлена совместно с рудными сериями альпийской эпохи. Раннюю или собственногеосинклинальную серию слагают главным образом вулканогенные и в меньшей мере собственномагматические и плутоногенно-гидротермальные формации. Эта серия развивается в зонах глубинных разломов (Севано-Амассийская зона) с офиолитовым базальтоидным магматизмом. Главнейшими элементами руд являются Fe, Cu, Au, Mn, подчиненное значение имеют Pb, Zn, Ag. По разнообразию состава особое место занимает раннеорогенная серия альпийской металлогенической эпохи. Слагают ее собственномагматические, пегматитовые, скарновые, плутоногенно-

## Серии рудных формаций Памбак-Зангезурской металлогенической зоны Малого Кавказа

Тект.—магм. этапы	Металлоген. эпохи	Стадии геосинклинального и металлогенического развития	Серии рудных формаций	Месторождения и рудопроявления
Байкальский Pg—Pz <sub>1</sub>	Байкальская Pg <sub>3</sub> —S <sub>1</sub>	Средняя (раннеорогенная, складчатая) Pg <sub>3</sub>	Титановая, вкрапленная железорудная, кварц-золоторудная, полиметаллическая, железистых кварцитов (все метаморфогенные).	Арзакан, Чкнах, Агверан, Бжни, Ванки-дзор, Зар, Меградзор, Мармарик и др.
	Раннеальпийская (киммер.) I <sub>1</sub> —C <sub>1</sub>	Средняя (раннеорогенная, складчатая) C <sub>1</sub>	Скарновая железорудная, Ау-сульфидная, полиметаллическая (плутоногенно-гидротермальные).	Сары-кая, Дебахлу, Галлавар, Гомери-дзор, Мадан (Агверан) и др.
Альпийский I <sub>1</sub> —Q	Собственно альпийский C <sub>2</sub> —Q	Ранняя (геосинклинальная, доскладчатая) C <sub>2</sub> —Pg <sub>2</sub> <sup>2-3</sup>	Серноколчеданная, титаномагнетитовая, убогосульфидная Ау-полиметаллическая (вулканогенные), Мп-эксталяционно-осадочная.	Тандзут, Сварацц, Сари-соп, Казачий бугор, Кабахлу, Кармрашен, Мартирос, Горадис и др.
		Средняя (раннеорогенная, складчатая) Pg <sub>2</sub> <sup>2-3</sup> —Pg <sub>3</sub> <sup>1</sup> Конец раннеорогенной Pg <sub>2</sub> <sup>2-3</sup> — N <sub>1</sub> <sup>1</sup>   Pg <sub>3</sub> <sup>1</sup> — N <sub>1</sub> <sup>1</sup>	Скарновая железорудная, Си-Мо пегматитовая, скарновая и плутоногенно-гидротермальная; полиметаллическая, меднорудная (плутоногенно-гидротермальные).	Кармракар, Раздан, Калер, Гехи, Каджаран, Агарак, Айгедзор, Газма, Гюмушхана.
Альпийский I <sub>1</sub> —Q	Собственно альпийский C <sub>2</sub> —Q	Поздняя (позднеорогенная, постскладчатая) N <sub>1</sub> <sup>1</sup> — Q	Нефелисиенитовая, редкометалльная пегматитовая, Си-Мо, Ау-полиметаллическая, Мо-полиметаллы-редкометалльная, F-TR, Ау-Те—полиметаллическая, Ау-Sb—полиметаллическая, (все плутоногенные).	Тежсар, Мегри, Анкаван, Каджаран, Джиндара, Тей-Личквас, Гамзачиан, Кабахлу, Новый, Меградзор, Сарнахпур, Аравус, Марджан, Мазмазак, Лесное, Омар, Тежагет, Лагерное, Хосров, Азатек, Артаван, Софибина и др.
		Апатит-магнетитовая, рений-молибденовая, рений-медно-молибденовая, ртутная, мышьяковая, самородной серы (все вулканогенные).	* Абовян, Варденис, Элпин, Советашен, Вардан, Спитак-хач, Арагац, Аранлер и др.	

