

Г. О. ПИДЖАН

М  
ЕДНО —  
ПОЛИБДЕНОВАЯ  
ФОРМАЦИЯ РУД  
АРМЯНСКОЙ ССР

ՀԱՅԿԱԿԱՆ ՍՍՀ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԱԿԱԳԵՄԻԱ  
ԵՐԿՐԱԲԱՆԱԿԱՆ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԻՆՍՏԻՏՈՒՏ

Գ. Հ. ՓԻՋՅԱՆ

ՀԱՅԿԱԿԱՆ ՍՍՀ  
ՊՂԻՆԶ-ՄՈՒԻԲՊԵՆԱՅԻՆ  
ՀԱՆՔԱՆՅՈՒԹԵՐԻ ՖՈՐՄԱՑԻԱՆ

ԵՐԿՐԱԲԱՆՈՒԹՅՈՒՆ, ՄԻՆԵՐԱՎՈԳԻԱ ԵՎ ԳԵՈՔԻՄԻԱ:

АКАДЕМИЯ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР  
ИНСТИТУТ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ НАУК

553 + 549 + 550.4 (979  
25)

Г. О. ПИДЖАН

МЕДНО-МОЛИБДЕНОВАЯ  
ФОРМАЦИЯ РУД  
АРМЯНСКОЙ ССР

ГЕОЛОГИЯ, МИНЕРАЛОГИЯ И ГЕОХИМИЯ

ИЗДАТЕЛЬСТВО АН АРМЯНСКОЙ ССР  
ЕРЕВАН

1975



1202

Работа посвящена минеральному составу и геохимии руд главнейших медно-молибденовых месторождений Армении. На основе фактического и аналитического материала приводится описание указанных месторождений. Большое место уделяется вопросам стадийного развития процесса рудообразования.

В монографии детально описываются минералы руд, их геохимические особенности. Освещаются закономерности распределения редких и благородных элементов и условия образования медно-молибденового оруденения. В работе выявляются геологические, минералого-геохимические и генетические особенности медно-молибденовой формации руд республики.

Монография имеет большое научное и практическое значение и предназначена для широкого круга геологов, геохимиков, технологов.

*Ответственный редактор*  
*академик АН Армянской ССР*  
*И. Г. МАГАКЬЯН*

## ВВЕДЕНИЕ

Настоящая работа является результатом многолетних систематических геологических и минералого-геохимических исследований медно-молибденовой формации руд Армении, проведенных автором в соответствии с тематикой Института геологических наук АН Арм. ССР. В ней использованы и обобщены также имеющиеся литературные данные по геологии, минеральному составу, геохимии руд и условиям образования и размещения медно-молибденовых месторождений.

За последние десятилетия в рудных районах медно-молибденового пояса Армении проводились широкие поисково-съёмочные, геолого-разведочные и минералого-геохимические работы с целью выяснения перспектив известных месторождений, обнаружения новых участков и выявления в рудах ценных примесей. Благодаря усилиям большого коллектива геологов Армении к настоящему времени детально разведаны и изучены все главнейшие медно-молибденовые месторождения, а некоторые из них были переданы промышленности и стали важными объектами по производству молибденовых и медных концентратов.

На основании критического анализа и обобщения имеющихся литературных данных и личных исследований в работе освещаются вопросы геологической изученности, геологического строения и металлогении медно-молибденового пояса Армении и его рудных районов.

По данным большого фактического и аналитического материала автора, а также с использованием литературных источников по определенной схеме, в работе приводится детальное описание всех заслуживающих внимание медно-молибденовых и молибденовых месторождений и рудопроявлений Армении, систематизация их по рудным районам медно-молибденового пояса и вне его. В этом разделе большое место уделяется вопросам геологического строения рудных полей, условий залегания рудных зон и стадийного развития процесса рудообразования.

Медно-молибденовые месторождения и рудопроявления описаны с различной детальностью в зависимости от степени разведанности, изученности и поставленных задач. Наиболее детально изучены главнейшие месторождения: Каджаран, Агарак, Дастакерт, Анкаван, Джиндара и Айгедзор, огромный фактический материал которых послужил основанием для выявления геологических, минералого-геохимических и генетических особенностей медно-молибденовой формации руд Армении.

Для исследования минерального состава руд и вмещающих пород медно-молибденовых месторождений нами рассмотрены и изучены более 2200 полированных и 600 прозрачных шлифов. Кроме того, автор имел возможность просмотреть коллекцию полированных шлифов отдельных геолого-разведочных и тематических партий (Джиндара, Анкаван и др.) Управления геологии Армянской ССР. При диагностике минералов широко применялись методы микрохимического, микроспектрального, рентгеноструктурного анализов и количественной характеристики оптических констант минералов (измерения дисперсии отражательной способности, силы двуотражения, микротвердости и др.). В результате детальных минералогических исследований впервые приводится систематическое описание всех гипогенных минералов медно-молибденовой формации руд по стадиям минерализации во всех своих проявлениях, специфичных особенностях и взаимоотношениях. Применение новейших методов диагностики минералов позволило значительно пополнить список гипогенных минералов и в рудах Каджарана, Агарака, Джиндара, Айгедзора, Дастакерта и Анкавана установить от 5 до 15 (всего более 65) новых для этих месторождений минералов (самородные элементы, сульфиды, сульфосоли, теллуриды, окислы) и ряд минеральных ассоциаций. Для некоторых редких минералов (висмутин, виттихенит, эмплектит) впервые приводятся данные рентгенометрических исследований.

Широкое внедрение редких элементов в современную технику требует создания устойчивой минерально-сырьевой базы редких металлов, что в свою очередь ставит неотложные задачи по выявлению редких элементов и изучению закономерностей их распределения. В связи с этим впервые специальные исследования по изучению геохимических особенностей руд медно-молибденовых месторождений были начаты автором еще в 1954—1955 годах и продолжались в дальнейшем в течение многих лет. За этот период произведены многочисленные полуколичественные спектральные (более 1100 проб) и химические (около 2000 определений) анализы минералов, руд, пород, концентратов на главные и ред-

кие элементы, а также силикатные анализы пород. В результате проведенных исследований в рудах были выявлены весьма ценные редкие элементы (рений, селен, теллур, германий, висмут и др.) и выяснены вопросы их количественного распределения и условия концентрации и миграции. Особый упор сделан на выявление закономерностей распределения наиболее широко развитых в рудах редких и благородных элементов: рения, селена, теллура, висмута, серебра и золота. В работе использованы также многочисленные химические, спектральные и другие виды анализов минералов, руд, концентратов медно-молибденовых месторождений Армении, заимствованные из работ других исследователей (А. С. Фарамазян, Р. Н. Зарьян, А. И. Карапетян, Н. С. Хачатрян и Б. Д. Акопян, Г. И. Гольденберг и др.). Химические анализы на редкие элементы произведены, главным образом, в лаборатории Института геологических наук химиками—аналитиками Т. Т. Авакян (селен, теллур, серебро, индий, галлий), С. А. Дехтрикян (германий, висмут), Л. Г. Мушегян (рений) и другими. Многочисленные химические анализы на отдельные рудные и редкие элементы, в том числе и контрольные анализы, выполнены в соответствующих лабораториях Института химии АН Арм. ССР, Управления геологии Армении, ИМГРЭ и ВСЕГЕИ. Пробирные анализы на золото и серебро произведены на Алавердском медно-химическом комбинате. Спектральные анализы, в основном, произведены в Ленинграде в лаборатории ВСЕГЕИ (О. Г. Квятковской, З. Г. Тимониной, Р. А. Клочковой, В. В. Хохловым) под руководством М. М. Клера; в Ереване—в лаборатории Института геологических наук Г. М. Мкртчяном и М. Я. Мартиросяном и в лабораториях Управления геологии Армении и ИМГРЭ. Рентгенометрические исследования минералов выполнены в Институте геологических наук Э. Х. Хуршудян, минераграфической лаборатории ИГЕМ Г. В. Басовой и ИМГРЭ.

Исследования минералов редких элементов в отраженном свете автор проводил также в минераграфических лабораториях ИМГРЭ и ИГЕМ и пользовался консультацией сотрудников этих лабораторий, в особенности проф. И. С. Волынского, доктора геолого-минералогических наук Т. Н. Шадлун и канд. геолого-минер. наук А. Д. Генкина.

Микроспектральные анализы произведены в минераграфической лаборатории ИМГРЭ. Микрофотографирование полированных шлифов выполнено автором, а фотоработы—под руководством М. А. Инджикяна. Картографические работы выполнены Д. Р. Бабаян.

При проведении полевых работ автор встречал всемерную помощь со стороны геологов геолого-разведочных партий

Управления геологии, в частности, Г. А. Оганесяна, А. С. Арутюняна, Г. И. Гольденберга, С. Н. Данеляна, А. М. Аветисяна, а также руководящих работников Управления геологии Армении Г. М. Арутюняна, А. Т. Асланяна, Э. Х. Гуляна и Н. С. Хачатряна.

За весь период выполнения темы автор пользовался ценными советами академиков АН Арм. ССР И. Г. Магакьяна и С. С. Мкртчяна.

В полевых и камеральных работах определенную помощь оказали также товарищи по работе—сотрудники отдела геохимии Института геологических наук АН Арм. ССР кандидаты геолого-минер. наук А. С. Фарамазян, Ш. О. Амирян, Р. Н. Зарьян, А. Г. Акопян и, в особенности, А. И. Карапетян и В. О. Пароникян.

Пользуясь случаем, выражаю глубокую признательность всем перечисленным лицам, способствовавшим выполнению большой монографической работы по геологии, минералогии и геохимии медно-молибденовой формации руд Армении.

## ЧАСТЬ ПЕРВАЯ

# КРАТКИЙ ОЧЕРК ГЕОЛОГИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ И МЕТАЛЛОГЕНИИ МЕДНО- МОЛИБДЕНОВОГО ПОЯСА АРМЯНСКОЙ ССР

### I. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О МЕДНО-МОЛИБДЕНОВОМ ПОЯСЕ АРМЯНСКОЙ ССР

На Малом Кавказе районы распространения медно-молибденовых месторождений выделяются довольно отчетливо; все они, главным образом, располагаются в пределах Армянской ССР и приурочены к Памбак-Зангезурской тектоно-магматической зоне. Территориально эта зона с юга на север включает следующие рудные районы: Зангезурский, Баргушатский, Айоцзорский, Памбакский.

В южной части Армянской ССР Памбак-Зангезурская структурная зона резко отграничена от Алаверди-Кафанской зоны Гирратахским разломом, а в северной части от Севано-Амасийской зоны—Мисханским разломом. Все указанные районы, соединяясь между собой, образуют единый пояс, характеризующийся общностью геологического строения, магматизма и металлогении. С точки зрения специфики металлогении Памбак-Зангезурская тектоно-магматическая зона получила название медно-молибденового пояса ввиду того, что медь и молибден здесь выступают в качестве главных промышленных металлов, причем по ценности молибден стоит на первом месте.

Медно-молибденовый пояс широко распространяется за пределами Армянской ССР в прилегающих частях Нахичеванской АССР, к югу—в Иранском Карадаге и к северо-западу (в Турции).

В орографическом отношении исследованные территории представляют сильно пересеченную горную местность. На Зангезурском (Конгуро-Алангезском), Баргушатском, Варденисском, Гегамском и Памбакском хребтах абсолютные отметки часто превышают 3000 м, достигая местами 4000 м.

Районы развития медно-молибденовых месторождений, за исключением территории, расположенной к юго-западу от Мегринского хребта, богаты горными реками и родниками.

Рудные районы медно-молибденового пояса очень богаты минеральными источниками. Наиболее крупные и ценные из них известны в Айоцдзорском рудном районе (Джермук) и в Памбакском рудном районе (Анкаван), на базе которых в настоящее время построены и строятся санатории.

До установления Советской власти в Армении рудные районы медно-молибденового пояса имели исключительно низкий уровень экономического развития. За последние десятилетия указные районы постепенно преобразовались и в настоящее время имеют развитое сельское хозяйство и крепнущую с каждым днем промышленность.

В Зангезурском рудном районе, начиная с 1951 года, введен в эксплуатацию Каджаранский медно-молибденовый комбинат. В Баргушатском рудном районе в 1952 г. построен Дастакертский медно-молибденовый комбинат. Завершено строительство Агаракского медно-молибденового комбината, который с 1963 года дает стране медные и молибденовые концентраты. В Памбакском рудном районе началось строительство Разданского горно-химического комбината по переработке нефелиновых сиенитов и получения алюминия. Таким образом, в ближайшем будущем Зангезурский и Памбакский рудные районы превратятся в районы с преимущественным развитием промышленности и станут одной из важных горнорудных областей Советского Союза.

## ИСТОРИЯ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО ИЗУЧЕНИЯ РУДНЫХ РАЙОНОВ МЕДНО-МОЛИБДЕНОВОГО ПОЯСА: ОТКРЫТИЕ И ОСВОЕНИЕ МОЛИБДЕНА В АРМЯНСКОЙ ССР

Среди рудных районов медно-молибденового пояса Армянской ССР наиболее известным и богатым медно-молибденовыми рудами издавна является Зангезурский. Данные археологических исследований указывают, что еще в глубокой древности, до начала нашей эры, в Зангезуре разрабатывались медные месторождения и выплавлялась медь.

В истории геологического изучения рудных районов медно-молибденового пояса можно выделить три этапа. На первом этапе, до установления Советской власти в Армении,

большей частью проводилось изучение отдельных месторождений и участков иностранными и русскими путешественниками, посетившими Кавказ. Полученные отрывочные материалы и сведения о геологии и полезных ископаемых не могли служить основой для правильного понимания геологии рудных районов и выяснения вопросов металлогении. К числу наиболее существенных исследований этого периода относятся работы Г. Аби́ха (1902), Л. К. Конюшевского (1911), Цулукидзе, Архипова и Халатова (1869), которые и в настоящее время представляют некоторый интерес.

Следует отметить, что впервые Г. Аби́хом отмечено наличие молибденита в рудах Зангезура (Каджаран).

Цулукидзе, Архипов и Халатов в 1867—68 гг. проводили геологические исследования и изучение рудных месторождений в северной части нынешней Нахичеванской АССР, а также в Зангезурском и Айоцдзорском рудных районах. Впервые ими было отмечено наличие молибденита в рудах Агаракского месторождения.

Изучением геологии и медных месторождений Зангезурского рудного района занимался в 1907—1908 гг. Л. К. Конюшевский, отметивший наряду с крупными запасами меди и незначительное развитие молибденита.

Таким образом, на первом этапе изучения рудных районов медно-молибденового пояса молибден был известен только в Зангезурском рудном районе, в рудах Каджарана и Агарака, и то в ничтожном количестве.

На втором этапе геологического изучения медно-молибденового пояса, который охватывает промежуток после установления Советской власти в Армении (1920 г.) до начала Великой Отечественной войны (1941 г.) были проведены систематические региональные исследования геологии Армянской ССР и полезных ископаемых отдельных рудных районов.

За указанное время территория рудных районов медно-молибденового пояса была покрыта геологической съемкой. Одновременно наиболее перспективные рудные месторождения были выдвинуты под детальную разведку.

С 1923 года Кавказская секция Геолкома развернула широкие работы по геологической съемке и изучению рудных месторождений Армянской ССР. Во главе этих работ по Малому Кавказу был К. Н. Паффенгольц.

С 1925 по 1931 гг. В. Г. Грушевой (1925, 1932) в Зангезурском рудном районе проводил изучение медных месторождений и выдвинул Каджаранское, Агаракское и Джиндаринское месторождения как объекты, заслуживающие разведки на медь, и отмечал присутствие молибдена в рудах Каджарана и Агарака.

Первые разведочные работы на Каджаранском, Агаракском и Джиндаринском месторождениях начались с 1931—32 гг.

В 1936 г. С. А. Мовсесян открыл Парагачайское молибденовое месторождение на территории Нахичеванской АССР.

В 1940—41 гг. на Кефашенском медном месторождении, которое известно было издавна и частично разрабатывалось на медь, были проведены геолого-поисковые работы, в результате которых обнаружались примеси молибденита в медных рудах.

В 1941 г. на северном склоне Баргушатского хребта производилась шлиховая съемка под руководством Ю. А. Арапова по рекам Кызкошты, Шенатаг и Айри. В шлихах было установлено наличие шеелита, молибденита и золота.

В Памбакском рудном районе медные руды в районе с. Анкаван (Мисхана) были известны издавна. В 1930—32 гг. месторождение изучалось и разведывалось под руководством В. Н. Котляра. Объектом разведки послужила скарповая зона с медным оруденением. В медных рудах была установлена примесь молибденита. В изучении геологии, интрузивных пород и полезных ископаемых Памбакского рудного района большая заслуга принадлежит В. Н. Котляру (1958).

Таким образом, на втором этапе изучения рудных районов медно-молибденового пояса выдвинулись под разведку и разведывались Каджаранское, Агаракское и Джиндаринское месторождения. В результате поисково-разведочных работ были установлены широкое развитие и значительные перспективы медно-молибденового оруденения в Зангезурском рудном районе и доказано промышленное значение Каджаранского медно-молибденового месторождения.

На третьем этапе геологического изучения рудных районов медно-молибденового пояса, который охватывает промежуток с начала Великой Отечественной войны до настоящего времени, были проведены в широком масштабе систематические, детальные геологические исследования поисково-съемочного характера во всех рудных районах и детальные разведочные работы на отдельных месторождениях.

Характерной особенностью этого периода является появление обобщающих, монографических работ по геологии и металлогении Армении. Кроме того, в последнее десятилетие были проведены более углубленные исследования с применением новейших методов: геофизических, геохимических, гидрохимических, биохимических.

В результате были получены новые данные о закономерностях распределения полезных ископаемых, в частности редких элементов.

# СХЕМАТИЧЕСКАЯ КАРТА СТРУКТУРНО-МЕТАЛЛОГЕНИЧЕСКИХ ЗОН АРМЯНСКОЙ ССР

км 15 0 15 30 45 км

Составил Г.О. ПИДЖАН  
по данным И.Г. Магакьяна и С.С. Мкртчяна



Фиг. 1.

В Зангезурском рудном районе на Каджаранском медно-молибденовом месторождении с 1941 по 1945 гг. был выполнен большой объем геолого-разведочных работ. Месторождение было передано промышленности. В 1951 г. после завершения строительства Каджаранский медно-молибденовый комбинат начал давать столь нужную стране продукцию.

Из обобщающих работ большую ценность представляют монографические работы К. Н. Паффенгольца, С. А. Мовсеяна (1953), И. Г. Магакьяна, С. С. Мкртчяна (1958), В. Н. Котляра (1958), А. А. Габриеляна (1959), А. Т. Асланяна (1958), Б. С. Вартапетяна (1962), С. И. Баласаняна (1964).

В третьем периоде детальные глубокие научно-исследовательские исследования с применением новейших методик (с целью изучения геологии, петрографии интрузивов, минералогии и геохимии руд, пород и отдельных редких элементов, структуры рудных полей и гидротермально измененных пород отдельных рудных районов и медно-молибденовых месторождений) проводили А. И. Адамян, Г. П. Багдасарян, М. П. Исаенко, Г. О. Пиджян, А. Г. Мидян, Г. О. Григорян, Э. Г. Малхасян, К. А. Карамян, Т. Ш. Татевосян, Е. А. Акопян, А. Г. Казарян, А. С. Фарамазян, Б. М. Меликсетян, Н. С. Хачатрян, Б. Д. Акопян, А. И. Карапетян, Р. Н. Зарьян и др.

На медно-молибденовых месторождениях специальные гидрохимические исследования проводились Н. И. Долухановой, а комплексные геофизические работы под руководством Г. М. Ванцяна.

В результате детальных поисковых работ в 1954 г. работниками Бугакарской поисково-разведочной партии (нач. А. М. Гальян) было открыто Айгедзорское молибденовое месторождение, которое разведывалось с 1955 г. по 1960 г.

В Баргушатском рудном районе на третьем этапе геологических исследований наиболее существенные и интересные работы геологического и поискового характера были проведены в 1945—46 гг. экспедицией Института геологических наук АН Арм. ССР, под руководством И. Г. Магакьяна. Главным результатом работ экспедиции явилось открытие Дастакертского медно-молибденового месторождения и установление ряда новых проявлений медных и медно-молибденовых руд, составляющих северное продолжение Зангезурского медно-молибденового оруденения.

За период 1947—1950 гг. Ж. М. Григоряном, Г. О. Пиджяном и Э. Х. Гульяном были обнаружены многочисленные проявления меди и молибдена на северном и южном склонах Баргушатского хребта.

В 1957 г. А. А. Асатряном было открыто Вардениское

проявление молибдена, где в 1958—60 гг. были проведены небольшие разведочные работы.

В Айоцзорском рудном районе до настоящего времени пока крупных концентраций медно-молибденовых руд не установлено. Обнаруженные многочисленные проявления молибдена показывают, что молибден является характерным элементом для руд этого района и еще раз подтверждают единство медно-молибденового оруденения и всей металлогении Айоцзора с Зангезурским и Баргушатским рудными районами, северо-западным продолжением которых он является.

В 1951 г. поисково-разведочная партия Управления геологии под руководством С. Н. Данеляна проводила работы в районе с. Анкаван, в результате чего среди кварцевых диоритов было установлено прожилково-вкрапленное медно-молибденовое оруденение.

Таким образом, в третьем этапе геологического изучения рудных районов медно-молибденового пояса детально разведывались Каджаранское, Дастакертское, Агаракское, Анкаванское, Джиндаринское, Айгедзорское месторождения. С 1951 г. началось промышленное освоение медно-молибденовых месторождений, в результате чего Армянская ССР стала выпускать медные и молибденовые концентраты.

В 1950 г. за выявление, изучение и передачу в промышленное освоение медно-молибденовых месторождений Армянской ССР были удостоены звания лауреата государственной премии Г. М. Арутюнян, В. Г. Грушевой, К. И. Лягин, И. Г. Магакьян, С. С. Мкртчян, С. А. Мовсесян и П. С. Саакян.

Благодаря упорной работе большого коллектива геологов различных геологических организаций республики на территории Армянской ССР были выявлены и изучены многочисленные перспективные месторождения и проявления медно-молибденовых руд. Этим самым была создана прочная база для дальнейшего развития цветной металлургии.

## **II. ОСНОВНЫЕ ЧЕРТЫ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ И МЕТАЛЛОГЕНИИ МЕДНО-МОЛИБДЕНОВОГО ПОЯСА**

Армянская ССР в геоморфологическом отношении представляет часть Малого Кавказа и характеризуется геологией и металлогенией, специфичной для Средиземноморского мезо-кайнозойского металлогенического пояса.

По тектонической схеме В. П. Ренгартена и К. Н. Паффенгольца Малый Кавказ подразделяется на следующие геотектонические комплексы: Аджаро-Триалетская складча-

тая система, Сомхето-Кировабадская пологоскладчатая зона, складчатая зона Армении и Нахичеванская тектоническая зона. Согласно этой схеме территория Армянской ССР относится, главным образом, к интенсивно складчатой зоне Армении и частично к Сомхето-Кировабадской пологоскладчатой зоне.

За последние десятилетия на Малом Кавказе и, в частности, на территории Армянской ССР производились значительные по объему геолого-разведочные работы и детальные геологические и металлогенические исследования, в результате чего было расшифровано сложное геологическое строение Малого Кавказа и выявлены основные закономерности в распределении оруденения в его пределах. В связи с этим вопросы тектоники Малого Кавказа получили дальнейшее развитие в работах Л. Н. Леонтьева (1949), А. Т. Асланяна (1950, 1957), Е. Е. Милановского (1956) и А. А. Габриеляна (1959). В тектонических схемах указанных авторов более детально отражены крупные структурные единицы Малого Кавказа и внутри этих единиц выделены тектонические элементы второго порядка.