гидротермальные рудные формации, генетически и пространственно связанные с интрузивными породами гранитоидного и щелочного состава. Месторождения этой серии нередко охватывают рудные поля киммерийской раннеорогенной серии. Главнейшие рудообразующие элементы и элементы-примеси здесь несравненно более многочисленны: Fe, Cu, Mo, Au, Ag, Sb, Pb, Zn, Al, TR, Te, P, F, Hg, Re, Se. Завершает рудообразовательный процесс позднеорогенная серия, представленная главным образом вулканогенными рудными формациями, связанными с кислыми дифференциатами магмы. Рудные формации этой серии, несмотря на принадлежность к единой генетической группе, значительно отличаются друг от друга по условиям образования и составу руд. Сложены они главным образом Fe, P, Mo, Cu, Re, Hg, As, S. Общим для месторождений этой серии является то, что размещение их почти без исключения контролируется трансформными разломами, нередко пересекающими всю металлогеническую зону. Кроме того, слагающие эту серию руды нередко проявляются совместно с сериями руд раннеорогенной стадии, обуславливая образование рудных узлов вмещающих различные серии руд.

В зависимости от условий становления интрузий, эффузивно-интрузивных или эффузивных комплексов, в генетической или парагенетической связи с ними образуются различные по составу и другим особенностям сообщества руд—комплексы рудных формаций (Ю. А. Билибин, 1951; Г. А. Твалчрелидзе, 1973). В связи с многофазными гранитоидными интрузиями находятся рудные комплексы, состоящие из пегматитовых, скарновых и плутоногенно-гидротермальных формаций Cu—Mo, Au—Te—полиметаллического, Au—полиметаллического и As—полиметаллического составов. В связи со щелочными интрузивными комплексами находятся рудные комплексы, состоящие из нефелинсиенитовой, пегматитовой редкометалльной, гидротермальной F—TR формаций. С интрузиями кварцевый диорит-гранодиоритового ряда связаны рудные комплексы, состоящие из скарновой железорудной и Cu—Mo формаций; с диорит-монзонит-граносиенитовыми интрузиями связан рудный комплекс, состоящий из скарновой железорудной, молибден-полиметаллы-редкометалльной формаций; с гра-нодиорит-гранитовыми массивами—рудный комплекс, состоящий из Cu—Mo, Au—полиметаллической и др. формаций. В связи с вулканическими комплексами, включающими экстрезии, субвулканы, эффузивы, связаны рудные комплексы,

состоящие из медноколчеданной и Au-полиметаллической формаций.

### **Глава VII. Закономерности размещения оруденения в пределах Памбак-Зангезурской зоны и на продолжении ее в Центральном Средиземноморье**

Памбак-Зангезурская зона совместно с прилегающими частями Малого Кавказа входит в состав вулcano-плутонического пояса, который согласно Г. А. Твалчрелидзе (1977) к западу протягивается до Суббалканской зоны Югославии, а к востоку—в Центральный Иран и Пакистан.

В пределах Памбак-Зангезурской зоны месторождения собственногеосинклинальных и раннеорогенных стадий контролируются главным образом зонами конформных разломов, для позднеорогенных стадий, кроме конформных, характерны также и трансформные. Особенно благоприятны для локализации оруденения завершающей стадии узловые зоны пересечения трансформных и конформных разломов, которые обусловили линейно-узловой характер размещения оруденения с концентрацией сравнительно крупных месторождений в узловых зонах.

В рассматриваемой металлогенической зоне преобладающее большинство известных месторождений сконцентрировано в пределах: Тандзут-Дилижанской Уляшикской (Тежарской), Раздан-Анкаванской Арзакан-Бжнинской и Чкнах-Агверанской структурных зон. В пределах Гегамского нагорья заслуживают наибольшего внимания три структурные зоны, соответствующие продолжениям Анкаван-Разданского и Агверан-Бжнинского разломов, а третья (Капутан-Хосровская) является фрагментом т. н. Арагац-Ордубадской зоны разломов. В Вайкском рудном районе интересны Варденис-Джермукская, Аргичи-Гюмушханская и Советашен-Мартиросская рудоносные зоны. В северной части Зангезурской рудоносной области (Баргушатский рудный район) оруденение сконцентрировано вдоль Вардан-Гехинской и Аравус-Сваранцской зон: в пределах южной части области (Мегринский рудный район) большой интерес представляют Каджаран-Агаракская и Шишкерт-Гехинская рудоносные зоны.

На продолжении Памбак-Зангезурской зоны в пределах Центрального Средиземноморья эндогенные рудные формации являются продуктом четырех металлогенических эпох: байкальской, герцинской, киммерийской и альпийской. Ме-

стами (Внутренние Динариды, Эллиниды) герцинский цикл почти полностью поглощает каледонский, в других районах оруденение байкальской эпохи представлено графит-магнетитовой, вкрапленной железорудной, кварц-золоторудной, железо-кварцевой метаморфогенными рудными формациями, связанными с выходами метаморфических сланцев кембрия—докембрия.

Оруденение герцинской эпохи развито в пределах Альпийско-Карпато-Балканской, Динарской, Таврской провинций и представлено колчеданными, хромитовой, Fe—Mn, Ni—Co (собственногеосинклинальная стадия), шеелит-молибденитовой, редкометалльной, железорудной (раннеорогенная стадия), Au-полиметаллической, редкометалльной, U, Hg, Sb, стратиформной Pb—Zn (позднеорогенная стадия) формациями руд.

Оруденение киммерийской металлогенической эпохи развито в пределах Понтийско-Сомхето-Карабахской, Кафан-Дохтурской сегментов и представлено серноколчеданной, барито-полиметаллической, хромитовой (собственногеосинклинальная стадия), скарновой железорудной, полиметаллической, золото-полиметаллической, кобальтовой (раннеорогенная стадия) формациями.

Оруденение альпийской эпохи проявлено широко на Балканах, в Анатолии и Динарской провинции, Армянском нагорье, Загрос-Мекранской провинции и выражено месторождениями медноколчеданных, Mn, хромитовой (собственногеосинклинальная стадия), Ti—Fe, скарновой Fe, Cu—Mo, полиметаллической, Au-полиметаллической (раннеорогенная стадия), Au—Te-полиметаллической, Re—Mo, Mo-полиметаллы—U, P—Fe, Hg, As, Sb формаций (позднеорогенная стадия).

В целом для рассматриваемой части Центрального Средиземноморья господствующими являются хромитовая, медноколчеданная, полиметаллическая, скарновая Fe, Cu—Mo, Au-полиметаллическая, Mn, значительное развитие имеют Ti, Fe, Hg, U, As, Au—Te-полиметаллическая, Au—Sb-полиметаллическая формации. Сопоставление рудных формаций различных металлогенических эпох позволяет прежде всего подчеркнуть особую роль альпийской металлогенической эпохи, охватывающей почти всю эту территорию и в особенности ее восточную часть. В противоположном конце и во внешних зонах развиты рудные формации герцинской эпохи. В центральной части пояса рудные формации альпийской эпохи местами ассоциируют с таковыми киммерийской и

байкальской эпохи: с востока на запад моноциклическое оруденение сменяется полициклическим, а затем бициклическим. С севера на юг и с востока на запад происходит омоложение оруденения. Так, если во внешних зонах Центрального Средиземноморья и на западе главным образом проявлены рудные формации герцинской эпохи, то во внутренних зонах и на востоке оруденение герцинского возраста не проявлено, интенсивно развиты рудные формации альпийской эпохи.

Для рудных провинций с полициклическим оруденением от ранних к поздним этапам интенсивность оруденения возрастает, увеличивается относительная интенсивность проявления орогенных стадий, а внутри позднеорогенных стадий возрастает относительная интенсивность проявления вулканогенных рудных формаций.