А. Т. Асланян (1958) в пределах Армянской ССР выделяет три оротектонических пояса: Антикавказский, Севанский и Араксинский. Севанский оротектонический пояс включает центральную дугу Малого Кавказа и вместе с Антикавказским поясом входит в состав эвгеосинклинальной области, а к юго-западу примыкает к Араксинскому поясу, который представляет миогеосинклинальную область. В Севанском поясе выделены три тектонические зоны: Присеванская мегасинклинальная, Кафанская пологоскладчатая моноклиналильная и Ахтинская мегаантиклиналильная. По данным А. Т. Асланяна, Ахтинская мегаантиклиналильная зона шириною 30—35 км прослеживается по полосе Леникан—Ахта (Раздан)—Джермук—Сисиан—Каджаран—Мегри и ограничивается с обеих сторон глубинными разломами—с северо-востока Ширакско-Зангезурским и с юго-запада Ани-Ордубадским. Ахтинская мегаантиклиналильная зона совпадает с выделенной И. Г. Магакьяном и С. С. Мкртчяном Памбако-Зангезурской структурно-металлогенической зоной.

А. А. Габриелян (1959) при тектоническом расчленении Арм. ССР и прилегающих частей Малого Кавказа применяет метод выделения структур по возрасту складчатости. Территорию Малого Кавказа он делит на два больших структурных комплекса: Сомхето-Кафанский, охватывающий северную и северо-восточную часть Армении, и Армянский, занимающий юго-западную часть республики. Эти комплексы резко отличаются по своему геологическому строению и истории развития. Граница между указанными структурными

единицами четко отбивается по контакту палеогеновых и юрских образований. По А. А. Габриеляну, Анкавано-Зангезурский глубинный разлом служит структурной границей между Сомхето-Кафанским и Армянским тектоническим комплексами. Указанные тектонические комплексы, в свою очередь, подразделяются на тектонические элементы второго порядка.

В геологическом строении небольшой территории Армянской ССР принимает участие почти весь непрерывный стратиграфический разрез от докембрия до четвертичного времени. Развита мощная вулканогенная и вулканогенно-осадочная толща; наиболее интенсивно вулканизм проявился в юре, верхнем меле, эоцене, мио-плиocene и в четвертичном периоде. Развита интрузивная порода различного состава от гранитов до гипербазитов, имеющих возраст от докембрия-палеозоя до мио-плиocene. Неоднократные, исключительно интенсивные складчатые движения и глубинные разломы создали современную сложную структуру Армении, в которой выделяется ряд тектонических комплексов, обладающих спецификой геологического строения и металлогении. На Малом Кавказе и, в частности, в Армении очень наглядно проявляется генетическая связь магматизма с тектоническими структурами. Взаимобусловленность тектонических движений и интрузивного вулканизма доказана многими исследователями (К. Н. Паффенгольц, В. Н. Котляр, В. Н. Леонтьев, В. Е. Хаин, А. А. Габриелян, А. Т. Асланян, Е. Е. Милановский и др.). Л. Н. Леонтьев и В. Е. Хаин (1951) пришли к выводу, что главнейшие этапы внедрения интрузивных массивов соответствуют крупным этапам складчатости и поднятия геосинклинальных зон.

Металлогеническими исследованиями, проведенными на Малом Кавказе и в сопредельных частях его И. Г. Магакьяном, С. С. Мкртчяном, Ш. А. Азизбековым, Г. А. Твалчрелидзе и др., установлена связь оруденения с этапами структур и магматизма и доказана взаимобусловленность характера тектоники, с одной стороны, и состава и типа оруденения — с другой.

Впервые И. Г. Магакьяном, еще в 1947 г., было выдвинуто представление о поясовом расположении структурно-металлогенических зон на территории Армянской ССР. В дальнейшем на основании большого фактического материала И. Г. Магакьян и С. С. Мкртчян (1957) в пределах Армении выделили три структурно-металлогенические зоны: а) Алаверди-Кафанская с колчеданным оруденением; б) Памбак-Зангезурская с медно-молибденовым оруденением и в) Севано-Амасийская с оруденением хромита, золота, мышьяка, сурьмы и ртути. Указанные зоны резко отличаются друг от

друга по геологическому строению, магматизму и металлогении. Они прослеживаются также вне территории Армянской ССР на Малом Кавказе—в Грузии и Азербайджане, а также в Иране, Турции и на Балканах. Во всех трех структурно-металлогенических зонах главным образом развито эндогенное оруденение и отмечается приуроченность определенных типов месторождений к отдельным обособленным в пространстве типам магматическим комплексам.

Памбак-Зангезурская структурно-металлогеническая зона характеризуется интенсивной складчатостью с развитием докембрий-нижнепалеозойских, палеозойских осадочных и осадочно-вулканогенных толщ и широким распространением осадочно-вулканогенных и вулканогенных образований верхнемелового и особенно эоценового, мио-плиоценового и четвертичного возраста. Примечательно то обстоятельство, что в этой зоне полностью отсутствуют юрские образования, исключительно характерные (вулканогенная юра) для Алаверди-Кафанской зоны колчеданного оруденения.

## 1. ПОРОДЫ МЕДНО-МОЛИБДЕНОВОГО ПОЯСА И ИХ СТРАТИГРАФИЯ

1202  
В медно-молибденовом поясе Армянской ССР (с юга на север и северо-запад) на основании некоторой географической обособленности и специфичности оруденения И. Г. Магакьян выделяет четыре рудных района: Зангезурский, Баргушатский, Айоцзорский и Памбакский. Географическая обособленность рудных районов объясняется широким развитием молодых вулканогенных толщ, перекрывающих интрузивные и рудовмещающие породы и рудоносные структуры. Специфичность оруденения отдельных рудных районов обусловлена характером развития различных металлоносных фаз интрузий гранитоидов, наличием рудоконтролирующих оруденение структур, благоприятных для локализации оруденения; литологическим составом пород и различной глубиной эрозии рудных районов.

С. С. Мкртчян (1958) Зангезурский и Баргушатский рудные районы объединяет и рассматривает как Мегри-Сисианский рудный район.

Приведенные ниже данные по геологии и металлогении медно-молибденового пояса основаны на исследованиях К. Н. Паффенгольца, В. Н. Котляра, С. С. Мкртчяна, И. Г. Магакьяна, А. А. Габриеляна, А. Т. Асланяна и автора, производившего детальные геологические работы в Бардушатском рудном районе и в районах главнейших медно-молибденовых месторождений Армянской ССР.



Докембрий — нижний палеозой. Породы этого возраста представлены комплексом разнообразных, сложно дислоцированных метаморфических сланцев и порфиритов, прослаиваемых пачками и линзами известняков, мраморов и доломитов, прорванных интрузиями диоритов, габбро-диоритов, неointрузиями гранитоидов и лампрофировыми и аплитовыми дайками. На юге, в Зангезурском и Баргушатском рудных районах, древний комплекс пород обнажается по крупному Хуступ-Гирратахскому надвигу и прослеживается вдоль него от Баргушатского хребта в юго-восточном направлении до р. Аракс и далее переходит в Иран. Наиболее полный разрез этих пород наблюдается на Баргушатском хребте и в долине р. Вохчи. Породы докембрий-нижнего палеозоя имеют широкое развитие на севере в Памбакском рудном районе, обнажаясь в ядре Мисхано-Арзаканского антиклинория в районах сс. Арзакан, Ахта и в верховьях р. Мармарик. Среди пород метаморфического комплекса широкое распространение имеют амфиболовые, хлорит-эпидотовые и слюдисто-полевошпатово-кварцевые сланцы. Подчиненное значение имеют мраморы, гнейсы, доломиты и филлиты.

Метаморфические сланцы выше по разрезу перекрываются вулканогенной толщей, сложенной порфиритами.

В районе с. Шишкерт развиты только метаморфические сланцы. Вышележащая вулканогенная толща здесь не обнажается, она перекрыта отложениями верхнего девона.

Таким образом, метаморфическая толща докембрий-нижнего палеозоя в медно-молибденовом поясе имеет региональное развитие, характеризуется сложным составом и образовалась из различных осадочных, эффузивных и интрузивных пород.

Возраст метаморфических сланцев определяется как докембрий-нижний палеозой на основании общего стратиграфического положения и аналогии с однотипными сланцами Деирульского массива, где в сланцах найдена характерная нижнекембрийская фауна.

Р. А. Аракелян (1957), проводивший специальные исследования по стратиграфии древнего метаморфического комплекса Армении, расчленяет породы метаморфического комплекса на 4 свиты и стратиграфический объем его считает верхний протерозой — ордовиком. Среди метаморфических сланцев обнаружены проявления магнетит-гематитовых руд, рутила и золотоносные кварцевые жилы.

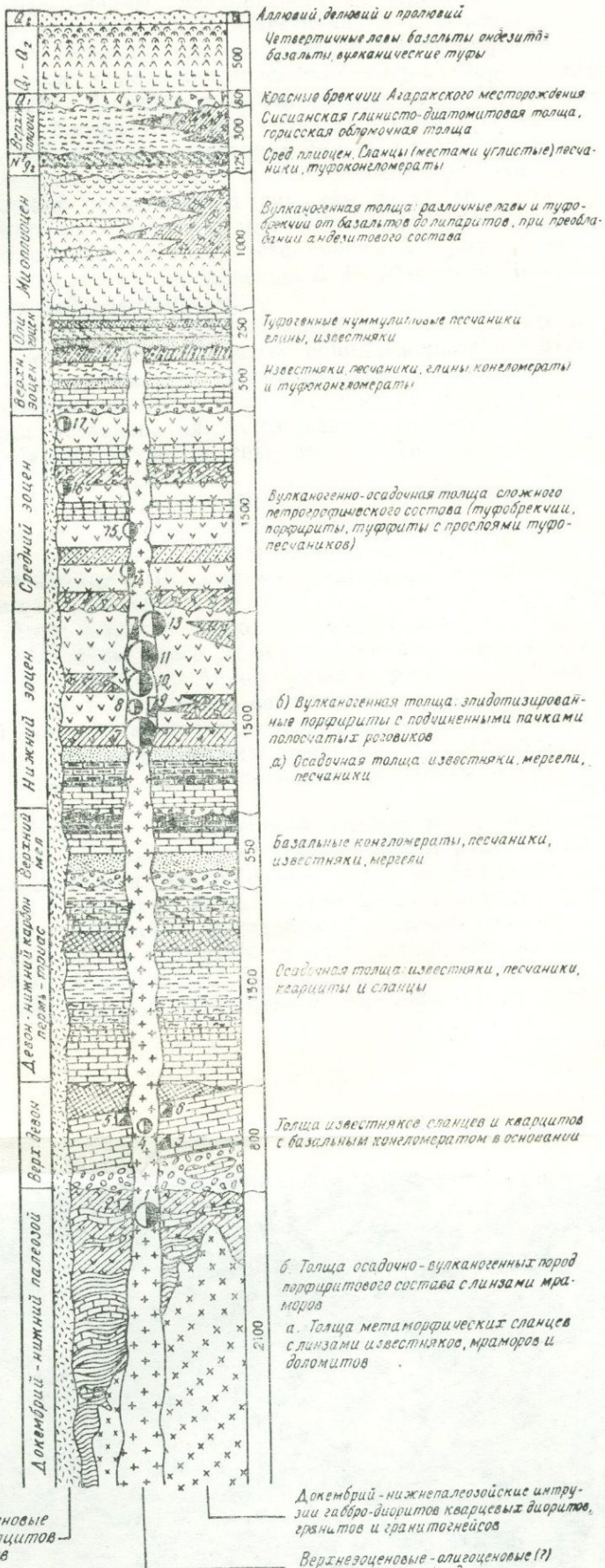
Верхний девон. Образования, относимые к верхнему девону, в виде комплекса осадочных пород, представленных известняками, сланцами и кварцитами, налегают трансгрессивно, с мощным базальным конгломератом в основании,

# СТРАТИГРАФИЧЕСКИЙ РАЗРЕЗ

## МЕДНО-МОЛИБДЕНОВОГО ПОЯСА АРМ.ССР

(с показом приуроченности медно-молибденовых и молибденовых месторождений к интрузиям и литолого-стратиграфическим горизонтам)

Составил Г. О. Лиджян  
1964 г



### Генетические типы м - ний

- Пегматитовые
- Скарновые
- Гидротермальные

### Масштаб месторождений

- Крупные
- Средние
- Небольшие или слабо изученные

Наименования месторождений: 1 Анкаван 2 Мисхана 3 Ньюади (скарны) 4 Гехи 5 Кефашен 6 Мичмат 7 Агатак 8 Айседзор 9 Мюльк 10 Джинбара 11 Каджаран 12 Калер 13 Дастакерт 14 Кеза 15 Прошиберд 16 Залин 17 Варденис

Фиг. 2.

на метаморфизованную вулканогенно-осадочную толщу нижнего палеозоя.

Верхнедевонские отложения развиты только в Зангезурском и Баргушатском рудных районах.

Впервые С. С. Мкртчяном доказано наличие фаунистически охарактеризованных верхнедевонских отложений в Зангезурском рудном районе. В известняках и глинистых сланцах района с. Шишкерт он обнаружил фауну брахиопод. Верхнедевонские отложения прослеживаются к северо-западу от с. Шишкерт к бассейну р. Вохчи и далее через Пирямсарский хребет к бассейну р. Гехи и Баргушатскому хребту.

В бассейне р. Гехи известняки сильно метаморфизованы и рассланцованы. Среди известняков бассейна р. Гехи хорошо сохраненной ископаемой фауны нам не удалось обнаружить, и лишь на участках, где обнажаются битуминозные известковистые сланцы, были установлены отпечатки фауны брахиопод, которые по определению Б. П. Марковского, относятся к палеозойским формам.

О. П. Гуюмджяном (1963) к северу от с. Гехи, среди известняков, была найдена фауна гастропод и кораллов верхней перми, в связи с чем для окончательного решения вопроса возраста известняков бассейна р. Гехи необходимо произвести специальные исследования. Отложения верхнего девона распространяются также на северном склоне Баргушатского хребта в бассейне р. Шенатаг.

В бассейнах рр. Гехи и Шенатаг к известняковым горизонтам верхнего девона, которые прорваны гранитоидами, приурочены скарновые медно-молибденовые проявления: Кефашен, Мичимат и Шенатагское железорудное проявление.

Девон — нижний карбон — пермь — триас. Отложения этого возраста имеют незначительное развитие в медно-молибденовом поясе Армении. Они обнажаются только в юго-западной части Айоцзорского рудного района в бассейне р. Арпа (в нижнем ее течении) и представлены осадочной фацией: известняками, песчаниками, кварцитами и сланцами. Осадочная толща девон-триаса приурочена к прогибу синклинали, протягивающейся по линии Арзакан — Джульфа.

Верхний мел. Образования, относимые к верхнему мелу, развиты в Айоцзорском и Памбакском рудных районах. В Айоцзорском рудном районе они в виде узкой полосы обнажаются в районе с. Гандзак (Енгиджа) и представлены известняками, мергелями, песчаниками и, реже, конгломератами. Здесь возраст определяется как верхний мел на основании фауны гастропод.

В Памбакском рудном районе на древнюю метаморфиче-

скую толщу трансгрессивно и несогласно залегает толща базальных конгломератов, песчаников и аргиллитов, относящихся к коньякскому ярусу. Эта толща развита в бассейне р. Мармарик, на вершине Цахкуняцкого хребта и в районе с. Арзакан.

Выше по разрезу на коньякские отложения залегает мергелистая толща мощностью до 100 м, относимая к нижнему сенону. Непосредственно над мергелистой толщей трансгрессивно, с небольшим угловым несогласием, залегает толща светлых мергелистых известняков сантона мощностью до 200 м.

Эоцен. Образования эоцена имеют широкое распространение во всех рудных районах медно-молибденового пояса. Они представлены мощной до 3 км вулканогенно-осадочной толщей, в низах которой преобладают туфогенные породы, а в верхах—порфириды, кварцевые порфиры, их туфы и туфобрекчии.

Нижний эоцен. В Зангезурском и Баргушатском рудных районах отложения нижнего эоцена представлены мощной (более 1 км) вулканогенной толщей, сложенной, главным образом, порфиридами, часто эпидотизированными, туфами, туффитами и туфобрекчиями, которые трансгрессивно с угловым несогласием залегают на отложения верхнего девона. Вулканогенная толща нижнего эоцена обнажается на Мегринском хребте и непрерывно прослеживается на север через Пирамсарский хребет на северный склон Баргушатского хребта. Она широко развита на Зангезурском хребте в районах гг. Капуджих, Ахмечит и Казанлич. В основании толщи местами развиты конгломераты. Вулканогенная толща нижнего эоцена вследствие внедрения интрузивных массивов сильно метаморфизована.

Возраст вулканогенной толщи С. С. Мкртчян относит к нижнему эоцену, на основании сопоставления с идентичными вулканогенными образованиями Ордубадского района Нахичеванской АССР, где, по данным Ш. А. Азизбекова, они налегают на фаунистически охарактеризованные стложения датского яруса и перекрываются трансгрессивно вулканогенно-осадочной толщей среднего эоцена.

В Айондзорском рудном районе отложения нижнего эоцена в своей нижней части представлены осадочной фацией и обнажаются в южной и северо-западной части района вместе с верхнемеловыми отложениями, на которые они налегают трансгрессивно, имея под собой слой базального конгломерата.

В Памбакском рудном районе В. Н. Котляр (1958) эоценовые образования расчленяет на ряд свит. Он условно к

нижнему эоцену относит свиту туфобрекчий, туфов и туффитов порфиритового состава на южном склоне Памбакского хребта в районе г. Маймех и в местности Алтунтахт.

Средний эоцен. На образованиях нижнего эоцена трансгрессивно с угловым несогласием залегает вулканогенно-осадочная толща, представленная различными порфиритами и туфобрекчиями с подчиненными прослоями туфопесчаников, известковистых песчаников, мергелей и глин. Широкое развитие эти образования имеют в Баргушатском рудном районе; наиболее полно туфобрекчии представлены в бассейне р. Гехи, на Баргушатском хребте и в районе г. Кара-кая, где мощность их достигает до 500 м.

Вулканогенные образования среднего эоцена к северо-западу от Баргушатского рудного района фациально переходят в вулканогенно-осадочные отложения. К таким переходным типам относятся среднеэоценовые образования, развитые в районах сс. Гндеваз и Терп.

Таким образом, средний эоцен в Айюцзорском рудном районе представлен двумя фаунистически охарактеризованными фациями: туфогенной и песчаниково-известняковой.

В Памбакском рудном районе к среднеэоценовым образованиям относятся: свита кислых эффузивов и их туфов, свита порфиритов, их туфов, туфобрекчий, туффитов и свита щелочных эффузивов и их туфов. Они развиты на южном склоне Памбакского хребта к югу от г. Маймех и в бассейне р. Мармарик.

Возраст указанных свит В. Н. Котляр относит к среднему эоцену на основании находок фауны нуммулитов.

Верхний эоцен. В Зангезурском, Баргушатском и Памбакском рудных районах фаунистически охарактеризованных отложений верхнего эоцена в настоящее время не установлено. Образования, относимые к этому возрасту, известны в Айюцзорском рудном районе, где представлены разнообразными фациями.

Эоценовые образования являются рудовмещающими породами для большого числа медно-молибденовых и полиметаллических месторождений и проявлений.

Олигоцен. Отложения, относимые к нижнему и среднему олигоцену, развиты только в Айюцзорском рудном районе, в среднем течении р. Арпа в районах сс. Зовашен и Ринд и представлены морскими отложениями; толщей чередующихся туфогенных нуммулитовых песчаников, глин, известняков с прослоями туфов, туффитов и туфопесчаников. Возраст указанных отложений определяется на основании найденной фауны нуммулитов.

Миоплиоцен. Образования, относимые к этому возрасту, имеют очень широкое развитие во всех рудных районах

медно-молибденового пояса Армении. Они представлены вулканогенной фацией, мощной чередующейся толщей различных лав и туфобрекчий от базальтов до липаритов при преобладании андезитового состава. В отдельных районах и участках вулканогенная толща включает прослойки песчаников и глинистых сланцев.

В разрезе вулканогенной толщи отмечается следующая последовательность излияния лав: как правило, базальтовые излияния сменяются андезито-базальтовыми, последние—кверху андезитами, андезито-дацитами и дацитами. Венчается разрез липарито-дацитами, липаритами и обсидианами.

В Зангезурском и Баргушатском рудных районах образования миоплиоцена развиты на Зангезурском и частично на Баргушатском хребтах и представлены андезитами, андезито-дацитами, липаритами, их туфами и туфобрекчиями.

В Айоцзорском рудном районе вулканогенная толща миоплиоцена развита на Варденисском и Айоцзорском хребтах и представлена пемзовыми песчаниками, глинистыми сланцами, туфоконгломератами, андезитами, дацитами и липаритами, которые трансгрессивно с угловым несогласием налегают на эоценовые отложения.

В Памбакском рудном районе образования, относимые к миоплиоцену, развиты в бассейне р. Мармарик, на Цахкуняцком хребте и на южном склоне Памбака.

Средний плиоцен. К этому возрасту относится своеобразная толща континентальных озерных отложений, развитая только в Зангезурском рудном районе в бассейне р. Мегри, в районах сс. Агарак, Нор-Аревик и Тей. Породы толщи залегают трансгрессивно на интрузивные породы Мегри-Ордубадского плутона и представлены перемежающимися пачками песчаников и глинистых сланцев, которым подчинены маломощные прослойки углистых сланцев и буроуголя. Угленосные отложения в районе с. Нор-Аревик перекрываются мощной толщей конгломератов и брекчий, которые представлены обломками порфиритов и интрузивных пород, сцементированных песчаным материалом.

А. А. Габриелян и А. Л. Тахтаджян (1944) на основании найденной фауны пелеципод и отпечатков флоры возраст этой толщи относят к плиоцену.

В районе Агаракского месторождения среди песчаников часто встречаются хорошо сохранившиеся отпечатки ископаемой флоры. В 1956 году автор совместно с А. Л. Тахтаджяном совершил несколько маршрутов с целью изучения разреза угленосной толщи и сбора отпечатков флоры. По определению А. Л. Тахтаджяна, флора имеет современный характер и не древнее среднего плиоцена. На основании

стратиграфического положения и данных определений флоры описанные отложения можно отнести к среднему плиоцену.

К среднему плиоцену относится также впервые нами выделенная в 1951 г. толща туфопесчаников и туфоконгломератов, развитая на северном склоне Баргушатского хребта в верховье р. Чичаглы (район с. Мурхуз).

Верхний плиоцен. К этому возрасту относится Сисианская глинисто-диатомитовая толща, развитая только в Баргушатском рудном районе (на северном склоне Баргушатского хребта) в бассейне среднего течения р. Воротан. Она представлена пресноводными глинами, диатомитами, песками и сравнительно редко песчаниками и галечниками. Глинисто-диатомитовая толща залегает полого, без всяких следов типичной пликативной складчатости, на эродированной поверхности пород разных стратиграфических горизонтов и, в свою очередь, перекрывается вулканическими туфами и лавами четвертичного возраста у сс. Нораван, Урут и др. (вне территории изученного района). По данным К. Н. Паффенгольца, диатомитовая толща отчетливо ингрессивная. Породы ее заполняли древние долины бассейна р. Воротан, выработанные в образованиях эоцена и прорывающих их интрузиях.