Среди важнейших факторов, влияющих на размещение оруденения главным является структурный. К числу наиболее крупных структурных элементов относятся эвгеосинклинальные зоны раннеорогенных и зоны конформных и трансформных разломов позднеорогенных стадий, последовательно возникающих в ходе преобразования мобильных геосинклиналей в относительно стабильные складчатые области. Определяя упорядоченное размещение магматогенных рудных месторождений, эти зоны обуславливают основные элементы региональной зональности. На участках с бициклическим или полициклическим геосинклинальным развитием в результате смещения магматизма во фронтальную часть первоначальных эвгеосинклинальных зон происходит повторное проявление аналогичных зон на новой основе, обуславливая чередование зон со сходным набором рудных формаций. Эта картина существенно осложняется в результате частичного наложения зон более поздних металлогенических эпох на предыдущие и, в особенности, по рудоконтролирующим разломам позднеорогенных стадий, перекрывающих зоны данного и предшествующих циклов. Среди этих и более ранних дизъюнктивных нарушений в Центральном Средиземноморье важную роль играют конформные разломы северо-западного и близкие к трансформным субмеридионального, в меньшей мере субширотного, реже северо-восточного простираний. Данные геологических и геофизических исследований позволяют выделить в юго-западной части Малого Кавказа ряд нарушений северо-западного простирания, которые протягиваются далеко за пределы Малого Кавказа. Трансформные субмеридиональные разломы играют значительную роль в пространственном размещении магматиче-

ских и рудообразовательных процессов региона. Проходят они параллельно Транскавказскому поднятию, которое считается северным продолжением Африкано-Аравийского рифто-магматического пояса (Е. Е. Милановский, 1973).

Отчетливо проявлена зависимость между эрозионным срезом и характером оруденения. Для участков с небольшим эрозионным срезом характерны вулканогенные рудные формации (вулканические, эксгальационно-осадочные и вулканогенно-гидротермальные); территории со сравнительно большим (умеренным) эрозионным срезом характеризуются интрузивными (плутоногенно-гидротермальными) формациями; для глубокоэродированных, приподнятых частей зоны характерны метаморфогенные и метаморфогенно-гидротермальные (ультраметаморфические) рудные формации.

Устанавливается отчетливо проявленная зависимость размещения оруденения от строения земной коры. Для блоков с повышенной мощностью базального слоя характерны месторождения Cu—Mo, Au-полиметаллической, Au—Te-полиметаллической, титаномагнетитовой, нефелинситовой формаций. Для блоков с повышенной мощностью гранитного слоя характерны плутоногенно-гидротермальные месторождения Pb, Zn, Cu, Au, Sb, вулканогенно-гидротермальные месторождения Hg, As, Re, Mo, Cu, Mn.

Преобладающее большинство промышленных месторождений Cu, Mo, Fe, Au приурочено к границам блоков с существенно различными тенденциями перемещения—стабильного поднятия и погружения, воздымания и погружения. В зависимости от характера контактового шва блоков и направления их движений образуются в различной степени благоприятные для рудообразования структуры. Месторождения главнейших для зоны плутоногенно-гидротермальных Cu—Mo, Au-полиметаллических, Au—Te-полиметаллических формаций приурочены главным образом к горстовым блокам, примыкающим к шовным зонам блоков стабильного поднятия и погружения. Максимальное количество месторождений Cu—Mo формации сконцентрировано на контакте блоков с максимальной ( $-3 \div 5$  и более км) и минимальной ( $+1 \div 2,5$  км) глубиной залегания эопалеозойского фундамента. Для золоторудных формаций благоприятны границы блоков с минимальной ( $+1 \div 2,5$  км) и умеренной ( $+0,5 \div 1$  км) глубиной залегания фундамента. Месторождения полиметаллической, Au—Sb-полиметаллической, киноварь-метациннабаритовой, реальгар-аурипигментовой формаций характерны для блоков с мощным терригенным и карбонатным осадоч-

ным комплексом в разрезе над глубоко погруженным байкальским фундаментом. В пределах сравнительно приподнятых блоков и, в особенности, в створах блоков с разнонаправленными движениями развиты вулкано-тектонические постройки депрессионного и купольного типов с вулканогенно-гидротермальным оруденением. Плутоногенно-гидротермальные месторождения полиметаллической и Au—Sb-полиметаллической формаций развиты в пределах блоков с тенденцией погружения, но отличающихся сравнительно неглубоким залеганием ( $+1 \div 1,5$  км) кристаллического фундамента. Для Hg и As оруденения благоприятны шовные зоны блоков с противоположными тенденциями перемещения с умеренным, близкоодинаковым расположением фундамента ( $+1 \div 1,5$  до  $+0,5 \div 1$  км и  $-1 \div 1,5$  км). Для собственномагматической титаномагнетитовой формации характерна связь с сквозьблочными разломами со значительными вертикальными перемещениями блоков.

#### **Глава VIII. Прогнозная оценка территории Памбак-Зангезурской зоны в отношении рудоносности и рекомендации по направлению поисковых и геологоразведочных работ**

Основываясь на данных формационного анализа, сделана попытка подойти к прогнозной оценке «закрытой» территории Гегамского нагорья. Последнее, хотя и отличается сравнительно небольшим числом выявленных месторождений, тем не менее по интенсивности проявленных здесь двух важнейших рудоконтролирующих факторов—структурного и магматического—относится к числу наиболее перспективных в отношении рудоносности территорий Малого Кавказа. Согласно данным геофизических исследований и глубокого бурения территорию Гегамского нагорья слагают более десяти блоков первого и множество блоков более низких порядков. Здесь пересекаются около десяти дизъюнктивных нарушений первого и второго порядков, ряд менее протяженных различно ориентированных нарушений, среди которых выделяются три перспективные в отношении рудоносности структурные зоны. Являются они продолжениями соответственно Анкаван-Разданского, Агверан-Бжнинского разломов и фрагментом Арагац-Ордубадского разлома. Результаты аэромагнитной съемки и геолого-структурных исследований показывают, что Абовянское, Востанское и Хосровское месторождения приурочены к местам пересе-

чения разлома с другими нарушениями. Согласно М. С. Бадаляну (1977) здесь наблюдается региональное совпадение новейших и донеогеновых тектонических элементов. Отмеченные нарушения представляют собой магмопроводящие разломы, контролирующие местоположение относительно глубоких магматических очагов; начиная от раннеорогенной стадии альпийской эпохи по ним происходила подача магмы до вторичных магматических очагов. С этими очагами, находящимися на глубине 1,5—5 км, связаны апофизные ответвления (субвулканические тела) и вулканы, питающиеся из глубин до 1,5 км. Вместе с этим установлены аналогичные тела без какой-либо связи с вулканами. Все это дает основание считать отмеченные выше структуры перспективными в отношении вулканогенно-гидротермального оруденения, аналогично Абовянскому месторождению (вулканогенная апатит-магнетитовая формация). Здесь наибольший интерес представляют узловые зоны пересечения северо-западных и близмеридиональных нарушений.

Значительные перспективы имеет продолжение Капутан-Хосровской зоны (Хосров-Советашенский фрагмент), вдоль которой, в местах ответвления дизъюнктивных нарушений или пересечений с другими нарушениями, благоприятно сочетаются магматический и структурный факторы. В отношении плутогенного оруденения перспективными являются северо-западный и юго-восточный фланги Востанского месторождения меди, в отношении вулканогенно-гидротермального оруденения—северо-западный фланг Советашенского рудного поля. Здесь в подлавовых структурах можно ожидать ртутное и сравнительно более многокомпонентное Au—Ag—Sb(As)—Hg оруденение.

Таким образом верхний структурный этаж «закрытой» территории Гегама перспективен в отношении вулканогенного оруденения Fe, P, Hg, Cu, Mo, Re. Вдоль отмеченных выше структур необходимо провести крупномасштабные геофизические и геологические исследования.

Переходя к оценке перспектив рудоносности других частей территории изученной зоны подчеркивается наличие достаточных оснований для выявления новых месторождений Hg, Fe, Au, полиметаллов, Cu—Mo, редкометалльных, Mn и др. формаций. Учитывая наличие многочисленных участков с благоприятно сочетающимися важнейшими рудоконтролирующими факторами и то, что в пределах зоны пока еще не выявлены месторождения, не имеющие выхода на дневную поверхность, в диссертационной работе подчерки-

важется необходимость уделить в дальнейшем особое внимание проблеме выявления слепых рудных тел и месторождений с указанием перспективных в этом отношении конкретных участков.