В 1946 г. А. А. Габриеляном и А. Л. Тахтаджяном была собрана богатая коллекция флоры, которая, по определению А. Л. Тахтаджяна, имеет облик современной флоры и не может быть древнее верхнего плиоцена.

В 1951 г. Н. И. Волкова в составе экспедиции, которой руководил автор, проводила специальное изучение глинисто-диатомитовых отложений и на основании изучения диатомей пришла к выводу, что диатомиты Сисианского района молодого происхождения и образовались в конце плиоцена и в начале четвертичного времени.

Четвертичный период. В комплексе четвертичных отложений медно-молибденового пояса Армении принимают участие озерно-речные, ледниковые потоки и покровы лав и туфов, аллювиально-делювиальные и пролювиальные отложения. Среди указанных образований очень широко распространены лавы, остальные же образования имеют ограниченное развитие.

## 2. ИНТРУЗИВНЫЕ ПОРОДЫ

В рудных районах медно-молибденового пояса Армении интрузивные породы имеют исключительно широкое развитие и обнаруживаются как в виде крупных массивов, так и небольших штокообразных и жилообразных тел. Они представлены всеми петрографическими разновидностями от пироксенитов до

гранитов и относятся к различным по возрасту комплексам образований.

Зангезурский рудный район отличается от других рудных районов наиболее широким распространением интрузивных пород и целой гаммой их петрографических разновидностей. Около 80% всей площади рудного района занимают интрузивные породы; здесь обнажается самый крупный интрузивный массив Кавказа, который известен в литературе под названием Ордубадо-Мегринского (Конгуро-Алангезского) плутона. К северу от этого массива в Баргушатском рудном районе обнажаются менее крупные интрузивные массивы, в бассейне р. Гехи и на северном склоне Баргушатского хребта. В Айоцзорском рудном районе известны небольшие интрузивные массивы в виде штоков, а в Памбакском рудном районе обнажаются крупные массивы интрузивов, представляющие исключительный интерес в смысле разнообразия петрографического состава.

На основании имеющегося в настоящее время фактического материала в медно-молибденовом поясе выделяются следующие возрастные комплексы интрузивов:

- а) Докембрий—нижнепалеозойские
- б) Верхнеэоценовые—нижнемиоценовые
- в) Миоплиоценовые.

Докембрий—нижнепалеозойские интрузии. К этому возрасту относятся: а) небольшие интрузии габбро-диоритов, диоритов, серпентинитов и габбро-амфиболитов, обнажающиеся в Зангезурском, Баргушатском и Памбакском рудных районах. По данным С. С. Мкртчяна (1958), в Зангезурском рудном районе габбро-диориты и диориты прорывают вулканогенно-осадочную толщу нижнего палеозоя и их гальки встречаются в конгломератах основания верхнего девона. В. Н. Котляр в Памбакском рудном районе к этому возрасту относит серпентиниты, обнажающиеся в районе г. Дамлик, и габбро-амфиболиты г. Шиш-кая (к северу от с. Анкаван); б) Агверанская интрузия кварцевого диорита и прорывающие ее интрузии лейкократовых гранитов Памбакского района; в) гранито-гнейсы Зангезурского рудного района в нижнем течении р. Малев. Они впервые выделены А. И. Адамяном как более древние на основании того, что прорывают метаморфический комплекс докембрий—нижнего палеозоя района с. Алидара и сами, в свою очередь, прорываются породами Ордубадо-Мегринской интрузии.

Металлогеническая роль древних интрузий пока полностью не выяснена, однако имеющиеся данные указывают, что с ними связаны только небольшие проявления золота.

Верхнеэоценовые—нижнемиоценовые интрузии. Подавляющее большинство интрузивных массивов медно-молибденового пояса Армянской ССР по данным С. С. Мкртчяна, В. Н. Котляра, А. Т. Асланяна и др. относятся к верхнеэоценовому возрасту.

Интрузивные породы Ордубадо-Мегринского плутона приурочены к ядру крупного антиклинория северо-западного простирания. Они прорывают все отложения района, включая среднеэоценовые, и перекрываются образованиями плиоцена; последние залегают трансгрессивно на размытой поверхности интрузивных пород, определяя тем самым верхний предел возраста плутона.

В Баргушатском рудном районе интрузивные породы прорывают вулканогенно-осадочную толщу среднего эоцена и перекрываются трансгрессивно глинисто-диатомитовой толщей верхнего плиоцена. В Айоцзорском рудном районе штоки интрузивных пород рвут вулканогенно-осадочные толщи среднего эоцена.

В Памбакском рудном районе для интрузии бассейна р. Мармарик нижним пределом возраста является средний эоцен, а верхний предел возраста определяется залеганием вулканогенных образований миоплиоцена (туфобрекчии, лавы и др.) на гранитоиды. Интересно то обстоятельство, что в туфобрекчиях миоплиоцена встречаются и включения интрузивных пород гранитоидного состава. На Анкаванском интрузиве залегают андезитовые лавы, относимые к плиоцену.

А. А. Габриелян (1959) считает, что для определения верхнего предела возраста Ордубадо-Мегринского плутона важным является уточнение возраста вулканогенной толщи, которая развита в Сисианском и в восточной части Азизбековского района (Амулсарская свита) и пронизана интрузивными породами плутона. Олигоценовый возраст этой свиты устанавливается условно и не исключена возможность принадлежности ее к верхнему эоцену.

Анализируя историю тектонического развития медно-молибденового пояса Армянской ССР, внедрение гранитоидных интрузий следует связывать со временем проявления наиболее интенсивной складчатости, которая имела место в промежутке времени верхний эоцен—нижний миоцен. Таким образом, можно считать, что внедрение гранитоидных интрузий в медно-молибденовом поясе происходило в течение времени от верхнего эоцена до нижнего миоцена.

Металлогеническая роль верхнеэоценовых—нижнемиоценовых гранитоидных интрузий исключительно большая. С этими интрузиями генетически и пространственно связаны все медно-молибденовые и молибденовые месторождения,

а также полиметаллические, сурьмяные, золоторудные, скарновые (железных и медных руд с молибденом и вольфрамом) и гистеромагматические железорудные (магнетит-апатитовые и титано-магнетитовые) месторождения медно-молибденового пояса Армянской ССР.

Миоплиоценовые интрузии. К этому возрасту относятся приповерхностные, субвулканические и пластовые интрузии, тесно ассоциирующиеся с вулканогенными и вулканогенно-осадочными образованиями миоплиоцена. Они представлены лакколитами, небольшими штоками, дайками и пластовыми залежами.

Широкое развитие имеют дацитовые интрузии в Айодзорском рудном районе в бассейне р. Арпа. Наиболее детально изучены они Э. Г. Малхасяном (1965) и А. Т. Вегуни. Указанные интрузии представляют собой субвулканические лакколитообразные тела, верхние части которых размещены в толще эффузивов миоплиоцена и образуют в ней пластообразные залежи, имеющие единый корень.

Металлогеническая роль плиоценовых интрузий изучена еще недостаточно. Имеющийся фактический материал дает основание предполагать, что в медно-молибденовом поясе с этими молодыми интрузиями связаны проявления мышьяка (реальгар-аурипигментовое оруденение), сурьмы, ртути и молибдена.

### 3. ТЕКТОНИКА

В тектоническом отношении медно-молибденовый пояс представляется весьма сложным. В нем исключительно широко и интенсивно проявлены складчатость и разрывные дислокации, которые сформировались в различное время в результате нескольких этапов складчатости. Исследованиями установлено, что интенсивная складчатость распространяется в образованиях до олигоцена включительно и сопровождается протяженными разломами и крупными разрывами.

Весь комплекс пород медно-молибденового пояса слагает крупный антиклинорий общекавказского простирания и прорван интрузиями гранитоидов и экструзиями андезитодацитов. На всем протяжении зоны ось антиклинория ундулирует, то погружается, то вздымается, в связи с чем в различных отрезках зоны выступают резко различные породы как по возрасту, так и по составу. На юго-востоке (в Зангезурском и Баргушатском районах) ось антиклинория вздымается и в результате эрозии здесь обнажаются докембрий-палеозойские образования и крупные массивы гранитоидов.

На северном склоне Баргушатского хребта и, в особенности, в Айоцзорском рудном районе, ось антиклинория погружается, в связи с чем широко распространены осадочно-вулканогенные породы эоцена. Далее к северо-западу в бассейне оз. Севан и на Гегамском вулканическом нагорье широкое развитие имеют лавы, которые мощным плащом покрывают древние породы и структуры зоны на значительном протяжении. По данным аэромагнитной съемки вдоль юго-западного побережья оз. Севан метаморфический фундамент значительно приподнят. К северо-западу от Гегамского вулканического нагорья, в Памбакском рудном районе, ось антиклинория снова значительно вздымается и обнажаются породы древнего метаморфического комплекса в ядре антиклинория, которые на крыльях перекрываются отложениями верхнего мела и эоцена.

Далее к северо-западу и западу в Апаранском, Артикском и Ленинанканском районах и вне пределов Армянской ССР, в Карсской области (Турция), структуры медно-молибденового пояса покрываются новейшими образованиями, большей частью, лавами и туфами.

С. С. Мкртчян (1958) в стратиграфическом разрезе Зангезурского и Баргушатского рудных районов выделяет четыре структурных яруса, сложенных в различной степени дислоцированными породами. Эти структурные яруса характерны и для всего медно-молибденового пояса. Нижний ярус, сложенный породами докембрия и палеозоя, характеризуется интенсивной дислоцированностью и региональным метаморфизмом пород. Складки нижнего структурного яруса большей частью имеют меридиональное и близмеридиональное северо-западное простирание.

Над комплексом пород нижнего структурного яруса залегает трансгрессивно и с угловым несогласием комплекс вулканогенно-осадочных пород эоцена, образующий второй структурный ярус. Породы этого яруса слабо дислоцированы и слагают сравнительно широкие складки. Главное направление складчатости северо-западное, однако встречаются складки также широтного и северо-восточного простирания.

Складчатые комплексы структурных ярусов прорваны многочисленными крупными и мелкими гранитоидными интрузиями.

Над породами второго структурного яруса трансгрессивно, с резко выраженным угловым несогласием, залегает вулканогенно-обломочная толща миоцена. Породы этой толщи очень слабо дислоцированы. Здесь развиты более пологие и широкие складки с падением слоев, редко превышающим  $10-15^\circ$ . Преобладающее простирание пород северо-восточное с падением на северо-запад.

Четвертый структурный ярус имеет ограниченное развитие и отмечается только в Зангезурском и Баргушатском рудных районах. На размытой поверхности пород различного возраста трансгрессивно залегают отложения плиоцена, представленные на северном склоне Баргушатского хребта глинисто-диатомитовой толщей, а в бассейне р. Мегри—угленосными отложениями. Указанные отложения и перекрывающие их андезито-базальтовые лавы четвертичного времени образуют резко отличный от предыдущих структурных ярусов комплекс пород. В них не отмечаются дислоцированность и явления складчатости; по-видимому, в период образования этих толщ складчатые структуры в основном были сформированы. Глинисто-диатомитовая толща и угленосные отложения на большой площади залегают горизонтально, только местами отмечается падение слоев под углом 5—10 и редко 15°.

Важную роль в создании современной структуры медно-молибденового пояса играли дизъюнктивные нарушения. Зоны разлома, как правило, контролируют пространственное размещение глубинного вулканизма, с которым связана эндогенная минерализация. С тектоническими нарушениями разрывного характера также связаны сейсмические явления и выходы минеральных источников.

Наибольший интерес представляют глубинные разломы, которые развиваются длительное время, охватывая многие геологические периоды.

В южной Армении, в восточной части медно-молибденового пояса, в северо-западном направлении прослеживается глубинный разлом, который на поверхности хорошо выражается двумя параллельными крупными нарушениями—Хуступ-Гирратахским и Таштунским (Дебаклинским). Первый из указанных разломов имеет характер крутого надвига с движением масс к востоку, северо-востоку; по нему породы палеозоя надвинуты на восток, на вулканогенную толщу верхней юры Кафанского района, а второй выражен в виде сброса, секущего Ордубадо-Мегринский массив.

В северной части медно-молибденового пояса в Памбакском рудном районе отчетливо фиксируется на поверхности крупное нарушение, известное как Анкаванский (Мисханский) разлом. Вдоль Анкаванского разлома, проходящего по р. Мармарик, расположены многочисленные минеральные источники (Анкаванская группа источников).

#### 4. ХАРАКТЕРНЫЕ ЧЕРТЫ МЕТАЛЛОГЕНИИ

Среди структурно-металлогенических поясов Армянской ССР наиболее интересным в отношении развития разнообраз-

разных по типу рудных формаций и концентрации крупных запасов металлов является Памбак-Зангезурский структурно-металлогенический пояс.

Приведенные ниже данные по металлогении этого пояса основаны на исследованиях И. Г. Магакьяна, С. С. Мкртчяна, В. Н. Котляра и автора.

Рассматривая развитие металлогении Памбак-Зангезурской зоны во времени и в связи с общей эволюцией ее структуры, можно отметить важную роль альпийской металлогенической эпохи в образовании крупных концентраций различных металлов (медь, молибден, железо, свинец, золото). По более древним металлогеническим эпохам (каледонской, частично герцинской) имеются весьма скудные данные, указывающие, в частности, на связь небольших проявлений меди (с гематитом), полиметаллов и барита с древними гранитоидами и ничтожных проявлений хромита с гипербазитами. Шлиховым опробованием в аллювии рек, размывающих древние гранитоиды, установлены: золото, касситерит, шеелит, урано-торит, монацит, базовисмутит и арсенопирит.

Анализ истории геологического развития пояса показывает, что прогибание зоны началось с верхнего мела и достигло своего максимума в эоцене, в результате чего образовались мощные толщи вулканогенно-осадочных пород нижнего и среднего эоцена. В верхнем эоцене-олигоцене интенсивно проявляются фазы альпийского орогенеза и складчатости и формируется Памбак-Зангезурский антиклинорий. В это время с особой силой развиваются также процессы магматизма и минерализации. Интенсивная складчатость сопровождается внедрением в пределах антиклинория интрузивных массивов гранитоидного состава, с которыми генетически и пространственно связано промышленное медно-молибденовое и перспективное свинцовое, железорудное и золоторудное оруденение с подчиненной ролью цинка, сурьмы, мышьяка, титана, ванадия, серебра, висмута, ртути и других редких элементов.

Промышленное медно-молибденовое оруденение, как правило, приурочено к эндоконтактовой и местами экзоконтактовой части гранитоидных интрузий и к контактам различных пород, часто располагаясь вдоль даек жильных порфиров. Наряду с широко развитым прожилково-вкрапленным оруденением, на отдельных рудных полях встречаются серии мощных кварцеворудных жил, а также участки богатых брекчиевидных и скарных медно-молибденовых руд.

Миоплиоценовый металлогенический цикл развивается в постскладчатый период и связан с дацитами, которые внедрились по наиболее молодым разломам. С ними связаны небольшие проявления мышьяка, ртути и молибдена.

В верхнем плиоцене—четвертичном периоде интенсивным проявлением наземного вулканизма (андезито-базальты) завершается геологическое развитие Памбак-Зангезурской структурно-металлогенической зоны.

Таким образом, в металлогеническом отношении Памбак-Зангезурская структурная зона характеризуется: а) исключительно широким развитием медно-молибденовой минерализации, типичной только для этой зоны и образующей на отдельных благоприятных участках крупные промышленные концентрации (Каджаран, Агарак, Дастакерт, Анкаван и др.); б) отсутствием колчеданного оруденения, очень характерного для соседней, расположенной к востоку—Алаверди-Кафанской структурно-металлогенической зоны; в) развитием полиметаллической минерализации, которая главным образом имеет подчиненное значение и обычно накладывается на медно-молибденовую или развивается на флангах медно-молибденовых месторождений. В отношении полиметаллического оруденения особое место в зоне занимает Айюцзорский рудный район, где известны самостоятельные перспективные свинцовые и свинцово-цинково-сурьмяные месторождения (Газма, Азатек и др.), представляющие определенный практический интерес; г) перспективными гистеромагматическими (титаномагнетитовых, апатит-магнетитовых) и скарновыми месторождениями железных руд (Сваранц, Капутан, Раздан); д) перспективными месторождениями и проявлениями золота с примесью теллура (Меградзор, Личквас, бассейн рр. Мисхана и Мармарик) и небольшими месторождениями и проявлениями марганца (Сваранц, Кармрашен и др.), мышьяка (Сальвард), висмута с примесью теллура и золота (Сарнахпур), ртути (Ариглы).

ЧАСТЬ ВТОРАЯ

ОПИСАНИЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПО  
РУДНЫМ РАЙОНАМ

**III. ОПИСАНИЕ РУДНЫХ РАЙОНОВ И  
МЕДНО-МОЛИБДЕНОВЫХ И МОЛИБДЕНОВЫХ  
МЕСТОРОЖДЕНИЙ И ПРОЯВЛЕНИЙ**

**А. ЗАНГЕЗУРСКИЙ РУДНЫЙ РАЙОН**

Зангезурский рудный район находится в крайней южной части Армянской ССР и расположен в пределах Мегринского и частично Кафанского (юго-западная часть) административных районов. Он является наиболее крупным рудным районом республики.

Детальные геологические, металлогенические, петрографические и минералого-геохимические исследования в Зангезурском рудном районе проводили К. Н. Паффенгольц, В. Г. Грушевой, С. А. Мовсесян, С. С. Мкртчян, А. Б. Каждан, И. Г. Магакьян, А. И. Адамян, А. Т. Асланян, Г. О. Пиджян, К. А. Карамян, Б. М. Меликсетян и др. Многие из указанных исследователей посвятили Зангезуру обстоятельные монографические работы, однако ввиду сложности геологического строения и структуры некоторые вопросы геологии, структуры и, в частности, стратиграфии (в связи с трудностью расчленения немых вулканогенно-осадочных и вулканогенных толщ) до сего времени являются слабо обоснованными и спорными.

Зангезурский рудный район характеризуется исключительно широким развитием интрузивных пород (более 80% площади) и большим разнообразием их типов.

Интрузивные породы в рудном районе образуют крупный массив, вытянутый в северо-западном направлении. В

строении полифазного, полифациального плутона принимают участие породы от ультраосновного, основного до кислого и щелочного состава со всей гаммой промежуточных разностей (пироксениты, габбро, габбро-диориты, монцониты, гранодиориты, граниты, щелочные сиениты).

Ордубадо-Мегринский плутон представляет собою сложное интрузивное тело, которое образовалось в результате нескольких последовательных фаз внедрения. Различными исследователями плутона выделяются от трех до пяти интрузивных фаз внедрения.

Проведенные Б. М. Меликсетяном детальные минерало-геохимические исследования дали новый материал в пользу выделения трех фаз внедрения интрузии. Кроме главных интрузивных фаз им выделяются также «дополнительные интрузивы» и субфаза в пределах ранней фазы.

Вопрос возраста интрузивных пород Ордубадо-Мегринского плутона был всегда дискуссионным, и единого мнения среди исследователей плутона до сего времени нет.

Определенный интерес представляют результаты радиологических определений абсолютного возраста интрузивных пород Ордубадо-Мегринского плутона К—Аг методом. По данным М. А. Кашкая (1958) составляет 30—50 млн. лет, а по данным Б. М. Меликсетяна (1961) среднее из 5 определений слюд (биотит, мусковит) составляет 38—40 млн. лет при колебании значений в пределах 25—48 млн. лет, что соответствует по шкале Марбла верхнему эоцену—нижнему миоцену и указывает на значительный диапазон времени формирования плутона.

Р. Х. Гукасян и Б. М. Меликсетян (1965) на основании детальных радиологических, петрологических и геохимических исследований относят Мегринский плутон к полихронному, гетерогенному батолиту, состоящему из двух главных разновозрастных интрузивных комплексов—верхнеэоцен-олигоценного (габбро-монцониты-граносиениты 37—39 млн. лет) и нижнемиоценового (гранодиорит-граниты 23—24 млн. лет).

В пределах Зангезурского рудного района медно-молибденовое оруденение тяготеет к выходам гранитоидных интрузий верхний эоцен-нижнемиоценового возраста, располагаясь, главным образом, в эндоконтактных частях интрузивного массива. Наравне с указанным магматическим фактором локализации оруденения большую роль играет также структурный фактор. Оруденение отчетливо контролируется разломами и сопряженными с ними нарушениями большей частью северо-западного и близширотного простирания.

В медно-молибденовом поясе Армении Зангезурский рудный район занимает особое место по концентрации промышленных (Каджаран, Агарак) медно-молибденовых месторождений и по перспективам обнаружения новых участков медно-молибденового оруденения.

В металлогении Зангезурского рудного района определенную роль играют также широко развитые, но обычно небольшие по масштабу месторождения полиметаллических руд (Аткиз, Пхрут и др.). На отдельных участках имеются месторождения и проявления магнетит-апатитовых, титано-магнетитовых (Камакар), арсенопиритовых (Пирзами) и золотосульфидных (Личквас, Тей) руд.

## 1. КАДЖАРАНСКОЕ МЕДНО-МОЛИБДЕНОВОЕ МЕСТОРОЖДЕНИЕ

### а) ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Каджаранское медно-молибденовое месторождение расположено на восточном склоне Зангезурского хребта, в верховьях р. Вохчи, у одноименного поселка, и административно входит в состав Кафанского района.

Гора Гандзасар (Пирдоудан), вмещающая месторождение, возвышается над расположенным севернее руслом р. Вохчи на 350—400 м, что благоприятствует разведке и эксплуатации месторождения.

Разведочные работы на Каджаранском месторождении начались в 1931 г. под руководством И. Н. Чиркова. В 1935—1936 гг. разведочными работами руководили В. Р. Надирадзе и И. А. Тараян; последним была проведена купрометрическая съемка и на основании данных разведки и купрометрии были подсчитаны запасы меди и молибдена.

Детальная разведка Каджаранского месторождения была начата в 1938 году и продолжалась до 1945 г. За этот период был выполнен большой объем геолого-разведочных и научно-исследовательских работ. Месторождение изучили и руководили геолого-разведочными работами С. А. Мовсесян, Г. М. Арутюнян, П. П. Цамерян, С. С. Мкртчян, К. И. Лягин, П. С. Саакян, А. В. Гуляева и др. В результате проведенных работ была установлена значительная площадь распространения оруденения и доказано промышленное значение Каджарана.

Специальные исследования проводили: по минералогии зоны окисления Е. А. Акопян (1960), по изучению вещественного состава руд и петрографии вмещающих пород—М. П. Исаенко, и жильных пород—Т. А. Аревшатыан.

Н. И. Долуханова (1958) проводила гидрохимическое

изучение вод и совместно с Э. А. Кюрегян разработала методику гидрохимических поисков руд.

В 1955—1956 гг. автор проводил специальные минералого-геохимические исследования руд и впервые выявил геохимические особенности руд и характер распределения редких элементов в рудах и отдельных минералах. Эти исследования с некоторыми перерывами продолжались и в последующие годы.

Начиная с 1956 по 1960 гг. А. С. Фарамазяном проводились детальные исследования по изучению минерального состава руд и закономерностей распределения редких элементов в отдельных стадиях минерализации и генерациях минералов.

В 1956 году Институт геологических наук АН Армянской ССР организовал в Каджаране постоянную научную базу. Сотрудники базы под руководством К. А. Карамяна проводят детальные исследования по изучению геологии, структуры и оруденения Каджарана и других рудных полей Зангезурского рудного района.

Многие годы промышленной разведкой Каджарана руководили Е. П. Зильман, Ц. А. Галстян и А. Т. Исаханян.

Исследования по выяснению закономерностей распределения селена и теллура в рудах Каджарана и Кафана проводил Р. Н. Зарьян.

#### б) ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ И ОСОБЕННОСТИ СТРУКТУРЫ РУДНОГО ПОЛЯ

Рудное поле Каджаранского месторождения включает следующие участки: Центральный, Северо-восточный, Давачи, Кармир-кар, Мякан, Саккар и Аткиз.

В геологическом строении месторождения принимают участие вулканогенно-осадочные породы нижнего эоцена и прорывающие их интрузии гранитоидов—монзониты, порфировидные граниты и гранодиориты со своим жильным комплексом, принадлежащие к разным фазам внедрения Ордубадо-Мегринского плутона.

Вулканогенно-осадочная толща развита к северу от месторождения на Пирымсарском хребте. Она по своему петрографическому составу неоднородна и сложена из различных пород, среди которых преобладающими являются порфириты; подчиненное значение имеют туфы и туфобрекчии. Контакт вулканогенно-осадочной толщи с интрузивными породами проходит по южному склону Пирымсарского хребта и практически является пределом рудного поля Каджарана с севера.

Спектральным анализом в свежем плагиоклазовом пор-

фирите установлены: Mn—0,1%, Ni—0,001%, Ti—0,3%, V—0,01%, Cu—0,03%, Pb—0,03%, Ag—0,03%, Zn—0,01%.

Приведенные данные показывают, что порфириды характеризуются повышенными содержаниями Cu, Pb, Ag по сравнению с кларками этих элементов. Это обстоятельство следует учесть при проведении детальных поисково-съемочных работ с целью выявления в районе развития порфириров участков с концентрацией указанных элементов и молибдена—характерного элемента Зангезурского рудного района.

Породы вулканогенно-осадочной толщи в контактовой полосе с интрузией обычно пиритизированы, эпидотизированы и содержат убогое оруденение меди и молибдена. В оруденелом порфирите нами установлены: халькопирит, пирит, гематит, магнетит и золото.

Интрузивные породы района Каджаранского месторождения принадлежат к двум различным фазам формирования Мегри-Ордубадского плутона: монцонитовой и гранодиоритовой; последняя представлена интрузией порфиридовидных гранитов и гранодиоритов.

Породы монцонитовой интрузии, наряду с типичными монцонитами, представлены также сиенито-диоритами, диоритами, кварцевыми монцонитами, сиенитами и габбро-диоритами. Они слагают рудное поле Каджарана и распространяются за его пределами в южном и восточном направлениях. В периферических частях, в районах контакта с вулканогенной толщей, породы интрузии приобретают более основной состав (габбро-диориты и габбро). Все перечисленные разновидности пород связаны друг с другом постепенными переходами и сходны по структуре и общему облику.

Главными рудовмещающими породами для Каджарана являются породы монцонитовой интрузии. Вдоль даек гранодиорит-порфиридов они интенсивно гидротермально изменены—осветлены, окварцованы, серицитизированы и содержат медно-молибденовую минерализацию.

Породы гранодиоритовой интрузии представлены порфиридовидными гранитами и гранодиоритами, которые слагают западную часть плутона и принадлежат к третьей фазе внедрения. Интрузия порфиридовидных гранитов и гранодиоритов представляет собою удлиненное в север-северо-западном направлении тело, которое на востоке граничит с породами монцонитовой интрузии. Контакт между массивами гранитов и монцонитов тектонический, их разграничивает региональный разлом северо-западного простирания.

Спектральный анализ свежего порфиридовидного гранита показал следующий результат в процентах: Mn—0,1; Ti—0,3; V—0,001; Cu—0,003; Pb—0,01; Zn—0,01; Ga—0,003.

Многие исследователи Каджаранского месторождения в

своих работах отмечали, что порфиroidные граниты рудного поля Каджарана не содержат медно-молибденового оруденения. В 1955 г. при изучении зоны Дебаклинского разлома нам удалось обнаружить среди порфиroidных гранитов малоомощные жилы и прожилки кварца, содержащие убогое вкрапленное оруденение серного колчедана. Эта находка послужила основанием для проведения более детальных поисковых работ, в результате чего в двух участках было установлено прожилково-вкрапленное медно-молибденовое оруденение как вблизи от разлома в 50—100 м от него, так и на расстоянии 0,4—0,5 км.

Оруденелые участки имеют небольшую площадь (десятки метров по длине и ширине) и представлены сильно измененными, каолинизированными порфиroidными гранитами, содержащими прожилки кварца и вкрапленники пирита, халькопирита и молибденита. Широко развиты на этих участках окисленные минералы—малахит и азурит.

В полированных шлифах, изготовленных из оруденелых порфиroidных гранитов, нами выявлены следующие рудные минералы: халькопирит, энаргит, пирит, теннантит, борнит и гематит. Химическими анализами (штупные пробы) установлены: Mo от сл. до 0,038%; Cu—от 0,11 до 2,92%.

Приведенные выше данные показывают, что участки оруденелых порфиroidных гранитов представляют интерес для проведения поисково-разведочных работ с целью выяснения масштабов и перспективности оруденения на глубине.

В Зангезурском рудном районе оруденение в порфиroidных гранитах известно издавна и развито в среднем течении рр. Яглу, Капудджих, Саккар, у Дебаклинского перевала, у с. Личк и в других местах. Эти данные расширяют наши представления о порфиroidных гранитах, как рудовмещающих породах, и дают основание рекомендовать проведение детальных поисков в массиве порфиroidных гранитов, расположенном между пос. Каджаран и с. Личк, с целью выявления новых участков медно-молибденового оруденения.

В рудном поле Каджаранского месторождения широко развиты жильные интрузивные породы, часто резко выступающие на поверхности в виде мощных, протяженных даек, которые играли существенную роль в формировании месторождения. Они представлены, главным образом, гранит-порфирами, гранодиорит-порфирами, сиенито-порфирами, диорит-порфирами, которые по преобладающему составу минералов можно отнести к кварц-полевошпатовым порфирам; менее развиты лампрофиры, аплиты и пегматиты.

Жильные породы Каджаранского рудного поля изучены С. А. Мовсесьяном (1941) и Т. А. Аревшатын, которые в своих

работках приводят их детальное петрографическое описание.

При изучении даек жильных порфиров с точки зрения рудоносности наши наблюдения привели к выводу, что они большей частью минерализованные и обычно содержатuboе прожилково-вкрапленное медно-молибденовое оруденение. На отдельных небольших отрезках (шт. № 36, 38 и др.) гранодиорит-порфиры содержат повышенные и редко высокие концентрации молибдена и меди (табл. 1). Вдоль жильных порфиров и между ними сконцентрировано основное промышленное оруденение Каджарана.

Дайки лампрофиров сравнительно редко встречаются и приурочены, большей частью, к контактам различных типов

Таблица 1

Содержание молибдена и меди в оруденелых  
гранодиорит-порфирах

№ № п/п	Номера проб	Место взя- тия	Содержание в %	
			Mo	Cu
1	230	шт. 36	0,161	0,240
2	233	шт. 38	0,029	0,248
3	232	шт. 38	0,013	0,150

интрузивных пород и контактовым полосам последних с вулканогенной толщей. Они имеют северо-западное простира-ние и обычно крутое падение.

В рудном поле Каджарана на отдельных участках до-вольно широкое развитие имеют также пегматитовые и апли-товые образования, которые большей частью связаны с мон-цонитовой интрузией. На северо-восточном участке место-рождения, в районе дороги Вохчи-Анкаван, среди изменен-ных, окварцованных местами заохренных, слабо минерализо-ванных монцонитов обнажаются многочисленные маломощ-ные пегматит-аплитовые жилы и прожилки. Мощность этих жил колеблется от 5—10 до 50—80 см, с азимутом падения—на юго-запад. Пегматиты представлены полевым шпатом, кварцем, крупными (до 5—6 см) кристаллами роговой обман-ки и биотита. Полевой шпат серовато-розового цвета и круп-нокристаллического строения. Аплиты имеют зернистую структуру и состоят из калиевого полевого шпата и кварца. В аплит-пегматитовых жилах встречаются магнетит, пирит, халькопирит, лимонит и крупные кристаллы сфена (до 2 см). Последние характеризуются светло-бурым цветом со слабым желтоватым оттенком, алмазным блеском и несовершенной спайностью. Внешний вид кристаллов разнообразен по ком-бинациям форм. Чаще всего встречаются кристаллы в виде уплощенных конвертообразных призм, имеющих в попереч-ном разрезе клиновидную форму.

К. А. Карамян, Т. А. Аревшатян и А. М. Авакян (1963), детально изучавшие пегматитовые образования Каджаранского рудного поля, отмечают, что пегматитообразование в различных интрузивных фазах проявляется различно и обусловлено глубиной формирования интрузий.

По данным указанных исследователей, образованию пегматитов предшествовало внедрение целой серии жильных пород, связанных с дополнительными интрузиями, а за пегматитами по времени следуют пневматолитовые образования (турмалинизация), частично накладывающиеся на пегматиты.

По данным С. А. Мовсесяна (1941), формирование главной массы жильных порфириров, лампрофириров и аплитов происходило до оруденения. Возрастные взаимоотношения дорудных жильных образований представляются следующим образом: первыми образовались нерасщепленные жильные породы (группа порфириров), за ними внедрялись лампрофиры, пегматиты и аплиты.

Среди факторов, благоприятствующих локализации оруденения, для Каджарана важнейшим является структурный фактор. Крупные концентрации медно-молибденовых руд контролируются зонами раздробленных брекчированных монцонитов, развитых вдоль мощных, прстяженных даек жильных порфириров.

Рудное поле Каджаранского месторождения имеет сложное тектоническое строение. При документации горных выработок констатировано несколько систем тектонических нарушений, которые возникли в различное время и, соответственно, заполнились разнообразными продуктами дифференциации гранитоидной магмы. Наиболее крупные тектонические трещины принадлежат к следующим двум главнейшим системам: 1) северо-западные ( $300-340^\circ$ ) с преимущественным падением на северо-восток под углом  $50-90^\circ$ , и 2) северо-восточные ( $60-80^\circ$ ) до широтного направления, с падением на северо-запад под углом  $45-75^\circ$ . К трещинам обеих систем приурочены дайки порфириров. Тектонические силы, действующие после внедрения даек порфириров, привели к образованию многочисленных крупных и мелких трещин северо-западного и северо-восточного простирания и сильному дроблению монцонитов. Дайки порфириров, будучи более плотными, крепкими породами, сами почти не подверглись раздроблению, однако способствовали более интенсивному раздроблению тех монцонитов, которые находились между ними, в результате чего была образована благоприятная структура для локализации оруденения среди монцонитов. При поднятии гидротермальных растворов крупные трещины и многочисленные мельчай-

шие трещинки и поры были заполнены кварцеворудным материалом; в результате этого образовалось жильное и прожилково-вкрапленное медно-молибденовое оруденение.

В процессе рудообразования очень важную роль играли дайки порфиров, которые служили путями для циркуляции гидротермальных растворов. Это доказывается повышенными содержаниями меди и молибдена во всех дайках порфиров рудного поля (в отдельных случаях в гранодиорит-порфирах отмечаются даже промышленные содержания меди и молибдена). Пологопадающие дайки порфиров иногда служили экранами и способствовали концентрации оруденения.

О контролирующей роли даек жильных порфиров указывается в работах С. А. Мовсеяна (1941), С. С. Мкртчяна (1958), Е. П. Зильмана и др. ?

Приуроченность большого количества медно-молибденовых месторождений к зоне Дебаклинского разлома дает основание многим исследователям считать региональный разлом важнейшей структурой, контролировавшей распределение медно-молибденового оруденения. Однако, исследования, проведенные по всей зоне регионального разлома и в рудных полях отдельных месторождений, показывают, что разлом не всегда контролирует оруденение. Так, например, на Джиндаринском месторождении медно-молибденовое оруденение контролируется Личским локальным дорудным разломом (северо-восточного простирания с падением на юго-восток), а на Агаракском месторождении—Спетринским разломом (меридионального простирания с падением на запад), которые характеризуются специфическими особенностями для каждого месторождения и по элементам залегания резко отличаются от Дебаклинского разлома.

Зона Дебаклинского регионального разлома четко выделяется в районе Каджаранского месторождения по контакту интрузивных массивов монцонитов и порфиroidных гранитов. Она имеет северо-западное ( $310-340^\circ$ ) простирание с падением на северо-восток под углом  $45-65^\circ$  и почти непрерывно протягивается до района Агаракского месторождения. Зона разлома представлена интенсивно раздробленными, перетертыми, каолинизированными породами, мощностью от 5—20 до 60—100 и более метров, образовавшимися за счет монцонитов, гранодиоритов и гранитов.

Для выяснения характера регионального разлома большой интерес представляет Джиндаринское месторождение, которое приурочено к тектонической зоне, ограниченной с запада и востока двумя ветвями Дебаклинского разлома, а с северо-запада—Личским рудоконтролирующим разломом северо-восточного простирания. Еще в 1955—1956 гг. К. А.

Карамяном, А. Г. Казаряном и Г. О. Пиджяном в зоне Дебаклинского разлома были установлены многочисленные брекчии окварцованных пород, содержащие медное оруденение, и указывающие на пострудный характер регионального разлома. А. Е. Исаханян и Л. Г. Тер-Абрамян отмечают двукратное смещение Личкского разлома как восточной, так и западной ветвями Дебаклинского разлома с вертикальной амплитудой 110 м., причем опущенным является восточное крыло.

На Мюльском участке Джиндаринского рудного поля, в зоне Дебаклинского разлома, на небольшом отрезке устанавливается оруденение меди и молибдена в глиноподобной массе и в брекчии, что указывает на дорудный возраст разлома. На Алагюнейском участке, аналогично Центральному участку, явно доказывается пострудный характер регионального разлома.

На Агаракском медно-молибденовом месторождении многими исследователями, в том числе и автором, доказано, что оруденение не контролируется региональным Дебаклинским (Агаракским) разломом.

Таким образом, анализируя вышеприведенный материал, можно заключить, что Дебаклинский региональный разлом в рудных полях медно-молибденовых месторождений имеет весьма различный характер: в одних случаях, является структурой, контролирующей распределение оруденения (Каджаран и др.), а в других—срезает рудоконтролирующие локальные структуры, рудные зоны (Джиндара и др.) или проявляется без определенной связи с оруденением (Агарак). Указанные данные говорят о том, что глубинный разлом формировался в длительное время в сложных геологических условиях в результате наложения многочисленных дорудных и пострудных тектонических движений.

На Каджаранском месторождении в распределении оруденения отмечается некоторая горизонтальная зональность, выражающаяся в том, что в целом, по мере удаления на восток от Каджаранского разлома, наблюдается ослабление молибденовой и увеличение медной и полиметаллической минерализации. Однако это «правило» не всегда выдерживается; оруденелые участки, расположенные у самого разлома и вблизи него, часто характеризуются более низкими содержаниями молибдена, чем участки, расположенные к востоку от них. Кроме того, высокотемпературные минералы (магнетит, ильменит, молибденит и др.) развиты как вблизи от разломной зоны, так и в 1,5—2 км к востоку от него на левобережье р. Вохчи, к северо-востоку от пос. Каджаран и в горных выработках штолен 1,36 и др.

В рудном поле Каджарана в распределении медно-мо-

либденового оруденения отмечается следующая закономерность: в непосредственной близости от даек жильных порфиров развито богатое медно-молибденовое оруденение, а по удалении от них интенсивность оруденения постепенно падает.

Оруденение представлено двумя типами: прожилково-вкрапленным (штокверковым) и жильным. Прожилково-вкрапленное оруденение является главным и представлено густой сетью сульфидных прожилков и вкрапленностью сульфидов в измененных монцонитах.

Жильный тип оруденения имеет резко подчиненное значение и представлен кварц-рудными жилами, вскрытыми на горизонтах 2075 (шт. 32 и 34) и 2025 (шт. 36 и 38). Кварц-рудные жилы имеют мощность от 1 до 5—6 метров и протягиваются на десятки и сотни метров, представляя самостоятельные рудные тела, имеющие промышленный интерес в отношении молибдена и меди.

Результаты разведочных работ показывают, что содержание меди с глубиной резко снижается, начиная от горизонта 2125, а содержание молибдена выдерживается до уровня р. Вохчи в пределах 0,04—0,065%.

На Каджаранском месторождении наиболее широко развиты пострудные трещины, представленные неминерализованными нарушениями, часто заполненными тектонической глиной.

#### в) СТАДИИ МИНЕРАЛИЗАЦИИ И МИНЕРАЛЬНЫЙ СОСТАВ РУД

При изучении рудных месторождений важное значение имеет выяснение структурно-текстурных особенностей минеральных масс и расшифровка возрастных соотношений парагенетических минеральных ассоциаций. Эти данные позволяют восстановить историю процессов рудоотложения и последовательность химических превращений, обуславливающих разнообразие в составе руд. Таким образом, исследования по выяснению взаимоотношений разновозрастных минеральных масс дают представление не только о последовательности хода рудообразования, но и о периодах максимального оруденения при формировании месторождения, что в свою очередь способствует правильному направлению детальных разведочных работ.

Для обозначения периодов минералообразования нами принимается термин «стадии минерализации» в понимании А. Г. Бетехтина (1958)—рудообразующие процессы, связанные с одним и тем же магматическим источником, разделенные по времени относительно короткими интервалами, приво-

дьящими к образованию в одном месторождении различных минеральных ассоциаций.

В Каджаранском месторождении прерывистость в рудотложении и многостадийность рудообразующего процесса отмечали многие исследователи, однако во взглядах на количество стадий минерализации и последовательность их выделения имеются довольно значительные различия. В таблице 2 приведены схемы стадий минерализации Каджаранского месторождения, предложенные различными исследователями. При сравнении приведенных схем стадий минерализации нетрудно заметить, что главные стадии минерализации, в течение которых формировались основные типы руд, выделены почти всеми исследователями и по времени образования совпадают. Несмотря на некоторые различия, сравнительно близкими являются те схемы стадий минерализации, которые предложены Г. О. Пиджяном (1956, 1960), А. Г. Казаряном (1958, 1963), К. А. Карамяном и А. С. Фарамазяном (1960). Они в целом правильно отображают общий ход рудообразующего процесса.

В схеме К. А. Карамяна и А. С. Фарамазяна недостаточно обоснованным является выделение отдельных самостоятельных кварц-магнетитовой, кварц-полевошпатовой, карбонатной и халцедоновой стадий минерализации. В своих работах указанные авторы не приводят никаких данных о взаимоотношениях кварц-магнетитовых и кварц-полевошпатовых прожилок. Микроскопическое и спектроскопическое изучение показало, что магнетит кварц-магнетитовых прожилок как по ассоциации минералов, так и по содержанию примесей не отличается от магнетита кварц-полевошпатовых прожилок, что указывает на их одновременное образование. Всем исследователям Каджарана известно, что карбонатные жилы по простираанию часто меняют свой состав и постепенно становятся карбонат-халцедоновыми и халцедоновыми. Обычно карбонат и халцедон тесно прорастают друг с другом и развиты в жилах и прожилках в переменных количествах, в одних случаях заметно преобладает карбонат, в других — халцедон. Это обстоятельство говорит в пользу того, что нет отдельной карбонатной и отдельной халцедоновой стадии минерализации.

В Каджаране из-за пространственной разобценности кварц-молибденитовых и кварц-пиритовых прожилок об их взаимоотношениях имеются скудные, а в отдельных случаях резко противоречивые данные, что и приводит к различным взглядам на последовательность их образования. На других медно-молибденовых месторождениях Армянской ССР по этому вопросу также имеются противоречивые факты. Напри-

Схемы последовательности стадий минерализации Каджаранского месторождения

Последовательность стадий минерализации	по М. П. Исаенко		по Г. О. Пиджану		по А. Г. Казаряну		по К. А. Карамяну и А. С. Фарамазяну
	1953	1959	1956	1960	1958	1963	1960
	I	Кварцевая	Пиритовая	Медная	Полевой шпат-кварц-сульфид.	Кварц-ортоклазовая	
II	Кварц-молибденовая	Кварцевая	Кварц-молибденовая	Кварц-сульфидная (пирит, халькопирит)	Кварц-молибденитовая	Полевошпатовая	Кварц-полевошпатовая
III	Кварц-сульфидная	Кварц-молибденовая	Медно-молибденовая	Кварц-молибденитовая	Кварц-халькопиритовая	Молибденитовая	Кварц-молибденитовая
IV	Энарцит-халькопирит-кварцевая	Халькопиритовая	Кварц-карбонат-полиметаллическая	Халькопирит-молибденитовая	Кварц-пиритовая	Пиритовая	Кварц-халькопирит-молибденитовая
V	Карбонатная	Галенитосфалеритокварц-карбонатная	Карбонатная	Кварц-карбонатсфалерит-галенитовая	Кварц-галенитсфалеритовая	Халькопиритовая	Кварц-халькопиритсвая
VI	Кварц-халцедон-карбонатная	Кварц-энарцитовая	Карбонат-халцедоновая	Карбонат-сульфидная (пирит, галенит)	Анкеритовая	Галенитсфалеритовая	Кварц-пиритовая
VII		Карбонатная		Карбонат-халцедоновая	Халцедоновая	Алтаит (?)	Кварц-сфалеритгаленитовая
VIII		Кварц-халцедон-доломитовая			Гипсовая	Ангидрит-гипсовая	Карбонатная
IX						Карбонат-халцедоновая	Халцедоновая
X							Ангидрит-гипсовая

мер, в Анакаване кварц-пиритовые прожилки являются более ранними образованиями и пересекаются кварц-молибденитовыми, а в Агараке и Джиндаре, наоборот, кварц-молибденитовые прожилки пересекаются кварц-пиритовыми. Эти данные дают основание считать, что на разных месторождениях по времени образования различно проявляется кварц-пиритовая стадия минерализации. По имеющимся данным, в Каджаране кварц-пиритовые жилы и прожилки образовались после кварц-молибденитовых и кварц-халькопирит-молибденитовых, но до кварц-халькопиритовых прожилков. А. Г. Казарян и К. А. Карамян и А. С. Фарамазян считают, что кварц-пиритовые жилы и прожилки образовались после кварц-халькопиритовых. Однако в результате повторных наблюдений А. Г. Казарян меняет (1963) свою точку зрения и приходит к выводу, что кварц-пиритовые прожилки образовались раньше, чем кварц-халькопиритовые и пересекаются последними. На основании этого в своей новой схеме он халькопиритовую стадию минерализации располагает после пиритовой.

В схемах стадийного развития процесса рудообразования, предложенных А. Г. Казаряном (1958, 1963), не выделена очень важная кварц-халькопирит-молибденитовая стадия минерализации, в течение которой образовались промышленные прожилково-вкрапленные медно-молибденитовые руды. В последней схеме А. Г. Казаряна под вопросом выделена отдельная алтаитовая (?) стадия минерализации, что вызывает ряд возражений. Алтаит и другие теллуриды образовались, главным образом, в кварц-карбонат-сфалерит-галенитовую стадию минерализации и встречаются редко в виде микроскопических выделений в полях главных рудообразующих сульфидов (галенита, сфалерита) и поэтому не являются результатом самостоятельной стадии минерализации.