### З а к л ю ч е н и е

На примере месторождений Памбак-Зангезурской зоны Малого Кавказа и прилегающих частей Центрального Средиземноморья, подтверждается плодотворность и прогрессивность формационного анализа для выявления закономерностей образования и размещения месторождений, определения критериев отличия рудоносных и безрудных территорий. Сопоставление возрастных и латеральных рядов рудных формаций с глубинным строением земной коры (блочность, глубина расположения фундамента и т. д.) позволяет подойти к объемному прогнозно-металлогеническому анализу, выяснению характера распределения оруденения по вертикали в стратиграфическом разрезе блоков с различными тенденциями перемещения и в соответствии с этим различного расположения метаморфического фундамента. Полученные данные способствуют решению вопросов возможного размещения оруденения по отношению к современной поверхности рельефа и вероятности сохранения возникших в разные геологические эпохи месторождений.

Формационный анализ проливает свет на сложнейшие процессы эволюции эндогенного рудообразования в общей истории геологического развития земной коры. Устанавливается с различной интенсивностью проявленная унаследованность и определенная направленность в развитии рудных формаций. Независимо от длительности пауз в рудообразовании выдерживается единая тенденция эволюции состава сменяющих друг друга парагенезисов. В этом получает свое подтверждение и дальнейшее развитие, выявленного исследованиями последних лет (Д. В. Рундквист, Р. М. Константинов, Э. Н. Томсон и др.) геогенетического закона—сохранение общей тенденции последовательного развития слагающих отдельные месторождения минеральных парагенезисов (онтогенез) и месторождений, входящих в состав рудных комплексов, серий, рядов рудных формаций (филогенез).

СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ.

1. Особенности минерализации Айгедзорского медно-молибденового месторождения (соавтор Г. И. Гольденберг). Изв. АН Арм. ССР, сер. геол. и геогр. наук, 1959, № 3, стр. 21—29.
2. Количественная характеристика оптических постоянных реньерита и германита. ДАН Арм. ССР, т. 33, 1961, № 3, стр. 129—134.
3. Штроемейрит в рудах Ахталского полиметаллического месторождения. ДАН Арм. ССР, 1961, т. 33, № 5, стр. 217—221.
4. Теллуриды в рудах Анкаванского месторождения. Изв. АН Арм. ССР, 1961, № 6, стр. 51—62.
5. Некоторые вопросы геохимии германия в условиях эндогенного минералообразования (на примере месторождений Армянской ССР). Тезисы докладов IV Закавказской конф. молодых научных сотрудников Азерб., Груз. и Арм. Изд. АН Арм. ССР, Ереван, стр. 23—24.
6. Характер оруденения золота на одном медно-молибденовом месторождении. Изв. АН Арм. ССР, сер. геол. и геогр. наук, 1962, т. 4, № 8, стр. 37—43.
7. Сульфовисмутиты меди в рудах Анкаванского медно-молибденового месторождения. Зап. Арм. отд. ВМО, 1963, вып. 2, стр. 172—176.
8. Реньерит и германит в рудах медноколчеданного месторождения. Зап. Всес. минер. общ., Л., 1963, сер. 1, ч. 92, стр. 594—597.
9. К геохимии германия в гранитоидах Анкаванского интрузивного массива. Изв. АН Арм. ССР, сер. геол. и геогр. наук, 1963, № 3, стр. 37—44.
10. Значение минералого-геохимических исследований для промышленной оценки Ge, устанавливаемого в рудах сульфидных месторождений. Тезисы докладов совещания молодых специалистов н.-и. инст., предприятий горнорудной промышленности и металлургии. 1963, Ереван, стр. 60—61.
11. Об обнаружении теллуридов золота, серебра, висмута и свинца в рудах Меградзорского золоторудного месторождения (соавтор Ш. О. Амирян). ДАН Арм. ССР, 1964, т. 58, № 1, стр. 39—44.
12. Минералого-геохимическая характеристика Меградзорского золоторудного месторождения (соавтор Ш. О. Амирян). Изв. АН Арм. ССР, 1964, № 2, стр. 37—48.
13. К геохимии германия в гидротермальном этапе минерализации. Труды IV конф. молодых научных сотр. геол. ин-тов Азерб., Груз. и Арм. ССР, 1964, Ереван.
14. Минеральный состав руд Меградзорского золоторудного месторождения. В кн. «Экспериментальные методы исследования минералов», М., Изд. «Наука», 1965, стр. 214—222.
15. Германий в интрузивных породах юго-восточной части Севанского хребта (соавтор С. А. Паланджян). Изв. АН Арм. ССР, Науки о Земле, 1966, т. 19, № 5, стр. 83—89.