Ангидрит-гипсовая стадия минерализации является завершающей стадией гидротермального процесса. Она была выделена впервые А. Г. Казаряном, К. А. Карамяном и А. С. Фарамазяном, по данным которых в ангидрит-гипсовых жилах отмечаются обломки карбоната и халцедоновидного кварца, указывающие на более позднее выделение гипса. Несмотря на указанные данные, А. Г. Казарян (1963) в своей новой схеме ангидрит-гипсовую стадию располагает до карбонатной и халцедоновой стадий минерализации.

На основании анализа всего накопленного материала по минеральному составу, текстурно-структурным особенностям руд, взаимоотношениям различных по составу прожилков и учитывая фактические данные, полученные по этим вопросам другими исследователями (А. Г. Казарян, К. А. Карамян, А. С. Фарамазян), нами выделяются следующие стадии ми-

нерализации: 1) полевои шпат-кварц-магнетитовая, 2) кварц-молибденитовая, 3) кварц-халькопирит-молибденитовая, 4) кварц-пиритовая, 5) кварц-халькопиритовая, 6) кварц-карбонат-сфалерит-галенитовая, 7) карбонат-халцедоновая, 8) ангидрит-гипсовая.

### 1). Описание стадий минерализации

*Полевой шпат-кварц-магнетитовая стадия минерализации* является наиболее ранней стадией в гидротермальном рудообразовании. Она приурочена, главным образом, к аплит-пегматитовым дайкам, контактовым зонам монцонитов, порфиридных гранодиоритов и порфиритов. Полевошпатовые прожилки широкое распространение имеют на участке Давачи и на северо-восточной части месторождения, где образуют целую систему жил и прожилков. На других участках редко встречаются маломощные прожилки полевого шпата со слабым оруденением. Магнетитовые, магнетит-гематитовые и магнетит-халькопиритовые прожилки развиты среди монцонитов, роговиков и порфиритов. На отдельных участках месторождения (шт. 1, штр. 1 на 198—202 м и др.) магнетит-халькопиритовое оруденение представлено в виде линзообразных и гнездообразных тел мощностью до 1—1,5 м.

Минерализация этой стадии представлена калиевым полевым шпатом, кварцем, редко биотитом и роговой обманкой. Из рудных минералов наиболее часто встречаются магнетит, халькопирит, молибденит, пирит, а редко борнит, ильменит, рутил и шеелит (последний установлен в шлихах).

Магнетит является наиболее широко распространенным минералом. Он проявляется в виде массивных прожилков, гнездообразных выделений и вкрапленников в кварце и рудовмещающих породах. Магнетит встречается в парагенетической ассоциации с кварцем, гематитом, ильменитом, халькопиритом, пиритом, молибденитом и борнитом.

Ильменит в рудах Каджарана впервые установлен автором (1956). Он встречается в тесной ассоциации с магнетитом в небольших магнетит-гематит-халькопиритовых линзовидных телах и кварц-полевошпатовых прожилках.

Молибденит представлен, главным образом, в виде крупных чешуек и кристаллов (розетки), неравномерно рассеянных в полевошпатовой и кварцевой массе породы. Кристаллы молибденита достигают 1,5—2,5 см в диаметре. Обычно молибденит ассоциирует с магнетитом, гематитом и халькопиритом. В магнетит-гематитовых гнездообразных телах встречается мелкочешуйчатый молибденит в тесной ассоциации с сульфидами.

Халькопирит образует неправильные выделения и тонкие прожилки в магнетит-гематитовых рудах и редкую вкрапленность в кварц-полевошпатовых прожилках. Он тесно ассоциирует с магнетитом, гематитом и пиритом, развиваясь в их полях.

Борнит встречается в виде мелкой вкрапленности, неправильных форм выделений и, редко, прожилков. Обычно уступает в количественном отношении халькопириту и образует тесные сростания с магнетитом, пиритом и особенно с халькопиритом. В таблице 3 по данным автора, А. С. Фармазяна и Р. Н. Зарьяна приводятся содержания рения, селена, теллура, висмута и серебра в главных рудообразующих минералах Каджаранского месторождения по стадиям минерализации. Результаты анализов показывают, что молибдениты полевой шпат-кварц-магнетитовой стадии минерализации характеризуются высокими содержаниями рения (0,0345%), селена (0,030%) и повышенными содержаниями теллура (0,0066%), а халькопириты и пириты повышенными содержаниями селена (0,0087%).

2) *Кварц-молибденитовая стадия минерализации.* В условиях нового пароксизма тектонических напряжений образовались крупные трещины и раздробленные зоны среди монзонитов, которые впоследствии заполнились кварцем, несущим оруденение молибдена. На Центральном участке месторождения в это время образовались мощные до 5—6 м кварцевые жилы и различные системы прожилков кварца мощностью 2—3 см, с богатым оруденением молибдена. Встречаются также чисто молибденитовые прожилки мощностью 2—3 см.

Минерализация этой стадии характеризуется сравнительно простым составом и представлена, главным образом, молибденитом, совместно с которым в незначительном количестве встречаются халькопирит, пирит и изредка борнит, энаргит, висмутин в полях халькопирита и зерна шеелита в кварце.

Молибденит — среднемелкочешуйчатый и обычно образует скопления по зальбандам кварцевых жил и прожилков. Иногда молибденит в центральной части прожилка образует гнездообразные скопления и представлен крупными кристаллами.

Химическими и спектральными анализами в молибденитах установлены высокие и повышенные содержания рения, селена, теллура (табл. 3) и примеси германия, висмута, серебра, меди и свинца. Исследования показали, что молибдениты, отобранные из жильного типа оруденения, содержат несколько больше примесей редких элементов. По данным 11 проб среднее содержание рения составляет 0,040%, селена—0,032 и теллура—0,007. В молибденитах прожилково-

Таблица 3

Содержание элементов-примесей в главных рудообразующих минералах Каджарана по стадиям минерализации

Стадии минерализации и минералы	Рений			Селен			Теллур			Висмут			Серебро		
	кол. хим. анал.	Пределы содержания	Средн. со- держ. в %	кол. хим. анал.	Пределы содержа- ния	Средн. со- держ. в %	кол. хим. анал.	пределы содерж. в %	средн. со- держан. в %	кол. хим. анал.	пределы содерж. ния в %	средн. со- держан. в %	кол. хим. анал.	пределы содерж. ния в %	средн. со- держ. в %
<b>I Полевой шпат- кварц-магнетитовая</b>															
1 Молибденит	11	0,0260—0,0500	0,0345	11	0,0015—0,057	0,0301	11	сл.—0,0170	0,0066	—	—	—	—	—	—
2 Халькопирит	1	0,0001	0,0001	7	0,0072—0,0104	0,0087	7	0,0002—0,0012	0,0032	—	—	—	—	—	—
3 Пирит	—	—	—	1	0,0080	0,0080	1	0,0021	0,0021	—	—	—	—	—	—
<b>II Кварц-молибденитовая</b>															
1 Молибденит	77	0,0190—0,0730	0,0316	84	0,0110—0,1110	0,0320	84	0,0005—0,0580	0,0091	7	0,001—0,016	0,0040	—	—	—
2 Халькопирит	1	0,0001	0,0001	4	0,0090—0,0340	0,0195	4	0,0009—0,0070	0,0042	1	0,0060	0,0060	1	0,0035	0,0035
3 Пирит	1	0,0001	0,0001	4	0,0060—0,0100	0,0074	4	0,0016—0,0080	0,0036	2	сл.—0,0035	0,0017	2	0,001—0,0045	0,0027
<b>III Кварц-халькопирит-молибденитовая</b>															
1 Молибденит	26	0,0200—0,2430	0,0759	27	0,0090—0,1280	0,0530	27	0,0020—0,0120	0,0053	4	0,001—0,003	0,0015	—	—	—
2 Халькопирит	2	0,00001—0,0002	0,00015	21	0,0080—0,0480	0,0220	21	0,0004—0,022	0,0058	4	0,0030—0,0220	0,0112	2	0,0050—0,0075	0,0062
<b>IV Кварц-пиритовая</b>															
1 Молибденит	5	0,0300—0,0370	0,0308	6	0,0170—0,0380	0,0278	6	0,0026—0,0110	0,0070	—	—	—	—	—	—
2 Халькопирит	1	0,0001	0,0001	6	0,0120—0,0200	0,0177	5	0,0013—0,009	0,0048	1	0,0077	0,0077	1	0,0085	0,0085
3 Пирит	5	0,0001—0,00025	0,00013	40	0,0010—0,0260	0,0068	40	0,0001—0,031	0,0044	7	0,0010—0,0085	0,0036	7	0,0017—0,0060	0,0036
<b>V Кварц-халькопиритовая</b>															
1 Молибденит	8	0,0190—0,0320	0,0243	8	0,0070—0,0370	0,0212	8	0,0010—0,0084	0,0044	—	—	—	—	—	—
2 Халькопирит	4	0,0001—0,0002	0,00013	52	0,0030—0,0480	0,0220	52	0,0007—0,0180	0,0048	4	0,0070—0,0480	0,0185	2	0,022—0,035	0,0280
3 Пирит	—	—	—	5	0,0060—0,0290	0,0124	5	0,0007—0,0065	0,0031	—	—	—	—	—	—
<b>VI Кварц-карбонат-сфалерит-галенитовая</b>															
1 Халькопирит	2	0,0001—0,0003	0,0002	8	0,0085—0,0240	0,0140	8	0,0012—0,0600	0,0128	2	0,0120—0,0336	0,0228	1	0,0375	0,0375
2 Пирит	1	0,00015	0,00015	6	0,0070—0,0140	0,0118	6	0,005—0,0140	0,0095	2	0,0186—0,0220	0,0203	2	0,0072—0,0080	0,0076
3 Сфалерит	1	0,0001	0,0001	18	0,0013—0,0080	0,0042	18	0,0009—0,0140	0,0043	5	0,0020—0,0060	0,0038	3	0,0085—0,0150	0,0108
4 Галенит	—	—	—	13	0,0030—0,0908	0,0297	13	0,0020—0,1800	0,0265	5	0,0026—0,1800	0,0573	2	0,0569—0,0720	0,0644

вкрапленного типа по данным 12 проб среднее содержание составляет: Re—0,032, Se—0,025, Te—0,004. Кроме того, крупно-чешуйчатые разности молибденитов, как правило, характеризуются более высокими содержаниями рения (0,042%), чем среднечешуйчатые (Re—0,029%) и мелкочешуйчатые (Re—0,022%).

Халькопирит представлен неправильными формами выделения в кварце и развивается вдоль спайности молибденита, часто окаймляя его зерна. В халькопиритах установлены повышенные содержания селена, висмута, серебра и примеси теллура и германия.

Кварц-молибденитовая стадия минерализации является важной и ценной в промышленном отношении; именно с этой стадией связаны наиболее крупные концентрации молибдена.

3 *Кварц-халькопирит-молибденитовая стадия* минерализации имеет широкое развитие, главным образом, на Центральном участке месторождения. Руды этой стадии пространственно обособились в монзонитовых породах и отчасти жильных порфирах. До отложения минералов этой стадии тектонические подвижки создавали новые системы трещин северо-западного и северо-восточного простираний, выполненные впоследствии молибденитом, халькопиритом и другими минералами, прожилки которых пересекают кварц-молибденитовые и молибденитовые прожилки. Эта стадия характеризуется довольно сложным минеральным составом; кроме главных минералов кварца, халькопирита, здесь встречаются пирит, энаргит, борнит, люцонит, висмутин, самородное золото, виттихенит, эмплектит, теннантит и сфалерит.

Молибденит обычно занимает приазальбандовые участки прожилок, а халькопирит развит в средней его части.

Взаимоотношения молибденита и халькопирита очень разнообразны и интересные; в одних случаях отмечаются тесные срастания и взаимопересечения этих двух минералов, в других случаях выделения молибденита окаймлены и разъедены халькопиритом и другими сульфидами, за исключением пирита; последний сам разъедается молибденитом.

В молибденитах установлены высокие содержания рения, селена, повышенные содержания теллура и примеси германия, висмута, серебра, меди и свинца.

Халькопирит кроме прожилок образует также вкрапленники в рудовмещающих породах. Он тесно ассоциирует с мелкочешуйчатым молибденитом, пиритом, борнитом, энаргитом, люцонитом, висмутином, виттихенитом и эмплектитом. Местами халькопирит развивается по молибдениту, проникает вдоль спайности его и образует прожилочки, мелкие включения неправильной формы, а иногда окаймляет его

со всех сторон. Химическими и спектральными анализами в халькопиритах установлены высокие и повышенные содержания Se, Te, Bi, Ag и примеси Ge, Re, As, Zn, Sn.

Самородное золото впервые установлено в рудах Каджарана автором в виде мельчайших выделений в полях халькопирита, борнита и лимонита.

Виттихенит и эмплектит впервые установлены в рудах автором. Они тесно ассоциируют с висмутином и халькопиритом; обычно образуют каемки вокруг выделений висмутина и замещают его.

Кварц-халькопирит-молибденитовая стадия минерализации является очень ценной в промышленном отношении, так как в этой стадии были образованы крупные концентрации прожилково-вкрапленных медно-молибденовых руд.

*Кварц-пиритовая стадия минерализации* проявилась интенсивно только на отдельных участках месторождения. На Северо-восточном и Аткизском участках были образованы мощные кварц-пиритовые жилы, главным образом, северо-восточного простирания с протяжением на десятки и, редко, сотни метров. На других участках месторождения развиты маломощные (1—3 см и редко более) кварц-пиритовые прожилки с различными элементами залегания. В рудовмещающих породах и в кварце отмечается также вкрапленность пирита в виде идиоморфных кристаллов, имеющих нередко пентагондодекаэдрический и гексаэдрический габитусы. Для кварц-пиритовых прожилков очень характерна серицитовая каемка.

Минерализация этой стадии представлена, в основном, пиритом, совместно с которым встречаются халькопирит, молибденит, сфалерит, энаргит, люцит, теннантит и редко, галенит и самородное золото.

*Кварц-халькопиритовая стадия минерализации* имеет широкое развитие в рудном поле и, в особенности, на Центральном участке месторождения. Она представлена прожилками кварц-халькопиритового и чисто халькопиритового составов, иногда вкрапленниками халькопирита в кварцевой массе. В прожилках халькопирит и кварц присутствуют в различных количественных соотношениях с преобладанием то одного, то другого. Халькопирит обычно занимает центральную часть прожилка и заполняет пустоты или образует скопления на призальбандовых участках. В некоторых прожилках наблюдается скопление халькопирита и пирита в пустотах кварца в виде нескольких почти параллельных зон. В этих случаях идиоморфные кристаллы кварца сцементированы рудной массой.

Минерализация этой стадии представлена, в основном,

халькопиритом, совместно с которым встречаются пирит, молибденит, борнит, энаргит, люционит, висмутин, галеновисмутит, виттихенит, эмплектит, теннантит, сфалерит, галенит, рутил, самородное золото, айкинит (?), самородное серебро.

*Кварц-карбонат-сфалерит-галенитовая стадия минерализации* пространственно обособилась в более поздних тектонических структурах среди монзонитов, жильных порфириров и интенсивно проявилась в виде жил и прожилков только на отдельных участках (Аткиз, Центральный) рудного поля Каджаранского месторождения. На Центральном участке месторождения минерализация этой стадии накладывается на кварц-молибденитовую и кварц-халькопирит-молибденитовую стадии минерализации. Прожилки полиметаллических руд везде пересекают образования ранних стадий и местами цементируют обломки медно-молибденовой руды. На Аткизском участке развиты мощные (1,0 м и более) полиметаллические жилы, имеющие северо-восточное простирание с крутым падением на юго-восток и северо-запад (с протяжением от десятков метров до нескольких сот метров). Рудные минералы в жилах и прожилках распределены неравномерно и обычно встречаются в виде отдельных линзовидных скоплений и гнезд сфалерита, галенита и пирита.

Минерализация этой стадии характеризуется сложным составом; кроме главных жильных и рудообразующих минералов (кварца, карбоната, сфалерита и галенита) здесь встречаются, а иногда и образуют скопления пирит, халькопирит, молибденит, теннантит, тетраэдрит, борнит, энаргит, люционит, аргентит, бурнонит, висмутин, эмплектит, виттихенит, золото самородное, серебро самородное, висмут самородный, теллур самородный, полибазит-пирсеит (?) и целая группа теллуридов—алтаит, теллуровисмутит, гессит, петцит, кренберит, тетрадимит. Отложение минералов в этой стадии происходило в низкотемпературных условиях, на что указывает состав образующих минералов, в особенности наличие карбоната, халцедоноподобного кварца и теллуридов. В настоящее время руды кварц-карбонат-сфалерит-галенитовой стадии минерализации не представляют промышленного интереса.

*Карбонат-халцедоновая стадия минерализации* широко проявлена в рудном поле и пространственно обособилась в более поздних трещинах, поэтому прожилки карбонатного, карбонат-халцедонового и халцедонового состава пересекают, а местами и смещают кварц-сульфидные и сульфидные прожилки и обычно замещают породообразующие и рудообразующие минералы. Карбонат и халцедон развиты в прожилках в переменных количествах, в одних случаях заметно преобладает карбонат, в других—халцедон. Карбонаты (иногда с примесью халцедона) образуют прожилки и от-

дельные скопления, содержащие очень убогую сульфидную минерализацию в виде тонких прожилков и вкрапленников пирита, галенита, реже халькопирита и сфалерита. Из карбонатов наибольшее распространение имеет анкерит. Мономинеральные халцедоновые прожилки и маломощные (до 0,5 м) жилы имеют сравнительно с карбонатом небольшое развитие и, большей частью, встречаются на Северо-восточном участке месторождения.

*Ангидрит-гипсовая стадия минерализации* выделена А. Г. Казаряном, К. А. Карамяном и А. С. Фарамазяном и имеет небольшое, локальное распространение в рудном поле месторождения. Гипс-ангидритовая минерализация в виде маломощных прожилков, жил и отдельных гнездообразных скоплений сравнительно интенсивно проявлена на западном фланге Центрального участка месторождения, в особенности в шт. 38, где по данным вышеуказанных исследователей, образует зону прожилков среди измененных, интенсивно трещиноватых рассланцованных пород. Около гипсовых прожилков и гнездообразных тел отмечаются четкие ореолы гидротермального изменения, представленные огипсованием и хлоритизацией.

## 2) Краткое описание жильных минералов

В рудном поле Каджаранского месторождения жильные минералы имеют широкое развитие и представлены, в основном, кварцем, карбонатами и гипсом.

Кварц является наиболее широко распространенным жильным минералом. Он слагает мощные жилы и прожилки и встречается во всех стадиях минерализации в различных парагенетических ассоциациях минералов. Среди жильных и рудообразующих минералов кварц является ранним и представлен большей частью молочно-белым цветом с крупнокристаллическим строением. Обычно кварц заполняет пустоты и трещинки в породе, проникает между зернами породообразующих минералов и образует сростания с магнетитом, пиритом, гематитом, молибденитом, халькопиритом и другими сульфидами.

Наиболее поздние формы проявления кварца представлены в виде кварц-карбонатных (с полиметаллическим оруденением), карбонат-халцедоновых (безрудных) жил и прожилков. В этих образованиях наибольшим развитием пользуется скрытокристаллическая разновидность кварца—халцедон.

В результате тектонических подвижек, имевших место в процессе рудообразования, кварц сильно раздроблен и трещинки дробления заполнены сульфидами, хлоритом, серицитом и карбонатами.

Взаимоотношения кварца и карбоната довольно сложные и разнообразные; в одних случаях идиоморфные кристаллы кварца сцементированы карбонатом, в других случаях отмечаются тесные сростания кварца с карбонатом и взаимные пересечения.

Карбонаты развиты, главным образом, в виде жил, прожилков и, реже, отдельными скоплениями. Они местами содержат сульфидное оруденение в виде прожилков и вкрапленников халькопирита, пирита, сфалерита, галенита. Как правило, карбонатные прожилки секут рудовмещающие, жильные породы и кварцево-сульфидные прожилки.

Исследованиями С. А. Мовсисяна, М. П. Исаенко, Г. О. Пиджяна и др. установлено, что наиболее широко распространены Са, Mg, Fe карбонат-анкерит, который является одним из главных жильных минералов в кварц-карбонатных, карбонатных и карбонат-халцедоновых жилах и прожилках. Он характеризуется серым цветом с различными оттенками и неправильными и ромбоэдрическими формами. Обычно анкерит замещается и пересекается сидеритом, кальцитом и халцедоном.

Таблица 4

Результаты химических анализов карбонатов

№№ п/п	Номера проб	Место взятия и характеристика пробы	Окислы в %				
			CaO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	MnO	п.п.п
1	28	Шт. 38, кварц-карбонатная жила	25,46	5,64	14,93	0,32	30,77
2	219	Шт. 38, карбонат-полиметаллическая жила	29,91	4,34	18,36	0,60	36,62
3	213	Шт. 38, кварц-карбонатная жила	32,28	3,25	18,87	0,23	45,63
4	136	Давачи, карбонатный прожилков в дачной породе	18,78	6,33	10,12	0,16	29,32

Гипс представлен в виде прожилков и гнездообразных выделений и имеет сахаровидную, зернистую структуру. Поскольку гипс является наиболее поздним образованием, он цементирует разведенные выделения сульфидов и кварца различных стадий минерализации.

### 3) Гидротермально измененные рудовмещающие породы

В рудном поле Каджарана гидротермально измененные породы имеют широкое развитие и обычно тянутся зонами вдоль даек жильных порфиров и мощных кварцевых жил. Степень гидротермального изменения различная в зависи-

мости от структуры участка и состава вмещающих пород.

Специальные исследования по изучению околорудно-измененных пород проводил А. Г. Казарян, который выделяет три этапа преобразования пород: а) ранние метасоматические изменения, связанные с позднемагматическим этапом формирования интрузива; б) гидротермальные изменения,

Стадии минерализации	Процессы изменения	Интенсивность проявления
<i>Палеошпат-кварц-магнетитовая</i>	<i>Окварцевание Палеошпатизация</i>	----- -----
<i>Кварц-молибденитовая</i>	<i>Серцитизация Глоритизация</i>	----- ---
<i>Кварц-халькопирит-молибденитовая</i>	<i>Серцитизация Окварцевание Глоритизация</i>	----- ----- -----
<i>Кварц-пиритовая</i>	<i>Серцитизация Окварцевание Пиритизация</i>	=====
<i>Кварц-халькопиритовая</i>	<i>Серцитизация Окварцевание биотитизация Пиритизация Глоритизация</i>	----- ----- ----- ----- -----
<i>Кварц-карбонат-сфалерит-галенитовая</i>	<i>Серцит Окварцевание Пиритизация</i>	----- ----- -----
<i>Карбонат-халькопиритовая</i>	<i>Карбонатизация Железистизация</i>	----- -----
<i>Ангидрит-гипсовая</i>	<i>Огипсование Глоритизация</i>	----- -----

Интенсивность проявления:

----- слабая,                      ----- средняя  
----- сильная,                      ----- очень сильная

Длина линии указывает относительное распространение процесса изменения в рудном поле

Фиг. 3. Процессы гидротермальных изменений и интенсивность их проявления по стадиям минерализации. Каджаранское месторождение.

сопровождающие отдельные стадии рудной минерализации и в) пострудные изменения.

А. Г. Казарян считает, что аргиллизация полностью имеет пострудное-гипергенное происхождение, с чем нельзя согласиться. Наблюдения показывают, что процессы аргиллизации, хотя и действительно не синхронны с главными рудообразующими стадиями минерализации, однако близки по времени образования к безрудной карбонат-халцедоновой стадии минерализации. Аргиллизация широко развита именно на тех участках и зонах рудного поля, где имеется наложение более поздних карбонатных и карбонат-халцедоновых жил и прожилков. Обычно в зальбандах карбонатных жил и прожилков отмечается процесс каолинизации.

Таким образом, можно с уверенностью считать, что некоторая часть процессов аргиллизации в Каджаране имеет гипогенное, а преобладающая—гипергенное происхождение.

На основании данных А. Г. Казаряна, А. С. Фарамазяна и наших наблюдений, на фиг. 3 приводится характер гидротермального изменения вмещающих пород по отдельным стадиям минерализации.

#### 4) Супергенные минералы

В Каджаранском месторождении зона окисления выражена довольно четко, однако с различной интенсивностью для отдельных участков. Образованию зоны окисления способствовали многочисленные факторы, среди которых наиболее важными являются: интенсивно проявляющаяся пострудная тектоника, в результате чего рудовмещающие породы месторождения сильно раздроблены и трещиноваты (по крутопадающим трещинам поверхностные воды циркулируют до глубины 200 м и более), геоморфологические особенности рудного поля, континентальные климатические условия района и химизм подземных рудничных вод.

Мощность зоны окисления на Центральном участке колеблется в пределах от 30 до 55 м. В основном, граница зоны окисления проходит на уровне горизонта 2175 м с колебаниями в пределах до 10—15 м для отдельных участков. Наиболее глубоко—150—200 и более метров опускается зона окисления вдоль жильных порфиров и крупных тектонических трещин.

Между зонами окисления и вторичного сульфидного обогащения не существует резкого разграничения. Вторичные сульфиды меди встречаются в большом интервале—от 30 до 200 м от поверхности. Наибольшее распространение они имеют на горизонте 2175 м. Данные пробуренных скважин подтверждают наличие вторичных сульфидных минералов на

большой глубине, приуроченных к зонам дробления и к тектоническим нарушениям.

В зоне окисления Каджарана среди нацело окисленных и полуокисленных руд отмечаются участки неокисленных сульфидных руд обычно со слабой заохренностью и частичным разрушением.

Таблица 5  
Минеральный состав руд Каджаранского месторождения

Распространенность минералов	№№ п/п	Гипогенные минералы			№№ п/п	Супергенные минералы
		Рудные	№№ п/п	Жильные		
1	2	3	4	5	6	7
Главные	1	Халькопирит	1	Кварц	1	Лимонит
	2	Молибденит	2	Анкерит	2	Малахит
	3	Пирит	3	Каолинит	3	Каолинит (диккит)
	4	Сфалерит	4	Гипс	4	Лампадит
	5	Галенит	5	Калишпат	5	Гетит
	6	Магнетит	6	Серицит	6	Гидрогетит
Второстепенные	7	Гематит	8	Биотит	8	Азурит
	8	Борнит	9	Адуляр	9	Ярозит
	9	Энаргит	10	Сидерит	10	Борнит
	10	Людонит	11	Кальцит	11	Ковеллин
	11	Теннантит			12	Халькозин
	12	Тетраэдрит			13	Гидрогематит
					14	Гипс
					15	Куприт
					16	Галлуазит
					17	Феррокупрохалькантит
					18	Хризоколла
					19	Стильпноцидерит
				20	Турьит	
Редкие	13	Висмутин			21	Повеллит
	14	Рутил			22	Ферримолибдит
	15	Галеновисмутит			23	Брошантит
	16	Ильменит*			24	Эпидот
	17	Виттихенит			25	Хлорит
	18	Алтаит			26	Халькантит
	19	Гессит			27	Самородная медь
					28	Церуссит

1	2	3	4	5	6	7
Очень редкие	20	Самородное золото*			29	Барит
	21	Пирротин (?)			30	Мелантерит
	22	Шеелит			31	Смитсонит
	23	Бурнонит			32	Фиброферрит
	24	Аргентит			33	Эозит ?/
	25	Эмплектит*			34	Каламин
	26	Теллурувисмутит			35	Корнуит
	27	Теллур самород.			36	Тенорит (?)
	28	Висмут самород.			37	Виллемит (?)
	29	Серебро самород.*				
	30	Петцит				
	31	Айкинит				
	32	Креннерит				
	33	Станнин (?)				
	34	Тетрадимит				
	35	Мушкетовит				
	36	Линнеит (?)				
	37	Зигенит (?)				
	38	Штернбергит (?)				
39	Полибазит-пирсеит (?)					

\* Минералы, установленные впервые автором.

Супергенные образования представлены тонкими корочками, прожилками, налетами, примазками, дендритами и землистой охристой массой.

Специальные исследования по изучению минералов зоны окисления проводила Е. А. Акоюн (1960), которая впервые установила и детально описала многочисленные супергенные минералы. В зоне окисления Каджарана широко распространена вся группа водных окислов железа—различные лимониты, малахит, лампадит, каолинит, медно-марганцевая смоляная руда.

## 2. АГАРАКСКОЕ МЕДНО-МОЛИБДЕНОВОЕ МЕСТОРОЖДЕНИЕ

### а) ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Агаракское медно-молибденовое месторождение находится в Мегринском районе к северо-западу от райцентра с. Мегри.

Месторождение разведывалось и эксплуатировалось еще в древности; имеются сведения, что с 1846 года по 1913 г. с перерывами добывалось небольшое количество медной руды, которая плавилась на месте.

На Агаракском месторождении разведочные работы начались в 1932 г. под руководством Г. М. Арутюняна. Далее месторождение изучали и разведывали А. В. Кржечковский и И. В. Барканов. В 1934 году разведочные работы были

приостановлены, и только с 1943 г. начались систематические разведочные работы, которые продолжались до конца 1952 года. За этот период разведочными работами руководили А. Г. Читахян, Н. А. Фокин и А. М. Аветисян. Исследования по изучению структуры рудного поля проводил Г. М. Сластушенский, минералогии руд—М. П. Исаенко, минералогии зоны окисления—Е. А. Акопян (1960).

Начиная с 1956 г. в течение многих лет автор проводил специальные минералого-геохимические исследования по изучению геохимии руд и характера распределения редких элементов.

Многие годы изучением геологии, структуры и минерализации рудного поля Агарака занимаются сотрудники Зангезурской базы Института геологических наук АН Армянской ССР под руководством К. А. Карамяна.

На базе Агаракского месторождения построен медно-молибденовый комбинат, который с 1963 г. выпускает медные и молибденовые концентраты. Месторождение разрабатывается открытым способом.

#### б) ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ И ОСОБЕННОСТИ СТРУКТУРЫ РУДНОГО ПОЛЯ

Агаракское медно-молибденовое месторождение приурочено к вытянутой в меридиональном направлении полосе сиенито-гранитов.

В геологическом строении месторождения принимают участие, главным образом, интрузивные породы, представленные габбро-амфиболитами, диоритами, монцонитами, сиенито-гранитами, порфиroidными гранодиоритами и гранодиорит-порфирами, которые на отдельных участках покрыты осадочными образованиями—песчаниками, красными брекчиями, древним аллювием и современными делювиальными и аллювиальными отложениями.

К северо-западу от месторождения развиты габбро-амфиболиты, характеризующиеся отчетливо выраженной такситовой текстурой. На широте с. Гудемнис они контактируют с роговообманковыми диоритами, а последние к юго-востоку постепенно переходят в гранодиориты; к востоку от Агаракского месторождения широко распространены породы монцонитовой интрузии, которые характеризуются незначительным содержанием кварца, отчетливо выраженным идиоморфизмом основного плагиоклаза (до 60% породы), калиевым полевым шпатом и темноцветными минералами (роговая обманка и биотит). Особенностью монцонитов является присутствие в них большого количества меланократовых ксенолитов, широко развитых в периферических частях массива.

В центральной части месторождения наиболее широко распространены сиенито-граниты, представляющие краевую фацию массива монцонитов и кварцевых монцонитов. Переход от кварцевых монцонитов к сиенито-гранитам, большей частью, постепенный и характеризуется уменьшением количества темноцветных минералов и увеличением калиевого полевого шпата за счет плагиоклаза и кварца.

Сиенито-граниты являются рудовмещающими породами месторождения. Они интенсивно гидротермально изменены, окварцованы, хлоритизированы, серицитизированы и содержат вкрапленники и прожилки сульфидов. Окварцованность породы местами доходит до такой степени, что она превращается во вторичный кварцит. В сиенито-гранитах широко развиты меланократовые ксенолиты, которые, по-видимому, представляют остатки кровли порфириров, захваченных, но не ассимилированных сиенито-гранитами при их внедрении. Под воздействием тектонических процессов сиенито-граниты раздроблены многочисленными трещинами на мелкие остроугольные обломки, чем и резко отличаются от других пород, развитых в рудном поле месторождения.

Гранодиориты представляют собою крупнозернистую породу, состоящую из полевых шпатов, кварца, роговой обманки и биотита. В рудном поле Агарака гранодиориты не содержат прожилково-вкрапленное оруденение.

Среди сиенито-гранитов в меридиональном направлении залегает шток гранодиорит-порфира, пересекающий ущелье Айдараси и протягивающийся по западному борту Спетринского ущелья. Мощность штока около 200 м, по простиранию вытянут на 600 м и падает на запад под углом 65—70°.

Гранодиорит-порфиры являются основными рудовмещающими породами Агаракского месторождения. Они, подобно сиенито-гранитам, сильно изменены—окварцованы, серицитизированы, каолинизированы, раздроблены, перемяты, брекчированы и пронизаны вкрапленниками и прожилками сульфидов. В гранодиорит-порфирах ксенолиты встречаются весьма редко и небольших размеров.

На участке Агаракского месторождения развиты песчано-углистые отложения среднего плиоцена, обнажающиеся в районе шт. 31. Они представлены песчаниками с прослоями глинистого материала и с редкими пропластками смолистого угля.

Древние аллювиальные отложения представлены крупными, хорошо окатанными валунами и гальками гранодиорита, сцементированными дресвой гранодиоритового состава. В районе шт. 37 аллювиальные отложения обнажаются из-под красной брекчии.

Над древними аллювиальными отложениями залегает

черная брекчия, представленная слабо окатанными обломками сиенито-гранитов, сцементированными песчанистой массой, пропитанной вторичными медными минералами. Черная брекчия в виде отдельных небольших участков встречается в ущельях рр. Агарак, Айдараси. В черной брекчии содержание меди достигает местами до 2%, однако в связи с незначительным развитием промышленного интереса не представляет.

Над черной брекчией залегает красная брекчия, которая имеет довольно широкое распространение. В пределах Центрального участка месторождения красная брекчия слагает юго-восточные обрывы Спетринского ущелья, образуя отвесные скалы. В горных выработках установлены тектонические контакты красной брекчии с гранодиорит-порфиром (шт. 40) и сиенито-гранитом (шт. 56). При этом интрузивные породы надвинуты на красную брекчию.

Красная брекчия состоит из слабо окатанных обломков сиенитогранита, сцементированных глинисто-железистым цементом кирпично-красного цвета. В Спетринском ущелье в красной брекчии встречаются обломки пород, содержащие вторичные медные минералы (халькозид, борнит). Этот факт указывает, что красная брекчия образовалась после процессов рудоотложения.

В районе месторождения широкое распространение имеют современные аллювиально-делювиальные отложения.

Рудное поле Агаракского месторождения имеет очень сложное тектоническое строение; оно заключено между двумя почти параллельными разломами, имеющими противоположные азимуты падения. К западу от рудного поля в пределах массива гранодиоритов проходит Агаракский разлом по азимуту северо-восток  $20-40^\circ$ , с падением на восток под углом  $60-75^\circ$ . Этот разлом представляет продолжение регионального Дебаклинского разлома и в пределах Агаракского месторождения образует зону интенсивно раздробленных, перемятых и осветленных пород мощностью до  $100-120$  м. К востоку от зоны промышленного оруденения, среди сиенито-гранитов, протягивается Спетринский разлом, имеющий меридиональное простирание, с падением на запад под углом  $30-65^\circ$ . Разлом представляет зону раздробленных, брекчированных, перетертых пород, с присутствием местами гнезд и желваков сульфидов, мощностью до  $10-12$  м. Спетринский разлом имеет надвиговый характер, что доказывается следующими фактами: в районе штолен 22 и 37 по шву разлома сиенито-граниты надвинуты на древний аллювий; в восточном штреке шт. 31 сиенито-граниты висячего бока надвинуты на сиенито-граниты лежащего бока и между ними зажата пачка плиоценовых угленосных

песчаников, а в восточном штреке шт. 40 сиенито-граниты надвинуты на красную брекчию.

В районе Агаракского месторождения контакты интрузивных пород имеют тектонический характер. Особенно отчетливо выражены западный и восточный контакты штока гранодиорит-порфира с сиенито-гранитами и контакт между сиенито-гранитами и гранодиоритами.

Кроме указанных разломов, в рудном поле Агарака широко развиты зоны дробления с северо-восточным простиранием и северо-западным падением под крутыми углами. Именно по этим брекчированным зонам в многочисленных мелких трещинках и порах отлагаются кварц-сульфидные прожилки и вкрапленность сульфидов. Наблюдается прямая зависимость интенсивности оруденения от степени дробления пород.

В пределах нарушенных зон отмечаются многочисленные трещины, смещающие кварцевые и кварц-сульфидные прожилки. Эти трещины заполнены глиной притирания. Крупные и мелкие трещины широтного простирания, главным образом, имеют сбросо-сдвиговой характер и являются пострудными. По этим крупным широтным тектоническим трещинам возможно происходило смещение богатой оруденелой зоны северного и южного флангов месторождения. Рудное поле Агарака рассечено бесчисленным количеством трещин, раздробивших гранодиорит-порфиры и сиенито-граниты.

Таким образом, существующий фактический материал и наши исследования показывают, что региональный Дебалинский разлом не контролирует оруденения Агарака и нет никакой связи между разломом и оруденением. Оруденение Агаракского месторождения контролируется зонами дробления и брекчирования пород, образованными в результате скальывающих усилий, сопряженных с Спетринским надвигом. Последний ограничивает оруденение к востоку, служит экраном (локализует оруденение в висячем боку) и является результатом наложения нескольких фаз тектонической деятельности, имевших место до рудообразования, в течение рудоотложения и после него.

Рудное поле Агарака делится на три участка: Центральный, Северный и Южный.

Руды месторождения относятся к прожилково-вкрапленному типу, причем во всех участках прожилковый тип имеет подчиненное значение. Главными и ценными компонентами руды являются медь и молибден, представленные в виде халькопирита и молибденита. Широко развиты в рудном поле кварцевые прожилки небольшой мощности—до 1—3 см, часто с оруденением халькопирита, молибденита и пирита.

Геолого-разведочными работами установлено, что наи-

большая концентрация рудных минералов проявляется в пределах Спетринского ущелья—вдоль восточного контакта гранодиорит-порфиров с сиенито-гранитами. По мере удаления от этого контакта к западу оруденение постепенно слабеет. В лежащем боку Спетринского разлома оруденение меди и молибдена не установлено. Во всех выработках отмечается повышенное содержание металлов вдоль висячего бока Спетринского разлома.

#### в) СТАДИИ МИНЕРАЛИЗАЦИИ И МИНЕРАЛЬНЫЙ СОСТАВ РУД

На основании анализа всего накопленного материала по минеральному составу, текстурно-структурным особенностям руд, взаимоотношениям различных по составу прожилков нами выделяются следующие стадии минерализации в процессе формирования Агаракского медно-молибденового месторождения: 1) кварц-магнетитовая; 2) кварц-молибденитовая; 3) кварц-халькопирит-молибденитовая; 4) кварц-пиритовая; 5) кварц-халькопиритовая; 6) кварц-карбонат-сфалерит-галенитовая и 7) кварц-карбонатная (безрудная).

*Кварц-магнетитовая стадия минерализации* имеет незначительное распространение, проявляется только на отдельных участках и приурочена, главным образом, к контактовым зонам сиенито-гранитов и гранодиорит-порфиров и реже—к контактовым участкам отдельных даек жильных порфиров. Минерализация в этой стадии начинается выносом из магматического очага серы, железа, титана, кремния и частично молибдена и меди. В результате реакций этих элементов между собой и с кислородом во вмещающих породах образуются кварц-магнетитовые прожилки, содержащие пирит, ильменит, рутил, гематит, халькопирит, борнит, и редко крупночешуйчатый молибденит. Из нерудных минералов широко развиты кварц и биотит; последний тесно ассоциирует с магнетитом. В связи с тем, что молибденит и халькопирит выделяются позже, они замещают магнетит и пирит. На отдельных участках месторождения в этой стадии были образованы магнетит-халькопиритовые руды в виде небольших гнездообразных тел и тонких прожилков.

*Кварц-молибденитовая стадия минерализации* имеет широкое распространение в рудном поле и важное значение по привносу главной массы молибдена. Она началась в условиях нового пароксизма тектонических напряжений, в результате чего образовались трещины и раздробленные зоны, которые заполнялись кварцем, несущим оруденение молибдена. Мощность кварц-молибденитовых прожилков обычно не превышает 2—3 см. Редко встречаются жилы,

мощность которых более 10 см. Местами развиты также тонкие мономинеральные прожилки молибденита.

Минерализация этой стадии представлена, главным образом, молибденитом, совместно с которым (в незначительном количестве) встречаются халькопирит, пирит, борнит и изредка магнетит, гематит, сфалерит, энаргит.

Молибденит — среднемелкочешуйчатый и обычно образует скопления по зальбандам кварцевых прожилков. Очень характерна ассоциация молибденита с кварцем и прямая зависимость между степенью окварцования и дробления породы, с одной стороны, и насыщенностью молибденитом — с другой. Часто отмечается чередование полосок кварца и молибденита с образованием полосчатой текстуры. Как правило, молибденит образует прожилки и секущие зерна в кварце.

Химическими и спектральными анализами в молибденитах установлены высокие и повышенные содержания рения, селена, теллура и примеси железа, марганца, титана, меди, свинца, серебра, цинка и германия. Изучение показало, что крупночешуйчатые разности молибденитов в 2—3 раза больше содержат рения, селена и теллура, чем мелкочешуйчатые разности. Среднее содержание указанных элементов в крупночешуйчатых разностях молибденита составляет: Re—0,0807%, Se—0,1075%, и Te—0,0075% (из двух проб), а в мелкочешуйчатых разностях молибденита: Re—0,0356%, Se—0,0295%, Te—0,0033% (из 6 проб).

Халькопирит представлен неправильными формами выделения и ассоциирует с пиритом, молибденитом и энаргитом. Он часто развивается по спайности молибденита.

*Кварц-халькопирит-молибденитовая стадия минерализации* имеет широкое распространение в рудном поле и является важной и ценной. Именно в этой стадии были образованы прожилково-вкрапленные медно-молибденовые руды, представляющие большой промышленный интерес. Пространственно минерализация этой стадии обособилась как в сиенито-гранитах, так и гранодиорит-порфирах. Тектонические подвижки создали новые системы трещин. Раздробленные зоны в рудовмещающих породах, северо-западного простирания сложены медно-молибденовыми рудами, прожилки которых, будучи более поздними образованиями, пересекают кварц-молибденитовые и мономинеральные молибденитовые прожилки.

Минерализация этой стадии характеризуется сложным составом — совместно с молибденитом, халькопиритом встречаются пирит, борнит, арсенопирит, сфалерит, теннантит, энаргит, люционит, висмутин, виттихенит, эмплектит,

Таблица 6

Содержание элементов-примесей в главных рудообразующих минералах  
Агаракского месторождения по стадиям минерализации

Стадии минерализации и минералы	Рений		Селен		Теллур		Висмут		Германий		Серебро	
	кол-во хим. анал.	Среднее содерж. в %	Кол-во хим. анал.	Среднее содерж. в %	Кол-во хим. анал.	Среднее содерж. в %	Кол-во хим. анал.	Среднее содерж. в %	Кол-во хим. анал.	Среднее содерж. в %	Кол-во хим. анал.	Среднее содерж. в %
Кварц-молибденовая												
1 Молибденит	8	0,0469	8	0,0490	8	0,0043	1	не обн.	2	0,00015	4	0,0002
Кварц-халькопирит-молибденовая												
1 Молибденит	2	0,0760	2	0,0610	2	0,0052	1	0,001	—	—	2	0,0003
2 Халькопирит	4	0,00012	4	0,0091	4	0,0029	2	0,0067	4	0,00036	4	0,0115
3 Пирит	1	не обн.	1	0,0042	1	0,0008	1	1,001	1	0,0001	1	не обн.
Кварц-пиритовая												
1 Пирит	2	0,00003	2	0,0060	2	0,0020	2	0,0018	2	0,00021	4	0,0003
Кварц-халькопиритовая												
1 Халькопирит	2	0,00004	2	0,0125	2	0,0037	2	0,0088	2	0,0007	2	0,0103

самородное золото, самородное серебро. Из жильных минералов широко развит кварц, совместно с которым изредка встречается карбонат (анкерит).

Молибденит и халькопирит являются главными минералами прожилок и очень тесно ассоциируют друг с другом. Выделения молибденита окаймляются и разъедаются халькопиритом. Местами в полях халькопирита развиты чешуйки молибденита. Количественные соотношения молибденита и халькопирита в прожилках весьма различные. Обычно халькопирита немного больше, чем молибденита.

Результаты химических анализов (табл. 6) показывают, что молибдениты характеризуются высоким содержанием теллура, селена, а также повышенным содержанием меди, серебра, висмута. Причем крупночешуйчатый молибденит содержит вдвое больше селена, чем мелкочешуйчатый молибденит. Халькопириты также содержат примеси селена, теллура, висмута, серебра и рения.

*Кварц-пиритовая стадия минерализации* по сравнению с кварц-молибденитовой и кварц-халькопирит-молибденитовой стадиями имеет небольшое развитие, однако встречается во всех участках месторождения. Она представлена маломощными (обычно 2—5 см и редко 10 см и более) кварц-пиритовыми прожилками, а также гнездообразными скоплениями и вкрапленниками пирита в кварцевой массе и в измененных породах. На отдельных участках отмечается наложение кварц-пиритовой стадии минерализации на более ранние стадии минерализации. В горных выработках отчетливо наблюдается пересечение кварц-молибденитовых и кварц-халькопирит-молибденитовых прожилок кварц-пиритовыми.

Минерализация этой стадии характеризуется простым составом; главными минералами являются кварц и пирит, местами совместно с пиритом встречаются халькопирит, молибденит и редко пирротин. Из нерудных минералов совместно с кварцем отмечаются карбонаты.

*Кварц-халькопиритовая стадия минерализации* широко развита во всех участках рудного поля и является важной и ценной в промышленном отношении. Именно в этой стадии минерализации привносится большая часть меди и, в целом, завершается процесс образования промышленных медно-молибденовых и медных руд. Минерализация представлена кварц-халькопиритовыми, мономинеральными халькопиритовыми прожилками и вкрапленностью халькопирита в измененных породах. В прожилках халькопирит и кварц присутствуют в переменных количествах. Халькопирит, большей частью, занимает центральную часть прожилка и запол-

няет пустоты, образуя гнездообразные скопления, а иногда развит в призальбандовых участках.