16. К вопросу германиеносности магнетитов различного происхождения (соавторы Г. М. Мкртчян, Р. Л. Мелконян, О. П. Гуюмджян, С. А. Паланджян). Изв. АН Арм. ССР, Науки о Земле, 1966, с. 19, № 6, стр. 62—73.
17. К вопросу альпийской эндогенной металлогении Памбакского рудного района. Изв. АН Арм. ССР, Науки о Земле, 1967, т. 20, № 1—2, стр. 82—88.
18. Типы контактового метаморфизма вдоль пострудных даек Кафанского месторождения. Изв. АН Арм. ССР, Науки о Земле, 1967, № 4, стр. 77—84.
19. О возрасте и рудоносности Цахкашатского (Тахярлинского) интрузивного массива Армянской ССР. ДАН Арм. ССР, 1968, т. 46, № 4, стр. 192—194.
20. Об обнаружении молибденовой минерализации в пределах Кафанского колчеданно-полиметаллического месторождения. ДАН Арм. ССР, 1968, т. 47, № 4, стр. 219—222.
21. К вопросу метаморфогенного рудообразования Памбакского рудного района. Тезисы докладов Всесоюзного совещания по вопросу метаморфического рудообразования. 1969, Киев, стр. 123—125.
22. О возрасте и генетической связи оруденения Меградзорского золото-рудного месторождения Армянской ССР (соавтор М. Х. Атабекян). Изв. АН Арм. ССР, Науки о Земле, 1966, № 4, стр. 40—49.
23. К вопросу о выделении рудных формаций на примере эндогенных месторождений Армянской ССР. Изв. АН Арм. ССР, Науки о Земле, 1969, № 1, стр. 39—46.
24. Минерально-сырьевая база рения, селена, теллура, висмута в рудах Армянской ССР. Тезисы докладов технического совещания «Перспективы развития и методы извлечения редких-рассеянных элементов из руд месторождений Армении и СССР», 1969, Ереван.
25. К вопросу о возрасте минерализации Кафанского колчеданно-полиметаллического месторождения. В кн. «Материалы республиканской 2-ой науч. конф. молодых науч. работников Армении, посвященной 50-летию Ленинского комсомола. Ереван, 1969, стр. 344—345.
26. О полиэтапности минерализации на примере некоторых эндогенных месторождений Армянской ССР. Изв. АН Арм. ССР, Науки о Земле, 1970, № 1, стр. 65—72.
27. Об обнаружении золото-серебро-висмут-теллуровой минерализации в рудах Разданского месторождения. ДАН Арм. ССР, 1969, т. 49, № 1, стр. 42—45.
28. Новые данные о минеральном составе руд Разданского железорудного месторождения Армянской ССР (соавтор М. Т. Бояджян). Зап. Арм. отд. ВМО, 1970, вып. 4, стр. 234—242.
29. Редкие и благородные элементы в медно-мышьяковых рудах Армянской ССР. «Труды молодых научных сотрудников», Изд. АН Арм. ССР, 1971.