Минерализация этой стадии представлена, в основном, кварцем и халькопиритом, совместно с которыми встречаются пирит, молибденит, борнит, арсенопирит, энаргит, люцит, висмутин, виттихенит, эмплектит, сфалерит, теннантит, самородное золото, самородное серебро, галенит, рутил, самородный висмут, кубанит (?), тетрадимит, теллуровисмутит.

Халькопирит представлен прожилками, гнездообразными скоплениями и вкрапленниками. Наиболее тесные сростания он образует с пиритом, энаргитом и борнитом.

Самородный висмут, тетрадимит и теллуровисмутит, а также кубанит (?) впервые обнаружены автором.

Самородный висмут представлен в виде отдельных мельчайших выделений в кварце и халькопирите; в последнем—в ассоциации с висмутином и медно-висмутовыми минералами.

Тетрадимит и теллуровисмутит установлены в полях халькопирита, лимонита и малахита в виде мельчайших выделений и пластинок.

Кубанит (?) обнаружен в полях халькопирита в виде мельчайших выделений в тесной ассоциации с пирротинном.

*Кварц-карбонат-сфалерит-галенитовая стадия минерализации* проявилась только на отдельных участках месторождения (шт. 57, 5, 31 и др.) в виде маломощных полиметаллических прожилков.

Из рудных минералов в этой стадии широко развиты сфалерит, галенит, пирит и халькопирит, совместно с которыми встречаются теннантит, тетраэдрит, энаргит, люцит, молибденит и аргентит. Из жильных минералов большое развитие имеют кварц и карбонаты.

*Кварц-карбонатная стадия минерализации* пространственно обособилась в наиболее поздних трещинах, поэтому, как правило, их прожилки пересекают и часто смещают кварц-сульфидные прожилки. Эта стадия является безрудной и, в сущности, завершает гидротермальную деятельность магматического очага. В кварц-карбонатных прожилках в одних случаях заметно преобладает кварц, в других—карбонаты. В рудном поле развиты также почти мономинеральные кварцевые и карбонатные прожилки, не содержащие сульфидное оруденение.

Кварц в этой стадии минерализации представлен серым, темно-серым цветом и местами халцедоновидный. Исследования показали, что карбонат относится к анкериту и частично к кальциту.

# СХЕМА

## последовательности выделения минералов по стадиям минерализации

(Составил Г.О. Пнджян)

№ п/п	МИНЕРАЛЫ	Стадии минерализации						
		I Кварц-магнетитовая	II Кварц-молибденитовая	III Кварц-халькопирит-молибденитовая	IV Кварц-пиритовая	V Кварц-халькопиритовая	VI Кварц-карбонат-сфалерит-галени-то-вая	VII Кварц-карбонатная
1	Кварц	—	—	—	—	—	—	—
2	Магнетит	—	---					
3	Ильменит	---						
4	Рутил	---						
5	Пирит	—	—	—	—	—	—	—
6	Гематит	—	---					
7	Молибденит	---	—	—	---			
8	Халькопирит	---	—	—	—	—	—	—
9	Борнит	---	---	—	—	—	—	—
10	Сфалерит		---	---	---	—	—	—
11	Эноргит		---	---	---	—	—	—
12	Арсенопирит		---	---	---	—	—	—
13	Теннантит			---	---	—	—	—
14	Люцит			---	---	—	—	—
15	Висмутин			---	---	—	—	—
16	Самородное золото			---	---	—	—	—
17	Самородное серебро			---	---	—	—	—
18	Виттихенит			---	---	—	—	—
19	Эмплектит			---	---	—	—	—
20	Пирротин				---			
21	Самородный висмут				---			
22	Кубанит (?)					---		
23	Галенит					---	—	—
24	Тетрадимит					---	---	---
25	Теллурависмутит					---	---	---
26	Тетраздрит						---	---
27	Аргентит						---	---
28	Анкерит			---	—	—	—	—
29	Кольцит				---	---	---	---

Распространенность минералов и их сравнительные количества в прожилках

— Широко распространенные  
(5-10% и более)

— Распространенные  
(1-5%)

---- Редко встречающиеся  
(до 1%)

Фиг. 4. Агаракское месторождение

Жильные минералы в рудном поле Агаракского месторождения имеют широкое развитие и представлены, в основном, кварцем и карбонатами.

Кварц является наиболее широко распространенным минералом и слагает многочисленные прожилки, несущие сульфидное оруденение. Он встречается во всех стадиях минерализации в различных парагенетических ассоциациях минералов. По цвету, оттенку и по структуре отмечаются многочисленные разности кварца. Наиболее ранний кварц имеет молочно-белый цвет и крупнокристаллическое строение. Поздние формы проявления кварца представлены в виде кварц-карбонатных прожилков и безрудного халцедонового кварца.

Карбонаты сравнительно с кварцем имеют небольшое развитие. Они встречаются, главным образом, в виде прожилков и местами содержат сульфидное оруденение. Обычно карбонатные прожилки секут рудовмещающие породы и кварц-сульфидные прожилки. Среди карбонатов широко развиты анкерит, менее—кальцит и сидерит.

#### Гидротермально измененные рудовмещающие породы

В рудном поле Агарака широко развиты зоны гидротермально измененных пород как среди гранодиорит-порфиров, так и сиенитогранитов. Интенсивность изменения различна для отдельных участков и, в основном, зависит от структуры участка, состава вмещающих пород и характера минерализации. Нами выделяются следующие главные разновидности измененных пород: **кварц-серицитовые, кварц-серицит-хлоритовые, кварц-серицит-карбонатные и карбонат-каолинитовые.** По зальбандам кварцево-рудных прожилков обычно образуются каемки серицито-кварцевых пород, которые сменяются карбонат-каолинитовыми разностями.

Исследования показали, что степень интенсивности изменения вмещающих пород различна для отдельных стадий минерализации.

Кварц-магнетитовая стадия минерализации сопровождается очень слабым окварцеванием. Кварц-молибденитовая—слабой серицитизацией и местами незначительной хлоритизацией. Кварц-халькопирит-молибденитовая—ясно выраженным окварцеванием, серицитизацией и слабой хлоритизацией. Кварц-пиритовая—интенсивной серицитизацией, пиритизацией и окварцеванием. Кварц-халькопиритовая—ясно выраженной серицитизацией, окварцеванием и слабой пиритизацией, хлоритизацией. Кварц-карбонат-сфалерит-галенитовая—слабой серицитизацией, окварцеванием и

частичной карбонатизацией. Кварц-карбонатная — интенсивной карбонатизацией и частичной аргиллизацией.

Таким образом, наиболее интенсивные гидротермальные изменения вмещающих пород связаны с кварц-пиритовой, кварц-халькопиритовой и кварц-карбонатной стадиями минерализации.

Пострудные изменения выражены, главным образом, аргиллизацией пород.

### Супергенные минералы

В рудном поле Агарака интенсивность зоны окисления различна для отдельных его участков. Четкой границы между сульфидными и окисленными рудами нет, так как на поверхности повсеместно, наряду с участками нацело окисленных руд, развиты также сульфиды, частично затронутые процессами окисления.

Раздробленность и трещиноватость рудовмещающих пород и континентальные климатические условия района в целом способствуют образованию окисленных руд, но иногда процессы эрозии опережают процессы окисления и выщелачивания.

Мощность зоны окисления крайне непостоянна и колеблется в пределах 5—10 м, достигая 20—30 м и более. Супергенные минералы проявляются и на более глубоких горизонтах месторождения; по отдельным трещинам и зонам нарушения проникают циркулирующие воды, которые на своем пути окисляют сульфиды.

Между зонами окисления и вторичного сульфидного обогащения резкого разграничения не существует. Наблюдаются постепенные переходы и тесные взаимоотношения. Вторичные сульфиды меди встречаются и на глубоких горизонтах месторождения, приурочиваясь к зонам дробления и тектоническим нарушениям.

Супергенные образования представлены тонкими корочками, прожилками, налетами, примазками, дендритами и землистой, охристой массой. Породы зоны окисления сильно раздроблены, заохрены, каолинизированы.

В зоне окисления широкое распространение имеют малахит, вся группа водных окислов железа — различные лимониты, азурит, халькантит и гипс. Менее развиты ярозит, лампадит, медно-марганцевая смоляная руда, ферримолибдит.

Минералы зоны вторичного сульфидного обогащения — халькозин, ковеллин и борнит распространены повсеместно, но в небольших количествах. Они тесно ассоциируют с халькопиритом и борнитом.

Минералогию зоны окисления детально изучила Е. А.

Минеральный состав руд Агаракского месторождения

Распространенность минералов	№№ п/п	Гипогенные минералы			№— п/п	Супергенные минералы
		Рудные	№№ п/п	Жильные		
Главные	1	Халькопирит			1	Лимонит
	2	Молибденит	1	Кварц	2	Малахит
	3	Пирит	2	Анкерит	3	Азурит
	4	Магнетит				
Второстепенные	5	Гематит	3	Серицит	4	Лампадит
	6	Сфалерит	4	Хлорит	5	Гипс
	7	Галенит	5	Сидерит	6	Халькантит
	8	Борнит	6	Кальцит	7	Ярозит
	9	Энаргит	7	Биотит	8	Борнит
	10	Люцонит			9	Халькозин
	11	Теннантит			10	Ковеллин
Редкие	12	Висмутин			11	Куприт
	13	Арсенопирит			12	Псиломелан
	14	Пирротин			13	Си-Мп-смоляная руда
	15	Витихенит*			14	Кальцит
	16	Тетраэдрит*			15	Анкерит
	17	Ильменит*			16	Галлуазит
	18	Рутил*			17	Блёдит
Очень редкие	19	Эмплектит*			18	Ферримолибдит
	20	Самородное золото			19	Самородная медь
	21	Самородное серебро*			20	Самородная сера
	22	Аргентит*			21	Делафоссит
	23	Самородный висмут*			22	Брошантит
	24	Тетрадимит*			23	Мелантерит
	25	Теллуровисмутит*			24	Повеллит
26	Кубанит					

\* Минералы, впервые установленные автором.

Акопян (1960), которая впервые установила и описала лампадит, медно-марганцевую смоляную руду, анкерит, галлуазит и минерал из группы блёдита.

### 3. ДЖИНДАРИНСКОЕ МЕДНО-МОЛИБДЕНОВОЕ МЕСТОРОЖДЕНИЕ

#### а) ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Джиндаринское (медно-молибденовое месторождение расположено в 0,5 км южнее села Личк, на абсолютной высоте 1800 м, в долине ручья Джиндара—правого притока р. Мегри.

Месторождение известно издавна и исследовалось еще Л. К. Конюшевским (1911). В дальнейшем В. Г. Грушевой (1925) изучает месторождение и рекомендует произвести разведочные работы. В 1930—1931 гг. небольшие разведочные работы были произведены под руководством В. А. Шкрабо. Систематические разведочные работы на месторождении были начаты в 1948 г. и продолжались до 1958 г. За этот период разведочными работами руководили и составляли соответствующие отчеты Ж. М. Григорян, С. М. Лусян, А. М. Авакян, Р. Б. Ядоян, А. С. Арутюнян, Г. Г. Саакян и др.

В 1955 г. в районе Джиндаринского месторождения исследования проводили К. А. Карамян и А. Г. Казарян, которые осветили вопросы геологического строения, вещественного состава и условия образования Личкской группы месторождений.

Специальные минералого-геохимические исследования 1956—1958 гг. проводились автором. В результате этих работ впервые были выявлены геохимические особенности руд и характер распределения редких элементов в рудах и отдельных рудообразующих минералах.

В 1958 г. на месторождении завершились разведочные работы и на основании всего накопленного материала А. Е. Исаханян и Л. Г. Тер-Абрамян составили сводный отчет по месторождению.

#### б) ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ И ОСОБЕННОСТИ СТРУКТУРЫ РУДНОГО ПОЛЯ

В геологическом строении Джиндаринского месторождения принимают участие интрузивные породы, представляющие результат двух различных фаз внедрения Ордубадо-Мегринского плутона: монцитовой (монциты, кварцевые диориты, диориты) и более молодой, прорывающей монциты, фазы порфиroidных гранодиоритов. Контактная линия между монцититами и порфиroidными гранодиоритами имеет близкое к меридиональному простирание и падает на восток под углом 45—55°. По контакту вышеуказанных интрузий проходит зона тектонических нарушений (Дебаклин-

ский региональный разлом), которая отчетливо выражена на участке месторождения.

Гранодиориты по направлению к контакту с монцититами постепенно меняют свой облик и в эндоконтактовой зоне, приобретая отчетливую порфировую структуру, переходят в типичные гранодиорит-порфиры, характеризующиеся выделениями крупных порфировых вкрапленников среди мелкозернистой основной массы.

К. А. Карамян и А. Г. Казарян вначале считали, что гранодиорит-порфиры являются самостоятельным штокообразным телом, которое прорывает порфировидные гранодиориты; однако в результате дополнительных исследований пришли к выводу, что они представляют краевую часть интрузий порфировидных гранитов и связаны между собой постепенными переходами. При изучении керн скважин отмечается следующая особенность: с глубиной гранодиорит-порфиры постепенно переходят в порфировидные гранодиориты. По данным А. Е. Исахяна и Л. Г. Тер-Абрамяна гранодиорит-порфиры являются самостоятельным штоком, залегающим между порфировидными гранодиоритами и породами монцититовой интрузии.

Гранодиорит-порфиры являются главными рудовмещающими породами. Они представляют собой породу светло-серого цвета с типичной порфировой структурой.

Спектральный анализ свежего гранодиорит-порфира показал повышенные содержания  $\text{Cu}$ —0,03% и  $\text{Mo}$ —0,01%. В измененном оруденелом гранодиорит-порфире установлены высокие содержания  $\text{Cu}$ —1,0%,  $\text{Mo}$ —0,1—0,3%,  $\text{Pb}$ —0,03—0,1%,  $\text{Ag}$ —0,01% и  $\text{Ni}$ —0,001%.

Концентрация меди и молибдена в гранодиорит-порфирах варьирует в широких пределах. По данным химических анализов штучных проб из штолен 9, 10 и 11 (всего 10 проб) содержание меди составляет от 0,03—до 1—2%, а молибдена—от следов до 0,15%.

Порфировидные гранодиориты в рудном поле месторождения местами интенсивно изменены: окварцованы, хлоритизированы и содержат прожилково-вкрапленное сульфидное оруденение. На отдельных участках в гранодиоритах установлены промышленные концентрации меди и молибдена.

Химическими анализами в штучных пробах оруденелых гранодиоритов установлено: меди—от 0,1 до 0,96%, а молибдена—от следов до 0,01%. Спектральными анализами в оруденелых гранодиоритах обнаружены:  $\text{Mo}$ —0,001%,  $\text{Cu}$ —0,03%,  $\text{Pb}$ —0,003% и  $\text{Ag}$ —0,003%.

Породы монцититовой интрузии широко распространены

в восточной части рудного поля. Они характеризуются разнообразием состава и связаны между собой постепенными переходами.

В районе Джиндаринского месторождения развиты также вторичные кварциты и кварц-серицитовые породы, приуроченные к породам монцонитовой интрузии.

На северо-западном участке месторождения обнажается полоса окварцованных, брекчированных, карбонатизированных пород мощностью от 5 до 15 м, с простираем на северо-восток и падением на юго-восток под углом  $65-70^\circ$ .

В рудном поле месторождения встречаются также жильные породы, представленные диабазовыми порфиритами, диорит-порфиритами и аплит-пегматитами.

В районе месторождения небольшое развитие имеют породы Аревикской толщи, представленные глинисто-известковисто-песчанистыми отложениями с прослоями углестых сланцев.

Рудное поле месторождения имеет сложное тектоническое строение; оно заключено между двумя разломами северо-западного простираения. Крупные концентрации медных и медно-молибденовых руд контролируются зонами раздробленных окварцованных пород, развитых в эндоконтакте гранодиоритов. Наблюдается прямая зависимость интенсивности оруденения от степени дробления и окварцевания пород. Сильно раздробленные гранодиорит-порфиры являлись наиболее благоприятной средой для локализации оруденения.

На западном фланге месторождения проходит крупное тектоническое нарушение, которое четко выражено на поверхности и сопровождается зоной интенсивно раздробленных, перетертых каолинизированных пород мощностью 50—60 м, образовавшихся за счет гранодиоритов. В горных выработках зона разлома отчетливо отбивается в штреках 1 и 3 шт. 9. На 37 м штрека 3 начинается зона разлома трещиной, которая отделяет сильно окварцованные, интенсивно оруденелые породы от нацело каолинизированных перемятых, раздробленных пород. Зона разлома имеет северо-западное простираение и падает на северо-восток  $40^\circ$  под углом  $55-70^\circ$ . Вышеописанная зона разлома представляет собой южное продолжение регионального Дебаклинского разлома и рассматривается некоторыми исследователями как возникший в дорудный период важнейший структурно-геологический фактор в формировании Джиндаринского месторождения.

На восточном фланге месторождения зона разлома проходит по контакту монцонитов и порфиroidных грано-

диоритов. Она четко отбивается в шт. 10 (ствол) на интервале 227 м. Главная трещина разлома падает на юго-запад  $220^\circ$  под углом  $55-65^\circ$ . В зоне разлома породы сильно раздроблены, перемяты, глиноподобны и содержат брекчии и гальки интрузивных пород. На интервале 268 м отмечается вторая главная трещина с падением юго-запад  $230^\circ$  под углом  $65^\circ$ . Мощность зоны разлома в штольне составляет 41 м. Исследованиями устанавливается, что эта ветвь Дебаклинского регионального разлома также является пострудной и ничего общего не имеет с процессом рудообразования.

Оруденение Джиндаринского месторождения контролируется Личкским дорудным разломом северо-восточного простирания и другими более мелкими разломами, вдоль которых образовались зоны дробления с интенсивной минерализацией. В рудном поле отмечается двухкратное смещение Личкского разлома западной и восточной ветвями Дебаклинского регионального разлома.

На основании наблюдаемых пересечений различно ориентированных прожилков с различным минералогическим составом можно заключить, что формирование Джиндаринского месторождения протекало путем наложения на один и тот же участок ряда разновременных тектонических структур.

При документации штолен констатируется несколько систем тектонических нарушений, заполненных своеобразной минерализацией. В шт. 9 отмечаются трещины с падением на северо-запад  $285-350^\circ$  под углами  $35-65^\circ$  и с падением на северо-восток  $20-50^\circ$  под углами  $45-70^\circ$ . На интервале 85 м ствола обнажается целая серия взаимопересекающихся кварц-сульфидных прожилков. Кварц в этих прожилках представлен двумя разновидностями—белой и черной. Сульфидные прожилки, сложенные белым кварцем, пересекают прожилки черного кварца. Кроме того, одна система прожилков черного кварца с падением на северо-запад  $320^\circ$  под углом  $70^\circ$  пересекается другой системой прожилков черного кварца с падением на юго-восток  $120^\circ$  под углом  $40^\circ$ . Прожилки белого кварца падают на северо-восток  $60^\circ$  под углом  $20^\circ$ .

В шт. 11 отмечаются трещины с падением на северо-восток  $50-80^\circ$  под углом  $25-60^\circ$  и трещины с падением на юго-восток  $130-170^\circ$  под углом  $45-75^\circ$ . Трещины, имеющие северо-восточное падение, обычно пересекаются трещинами юго-восточного падения. На 78 м штр. 2 халькопиритовые прожилки падают на северо-восток  $50^\circ$  под углом  $60-65^\circ$ . На интервале 345 м ствола трещины, заполненные сульфидами, падают на северо-восток  $50^\circ$  под углом  $75^\circ$  и юго-восток  $130^\circ$  под углом  $65^\circ$ .

В шт. 10 отмечаются также две главные системы тре-

щин с падением на северо-восток и юго-восток. На интервале 98 м штр. 3 обнажается целая система кварц-сульфидных прожилков. Главная кварцевая жила (трещина которой, по-видимому, была рудоподводящей структурой) простирается на северо-восток  $80^\circ$  и падает на юго-восток  $170^\circ$  под углом  $75^\circ$ . От главной жилы ответвляются мелкие рудные прожилки с падением на юго-восток  $240^\circ$  под углом  $55-60^\circ$ . Минерализация в этих прожилках представлена халькопиритом, борнитом, пиритом и молибденитом. На интервале 120 м штр. 3 трещина с падением на юго-восток  $120^\circ$  под углом  $70^\circ$  заполнена карбонатом, содержащим вкрапленники халькопирита. Мощность прожилка около 3 см. На интервале 233 м штр. 5 кварц-сульфидная прожилка мощностью 4 см падает на северо-восток  $50^\circ$  под углом  $15^\circ$ .

Таким образом, устанавливается определенная закономерность в распределении рудовмещающих структур, выражающаяся в том, что они имеют, главным образом, восточное падение (или на северо-восток или на юго-восток) и резко различное простирание. Структуры, имеющие северо-западное простирание, падают на северо-восток, а структуры, имеющие северо-восточное простирание, падают на юго-восток. Наблюдениями установлено, что трещины с северо-восточным падением по времени образования являются более ранними и пересекаются трещинами юго-восточного падения.

Оруденение на Джиндаринском месторождении представлено прожилково-вкрапленным типом и распределено неравномерно. На общем фоне бедного вкрапленного оруденения (с содержанием меди  $0,4-0,5\%$ ) выделяются интенсивно оруденелые, обогащенные участки со средним содержанием меди более  $1\%$ . Обогащенные участки образуют линзообразные, вытянутые формы и имеют длину  $50-85$  м и мощность  $10-20$  м.

Геолого-разведочными работами установлено, что наибольшая концентрация рудных минералов проявляется в гранодиорит-порфирах; по мере удаления от них оруденение постепенно слабеет. Самые богатые участки по содержанию меди вскрыты в штольнях 9, 10, 11, а по содержанию молибдена—16 и 10.

Результаты разведочных работ показывают, что содержание меди с глубиной падает, а молибдена—повышается.

На Джиндаринском месторождении широко развиты пострудные трещины, которые часто заполнены тектонической глиной и обычно смещают рудные прожилки. Следы пострудных подвижек наблюдаются и в рудах, что выражается в образовании зеркал скольжения и в растаскивании

рудного материала с образованием рудной глинки черного цвета.

в) СТАДИИ МИНЕРАЛИЗАЦИИ И МИНЕРАЛЬНЫЙ СОСТАВ РУД

Вопросами стадийного развития процесса рудообразования Джиндаринского месторождения детально занимались К. А. Карамян и А. Г. Казарян, которые установили следующую последовательность стадий минерализации: 1) магнетит-биотитовая; 2) кварц-халькопирит-борнитовая; 3) кварц-молибденитовая; 4) кварц-пиритовая; 5) ангидрит-сульфидная; 6) карбонато-кварцевая; 7) карбонат-барит-ангидритовая; 8) гипсовая. В 1956—1957 годах с некоторыми изменениями и дополнениями была принята вышеотмеченная схема последовательности стадий минерализации. В частности, нами отмечалось то обстоятельство, что магнетит-биотитовая минерализация приурочена только к контактовой полосе и формировалась вследствие контактово-метасоматических процессов; поэтому выделение ее как ранней стадии в общей схеме гидротермальной минерализации является неверным.

В последующих работах А. Г. Казарян (1959) и К. А. Карамян (1959) несколько изменяют свои представления о последовательности стадий минерализации и предлагают следующие схемы: *по А. Г. Казаряну*—1) кварц-молибденитовая; 2) кварц-халькопиритовая; 3) кварц-пиритовая; 4) кварц-галенит-сфалеритовая; 5) анкеритовая; 6) гипсовая (ангидритовая); *по К. А. Карамян*—1) кварц-халькопирит-борнитовая; 2) кварц-молибденитовая; 3) кварц-пиритовая; 4) кварц-карбонатная; 5) ангидритовая; 6) гипсовая.