30. Редкие и благородные элементы в рудных формациях Армянской ССР (соавторы И. Г. Магакьян, Г. О. Пиджян, А. С. Фарамазян, Ш. О. Амирян, В. О. Пароникян, Р. Н. Зарьян, Б. М. Меликсетян, А. Г. Акопян). Изд. АН Арм. ССР, Ереван, 1972.
31. О метаморфогенном рудообразовании Памбакского рудного района Армянской ССР. В кн.: «Метаморфогенное рудообразование», ч. II, Киев, Изд. «Наукова думка», 1972, стр. 271—280.
32. Благородные и редкие элементы в рудах Раздан-Анкаванской зоны. Изв. АН Арм. ССР, Науки о Земле, № 5, стр. 14—24.
33. О геохимических особенностях пород магматических комплексов Кафанского рудного района (соавторы Р. Н. Зарьян, Р. А. Саркисян, Г. А. Саркисян, К. В. Давтян). Изв. АН Арм. ССР, Науки о Земле, 1973, № 6, стр. 15—26.
34. Парагенезисы золота в месторождениях главнейших эндогенных рудных формаций Армянской ССР. (Соавтор Ш. А. Амирян). Тезисы докладов симпозиума «Минералогия и геохимия золота», ч. I, Минералогия золота. Владивосток, 1974, стр. 11—12.
35. Рудные формации Раздан-Анкаванской зоны и некоторые вопросы ее эндогенной металлогении. Зап. Арм. отд. ВМО, 1974, вып. 7, стр. 34—45.
36. Сравнительная характеристика минералого-геохимических особенностей главнейших типов руд Раздан-Анкаванской зоны. Известия АН Арм. ССР, Науки о Земле, 1974, № 6, стр. 16—29.
37. Комплексное использование руд цветных металлов главнейших месторождений Армянской ССР. Тезисы докладов научно-технич. конференций «Комплексное использование сырьевых ресурсов предприятий цветной металлургии», Ереван, 1974, стр. 3—5.
38. О взаимоотношениях метасоматитов, дайковых пород и оруденения Кафанского рудного поля (соавторы Г. А. Саркисян, Р. Н. Зарьян, Р. А. Саркисян, Э. М. Налбандян). Материалы Всесоюзного симпозиума «Метасоматизм и колчеданное оруденение», Ереван, 1975, стр. 39—42.
39. Теллуриды золота, серебра, свинца, висмута и ртути в рудных формациях центральной части складчатой зоны Армении. Краткие тезисы докладов к съезду ВМО, Л., 1976, стр. 71—72.
40. Роль минералого-геохимических исследований в расширении рудной базы Армянской ССР (соавторы И. Г. Магакьян, Г. О. Пиджян, Ш. О. Амирян, А. С. Фарамазян). Краткие тезисы докладов к съезду ВМО, Л., 1976, стр. 25—27. Изв. АН Арм. ССР, Науки о Земле, 1977, № 6, стр. 26—31.
41. Генетические группы рудных формаций Памбак-Зангезурского пояса. Изв. АН Арм. ССР, Науки о Земле, 1977, № 4—5, стр. 122—133.
42. Характер распределения оруденения в рудном поле Азатекского золото-сурьяно-полиметаллического месторождения (соавтор Г. О. Пиджян). Изв. АН Арм. ССР, Науки о Земле, 1978, № 2, стр. 28—40.

43. Теллуриды в рудных формациях Армянской ССР и их типоморфные особенности (соавторы Г. О. Пиджян, Ш. О. Амирян, А. С. Фарамазян). Тезисы докладов XI съезда Международной минералогической ассоциации, Новосибирск, 1978.
44. Типоморфизм и конвергенция самородного золота из рудных формаций Армянской ССР, Изв. АН Арм. ССР, Науки о Земле, 1979, № 1.
45. Минеральные ассоциации теллуридов в главнейших рудных формациях Армянской ССР (соавторы Г. О. Пиджян, Ш. О. Амирян, А. С. Фарамазян). Изв. АН Арм. ССР, Науки о Земле, 1980, № 1.
46. Character of gold mineralization in a copper-molybdenum deposit, *International Geology Review*, Washington, 1962, v. 4, № 8, p. 925—928.

Заказ 218

Тираж 100

Сдано в производство 27.02.1980 г., подписано к печати 29.02.1980 г.

Печ. л. 2,1, бумага № 1, 60×84<sup>1</sup>/<sub>16</sub>.

Эчмиадзинская типография АН Армянской ССР

1778