В отличие от многих медно-молибденовых месторождений Армении (Каджаран, Агарак и др.) на Джиндаринском месторождении кварц-халькопиритовая стадия минерализации образовалась раньше, чем кварц-молибденитовая, что отмечено многими исследователями (К. А. Карамян, А. Г. Казарян, Г. О. Пиджян и др.). Однако в последней своей схеме А. Г. Казарян, не приводя новых данных, считает более ранней кварц-молибденитовую стадию минерализации.

На основании анализа всего накопленного материала по минеральному составу, текстурно-структурным особенностям руд и взаимоотношениям различных по составу прожилок можно сделать вывод, что в рудном поле Джиндаринского месторождения минерализация проявилась в двух этапах: контактово-метасоматическом и гидротермальном. На первом этапе наряду с общей биотитизацией вмещающих пород образовались небольшие гнездообразные, линзообразные

тела, редко прожилки кварц-магнетит-биотитового состава, которые развиты только в эндоконтактной полосе гранодиорит-порфиров в виде отдельных участков. В этом раннем этапе минерализации главными минералами являются магнетит и биотит, образующие тесные прорастания друг с другом, что свидетельствует о почти одновременном их образовании. Под микроскопом в полях магнетита наблюдаются вкрапленники и мельчайшие выделения пирита, гематита и ильменита; последний установлен впервые автором.

Гидротермальный этап минерализации широко развит в рудном поле и расчленяется нами на следующие стадии минерализации: 1) кварц-халькопиритовая; 2) кварц-молибденитовая; 3) кварц-пиритовая; 4) кварц-карбонат-сфалерит-галенитовая; 5) карбонат-халцедоновая; 6) ангидрит-гипсовая.

### 1) Описание стадий минерализации

*Кварц-халькопиритовая стадия минерализации* имеет наиболее широкое развитие в рудном поле. Она приурочена к эндоконтактной полосе порфировидных гранодиоритов и локализована, главным образом, среди гранодиорит-порфиров в северо-восточных и северо-западных разрывных трещинах. Промышленные медные руды месторождения образовались именно в этой стадии минерализации. Оруденение характеризуется вкрапленным, прожилково-вкрапленным и отчасти гнездообразными типами. Вкрапленное медное оруденение имеет большое развитие и зачастую тесно связано с прожилковым типом; в этом случае образуются участки с интенсивным оруденением и высоким содержанием меди (до 3—4%).

Минерализация этой стадии характеризуется сложным составом: кроме главных минералов (халькопирита, борнита) встречаются гипогенный ковеллин и халькозин, пирит, магнетит, гематит, ильменит, молибденит, висмутин, виттихенит, эмплектит, самородное золото, самородное серебро, купровисмутит (?), алтаит, гессит.

Халькопирит встречается в виде вкрапленников, прожилок и гнездообразных выделений. Под микроскопом представлен неправильными зернами размером от 0,2—0,3 до 1,0 мм, редко до 2—3 мм. Местами образует неполностью ограненные кристаллы (тетраэдры). Халькопирит обычно окаймляет и тонкими прожилочками проникает в кварц, магнетит, пирит и замещает их, что свидетельствует о более позднем выделении халькопирита. Наиболее тесные зернистые сростания халькопирит образует с борнитом.

Химическими анализами (таблица 8) в халькопиритах

Таблица 8

Содержание элементов-примесей в главных рудообразующих минералах  
Джиндаринского месторождения по стадиям минерализации

Стадии минерализации и минералы	Рений		Селен		Теллур		Германий		Висмут	
	Кол- во хим. анал.	среднее содерж. в %	Кол- во хим. анал.	среднее содерж. в %	Кол- во хим. анал.	среднее содерж. в %	Кол- во хим. анал.	средн. содерж. в %	Кол- во хим. анал.	среднее содерж. в %
Кварц-халькопиритовая Халькопирит	4	0,00015	7	0,0187	7	0,0235	5	0,0004	5	0,0079
Кварц-молибденитовая Молибденит	4	0,0971	4	0,0328	4	0,0076	—	—	—	—
Кварц-пиритовая Пирит	3	0,000003	3	0,0119	3	0,0015	—	—	3	0,0064

установлены высокие и повышенные содержания селена, теллура, висмута, рения и германия.

Борнит, халькозин и ковеллин представляют ценные компоненты руды. На основании изучения геологической обстановки нахождения указанных минералов, парагенетических ассоциаций их с гипогенными минералами и микроскопических исследований структур распада твердого раствора борнит-халькопирита, ковеллин-халькопирита, борнит-ковеллина и ковеллин-халькозина приходим к выводу, что борнит, халькозин и ковеллин являются гипогенными образованиями.

Висмутин, эмплектит, самородное золото, самородное серебро и купровисмутит (?) впервые в рудах Джиндаринского месторождения установлены автором в полях халькопирита и борнита в виде мельчайших выделений.

Виттихенит обнаружен К. А. Карамяном в полях борнита. Особенно тесные взаимоотношения виттихенит и эмплектит образуют с висмутином, халькопиритом и борнитом.

Алтант и гессит впервые нами установлены в рудах месторождения. Они образуют мельчайшие выделения в полях халькопирита, борнита и часто тесно ассоциируют друг с другом.

*Кварц-молибденитовая стадия минерализации* широкое развитие имеет только на восточном фланге месторождения. Минерализация этой стадии локализована в трещинах, в основном, северо-западного, близширотного простирания (имеющие северо-восточное падение) и представлена кварцем и молибденитом, совместно с которыми встречаются в незначительном количестве халькопирит, пирит и борнит. Участки с интенсивным молибденовым оруденением территориально обособлены от основной медной минерализации, поэтому выяснение взаимоотношений кварц-халькопиритовой и кварц-молибденитовой стадий минерализации является сложным вопросом. Анализ имеющегося фактического материала показывает, что по всей вероятности молибденное оруденение наложено на медное и является более поздним. В ортах 1 и 2 штр. 2 шт. 16 кварц-халькопиритовые руды пересекаются кварц-молибденитовыми прожилками. Минерографическими исследованиями установлено, что молибденит разбивается в полях халькопирита и местами тонкими прожилками пересекает его. Кварц-молибденитовая стадия является ценной в промышленном отношении; именно с этой стадией связаны концентрации молибдена.

Молибденит встречается в виде прожилок, вкрапленников и примазок. Чешуйки молибденита имеют размеры

от тысячных долей мм до 1—1,5 и редко 3—4 мм. Наиболее тесные взаимоотношения молибденит образует с кварцем и, как правило, разъедает и цементирует его зерна.

Результаты анализов показывают, что молибдениты характеризуются высокими и повышенными содержаниями рения, селена и теллура. (таблица 8).

*Кварц-пиритовая стадия минерализации* имеет широкое распространение только на отдельных участках рудного поля месторождения (Ала-гюнейский участок) и большей частью пространственно обособлена от медной минерализации. До отложения минералов этой стадии имели место тектонические подвижки, которые создали системы трещин, главным образом, северо-западного простирания, выполненные впоследствии кварцем и пиритом. Мощность кварц-пиритовых прожилков обычно 2—3, редко 5—10 см, они большей частью падают на северо-восток 30—80° под углом 15—35°.

Минерализация этой стадии характеризуется простым составом; преобладающими минералами являются кварц и пирит. В жильной массе пирит представлен в виде идиоморфных кристаллов и мономинеральных прожилков. Совместно с пиритом в этой стадии в ничтожном количестве встречаются халькопирит, молибденит, теннантит, сфалерит и галенит; из нерудных—карбонат; последний местами цементирует кварц-пиритовые обломки.

*Кварц-карбонат-сфалерит-галенитовая стадия минерализации* пространственно обособилась в более поздних трещинах и проявилась широко только на отдельных участках месторождения, большей частью в виде небольших прожилков. Кварц-карбонат-полиметаллические прожилки, главным образом, имеют северо-восточное простирание и падают на северо-запад и юго-восток под углом 55—80°.

Минерализация этой стадии характеризуется довольно большим комплексом сульфидов (при ничтожном их проявлении). Наиболее распространенными минералами являются сфалерит, галенит, халькопирит и пирит; редко встречаются теннантит, тетраэдрит, бурнонит, гессит и самородное серебро.

*Карбонат-халцедоновая стадия минерализации* развита только на отдельных участках рудного поля. В западной части месторождения в зоне раздробленных измененных пород часто встречаются карбонатные, карбонат-халцедоновые и халцедоновые жилы, прожилки и линзообразные тела, не содержащие оруденения. Карбонатные прожилки с сульфидным оруденением местами пересекаются карбонат-халцедоновыми и часто халцедоновыми прожилками и изредка цементируются халцедоном. В прожилках карбонат и халцедон присутствуют в переменных количествах. В некоторых

# СХЕМА

## последовательности выделения минералов по стадиям минерализации

(Составил Г.О. Пиджян)

№№ п/п	МИНЕРАЛЫ	Стадии минерализации					
		I Кварц- халько- пиритовая	II Кварц- молиб- денито- вая	III Кварц- пирит- товая	IV Кварц- карбонат- сфалерит- галенит.	V Карбонат- халцедо- новая	VI Ангид- рит- гипсо- вая
1	Кварц	—	—	—	—	—	—
2	Магнетит	---					
3	Ильменит	---					
4	Рутил	---					
5	Пирит	—		—			
6	Гематит	---					
7	Халькопирит	—	---		—		
8	Борнит	—	---				
9	Молибденит		—	---			
10	Халькозин	—					
11	Ковеллин	—					
12	Висмутин	---					
13	Самородное золото	---					
14	Виттихенит	---					
15	Эмплектит	---					
16	Купровисмутит <sup>2)</sup>	---					
17	Самородн. серебро	---					
18	Алтайит	---				---	
19	Тессит	---				---	
20	Теннантит			---			
21	Сфалерит			---	—		
22	Галенит			---	—		
23	Тетраэдрит				---		
24	Бурнонит				---		
25	Анжерит			—	—	—	
26	Халцедон					—	
27	Гипс						—

Распространенность минералов и их сравнительные коли-  
чества в прожилках

Широко распространенные (5-10% и более)
  Распространенные (1-5%)

Редко встречающиеся (Менее 1%)

Фиг. 5. Джиндаринское месторождение.

выработках (шт. 10 и 11) редко встречаются карбонат-баритовые прожилки с падением на юго-восток  $130^\circ$  под углом  $65^\circ$ .

*Ангидрит-гипсовая стадия минерализации* имеет большое распространение и образует прожилки и гнездообразные, линзообразные тела ангидрит-гипсового состава. Размеры отдельных линзообразных тел колеблются от 0,5 до 2,5 м в длину при 10—30 см по мощности. Они имеют северо-западное простирание и падают на северо-восток под крутыми углами. По характеру контактовых линий и на основании морфологических особенностей гипсовых тел можно локализирующие структуры отнести к типу трещин разрыва.

Возрастные взаимоотношения с другими стадиями минерализации устанавливаются довольно отчетливо на основе пересечения и цементации. В шт. 10 и 11 кварц-пиритовые и карбонатные прожилки пересекаются гипсовыми прожилками. Обломки кварц-сульфидных минералов (халькопирит, пирит, борнит и др.) ранних стадий минерализации местами сцементированы ангидрит-гипсовой массой (шт. 10 и 11).

Среди вышеописанных стадий минерализации наибольшее значение имеют кварц-халькопиритовая и кварц-молибденитовая, в течение которых, в основном, заканчивается формирование месторождения и образуются промышленные медные и молибденовые руды.

## 2) Жильные минералы

Кварц является широко распространенным жильным минералом. Он слагает многочисленные прожилки, несущие оруденение и секущие рудовмещающие породы. Кварц встречается во многих стадиях минерализации в различных парагенетических ассоциациях. Обычно кристаллы кварца окаймляются, разъедаются сульфидами, серицитом и хлоритом. Поздние формы проявления кварца представлены в виде кварц-карбонатных прожилков, халцедоноподобного кварца и халцедона.

Гипс имеет большое развитие в рудном поле. Выделяются две разновидности гипса—мелкозернистый и волокнистый. Мелкозернистый гипс местами цементирует кварц-сульфидные обломки ранних стадий минерализации. Химический анализ гипса, содержащего обломки кварц-сульфидных минералов, показал: Cu—1,04%, Mo—0,003%. Спектральным анализом в гипсе установлены: Si—1,0%, Al—0,3%, Mg—0,3%, Ca—>10,0%, Fe—0,3%, Mn—0,001%, Ti—0,01%, Zr—0,001%, Ag—0,001%, Cu—0,3—1,0%, Y—0,01%, La—0,001%, Sr—0,3%, Ba—0,003%, Na—0,1%, Li—0,001%.

Карбонаты по сравнению с кварцем и гипсом имеют небольшое распространение. Они встречаются в виде прожилок, реже отдельных скоплений и местами содержат сульфидное оруденение. Среди карбонатов наиболее широко развит анкерит, менее—кальцит и сидерит.

Химический анализ карбоната (проба 49) и кварц-карбоната (проба 69) показал следующие результаты в процентах:

Проба 49 (шт. 11)— $\text{SiO}_2$ —6,80,  $\text{CaO}$ —43,40,  $\text{MgO}$ —3,46,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ —4,33,  $\text{BaO}$ —2,0.

Проба 69 (шт. 9)— $\text{SiO}_2$ —16,0,  $\text{CaO}$ —24,81,  $\text{MgO}$ —9,83,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ —10, 58,  $\text{BaO}$ —следы,  $\text{Cu}$ —0, 11,  $\text{Mo}$ —следы.

Результаты анализов показывают, что карбонаты относятся к  $\text{Ca}$ ,  $\text{Fe}$ ,  $\text{Mg}$  карбонату—анкериту и содержат заметные количества  $\text{BaO}$ .

### 3) Гидротермально измененные рудовмещающие породы

Гидротермально измененные породы имеют большое распространение в рудном поле Джиндаринского месторождения. Степень интенсивности изменения пород различная и зависит от структуры, минерализации участка и состава вмещающих пород. Наибольшим изменениям подверглись гранодиорит-порфиры, несущие основное медно-молибденовое оруденение. Специальные исследования по изучению гидротермально измененных вмещающих пород проводил А. Г. Казарян, который выделяет три этапа изменения пород: а) контактово-метасоматические изменения; б) гидротермальные изменения, связанные со стадиями минерализации и в) пострудные изменения.

Контактово-метасоматические изменения выражаются в биотитизации пород. Наиболее интенсивно биотитизированные породы монцонитовой интрузии—кварцевые диориты, диориты, монцониты—широко развиты на восточном фланге месторождения и на Ага-гюнейском участке. На отдельных выработках встречаются небольшие гнездообразные жилородные тела магнетита и биотита.

Гидротермальные изменения вмещающих пород проявились с различным типом изменения и интенсивностью для каждой стадии минерализации.

Кварц-халькопиритовая стадия минерализации сопровождается интенсивными изменениями вмещающих пород. Гранодиорит-порфиры, несущие медное оруденение, сильно окварцованы, незначительно серицитизированы и хлоритизированы, весьма слабо карбонатизированы.

Вмещающие породы кварц-молибденитовой стадии минерализации слабо окварцованы, хлоритизированы и серицитизированы.

Кварц-пиритовая стадия минерализации сопровождается наиболее интенсивными изменениями вмещающих пород. Вокруг кварц-пиритовых прожилков образуется каемка осветленных пород кварц-серицитового состава, которая заметна невооруженным глазом.

Гидротермальные изменения, связанные с кварц-карбонат-сфалерит-галенитовой стадией минерализации, выражены слабой хлоритизацией, серицитизацией и карбонатизацией. Карбонат-халцедоновая стадия минерализации сопровождается карбонатизацией и каолинизацией, а ангидрит-гипсовая стадия—слабой карбонатизацией и хлоритизацией.

Таким образом, наиболее интенсивные гидротермальные изменения связаны с кварц-пиритовой и кварц-халькопиритовой стадиями минерализации.

Пострудные изменения выражены в аргиллизации пород. Особенно широко аргиллизированы породы, развитые в зонах разломов и на участках раздробленных пород.

#### 4) Супергенные минералы

В Джиндаринском месторождении зона окисления сульфидных руд выражена слабо, однако на отдельных участках окисленные минералы имеют довольно широкое распространение, что объясняется раздробленностью пород (способствующей проникновению поверхностных вод на значительные глубины) и континентальными климатическими условиями района.

Между зонами окисления и вторичного сульфидного обогащения разграничение не существует; обычно вторичные сульфиды меди также приурочены к зонам дробления и к тектоническим нарушениям.

Супергенные образования представлены прожилками, корочками, налетами, примазками и землистой охристой массой. В тех участках, где широко развиты окисленные минералы, породы сильно заохрены, каолинизированы и раздроблены. Среди супергенных минералов наиболее широко развиты малахит и лимониты, в меньшей степени азурит, куприт, тенорит; редко встречаются повеллит, ферримолибдит, хризоколла и халькантит. Минералы зоны вторичного сульфидного обогащения—борнит, халькозин и ковеллин—встречаются повсеместно, но в небольших количествах.

## Минеральный состав руд Джиндаринского месторождения

Распространенность минералов	№№ п/п	Гипогенные минералы			№№ п/п	Супергенные минералы
		Рудные	№№ п/п	Жильные		
Главные	1	Халькопирит	1	Кварц	1	Лимониты Малахит
	2	Молибденит	2	Гипс	2	
	3	Борнит	3	Анкерит		
	4	Магнетит	4	Биотит		
	5	Пирит				
Второстепенные	6	Халькозин*	5	Серицит	3	Азурит Борнит Халькозин Ковеллин
	7	Ковеллин*	6	Хлорит	4	
	8	Гематит	7	Кальцит	5	
	9	Сфалерит	8	Сидерит	6	
	10	Галенит				
	11	Теннантит				
Редкие	12	Тетраэдрит*	9	Барит	7	Куприт Теннорит Халькантит
	13	Ильменит*			8	
	14	Рутил*			9	
	15	Висмутин*				
	16	Витихенит				
Очень редкие	17	Эмплектит*			10	Повеллит Ферримолибдит Хризосола
	18	Купровисмутит(?)*			11	
	19	Алтант*			12	
	20	Бурнонит				
	21	Самородное золото*				
	22	Самородное серебро*				
	23	Гессит*				

\* Минералы, впервые установленные автором.

#### 4. АЙГЕДЗОРСКОЕ МОЛИБДЕНОВОЕ МЕСТОРОЖДЕНИЕ

##### а) ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Айгедзорское молибденовое месторождение расположено в районе слияния рек Мегри и Бугакяр и находится в 12 км к северу от райцентра г. Мегри. Месторождение открыто в 1954 г. геологами Бугакярской поисково-разведочной партии (нач. А. М. Гальян) Управления геологии Армянской ССР. С 1955 г. по 1959 г. месторождение разведывалось. Изучением месторождения занимались и составляли отчеты по разведке Г. И. Гольденберг, Я. Р. Давтян и А. А. Гюрджян.

В 1956 году нами проводились минералого-геохимические исследования руд. В результате этих работ были обнаружены минералы висмута, самородное золото и выяснены геохимические особенности руд и характер распределения некоторых редких элементов в рудах и отдельных рудообразующих минералах.

Особенности минерализации месторождения и стадийность развития рудообразующего процесса изучали А. И. Карапетян и Г. И. Гольденберг (1959).

Вопросами структуры рудного поля и минерализации занимался К. А. Карамян (1964).

#### б) ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ РУДНОГО ПОЛЯ МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Айгедзорское месторождение состоит из трех основных участков: Центрального, Марал-зами и Личквас. Наиболее интересным в отношении молибденового оруденения является Центральный участок, который расположен на левом борту р. Бугакяр в 0,6 км к северо-западу от точки слияния рр. Бугакяр и Мегри. Участок Марал-зами находится на левом берегу р. Мегри, составляет продолжение северо-восточного фланга Центрального участка и представлен в основном медными рудами. В 1,5—2,0 км к северо-западу от Центрального участка на левом берегу р. Бугакяр расположен участок Личквас, представленный зоной измененных пород, несущих сульфидную минерализацию в виде прожилок и вкрапленников пирита, халькопирита, молибденита, сфалерита, галенита.

В геологическом строении рудного поля принимают участие интрузивные породы, представленные гранодиоритами, тоналитами, порфиroidными гранодиоритами и кварцевыми диоритами. Из жильных пород развиты диорит-порфириты, диабазовые порфириты и аплит-пегматиты. На отдельных участках небольшое распространение имеют измененные порфириты.

На Центральном участке месторождения широко развиты гранодиориты, которые гидротермально изменены, окварцованы, серицитизированы, пиритизированы и содержат в виде вкрапленников и, редко, прожилок убогое медно-молибденовое оруденение.

Рудное поле Айгедзорского месторождения подвергалось довольно сильным, длительно продолжавшимся, тектоническим воздействиям, в результате чего происходило многократное дробление пород и последовательное заполнение трещин жильными породами и минеральными ассоциациями

различных стадий минерализации. При этом отмечается наложение поздних структур на ранние с образованием брекчиевидных текстур руд, выражающееся в цементации ранних минеральных ассоциаций поздними.

На Центральном участке месторождения разведочные работы, в основном, производились на горизонтах 1133 м и 1166 м. В результате этих работ было выявлено более 20 кварцево-рудных жил. Молибденовое оруденение связано с кварцевыми жилами и прожилками. Жилы падают на юго-восток  $140-160^\circ$  и на северо-запад  $-300-320^\circ$  под углом  $60-80^\circ$ . По простиранию жилы протягиваются от десятков до сотен метров (80—370 м), а по падению прослежены разведочными выработками до 270 м. Встречаются жилы с различной мощностью—от 0,1 до 1,6 м. Содержание меди в жилах колеблется в пределах 0,11—0,55%, а молибдена—0,23—1,04%. Часто жилы резко выступают в рельефе и хорошо прослеживаются на поверхности.

Кварцево-рудные жилы представлены белым кварцем, с которым редко встречаются карбонаты, полевые шпаты, серицит, хлорит. Из рудных минералов главную роль играет молибденит, второстепенное значение имеют халькопирит, пирит и другие сульфиды.

Гранодиориты в зальбандах жил гидротермально изменены: окварцованы, серицитизированы, пиритизированы и содержат вкрапленное оруденение халькопирита. Интенсивность гидротермального изменения зависит как от мощности жил, так и от тектонических подвижек. На тех участках, где породы подверглись сильному раздроблению, более интенсивно выражено гидротермальное изменение вмещающих пород.

Пострудные тектонические нарушения имеют сколовый характер и проявились как вдоль контактов кварцевых жил, так и поперек их простирания. В первом случае отмечается растаскивание рудного материала и образование зеркал скольжения, а во втором случае—смещение кварцевых жил. Амплитуда смещения обычно небольшая—0,2—2,0 м, только жилы 6 и 7 смещены на 33 м.

Участок Марал-з а м и сложен измененными окварцованными пиритизированными гранодиоритами. Зона измененных пород имеет север-северо-восточное простирание, прослеживается на 1,2 км при мощности 0,4 км и приурочена к Маралзаминскому разлому, который падает на юго-восток под углом  $65^\circ$ . Среди гранодиоритов развиты дайки диабазовых порфиритов и диорит-порфиритов, мощностью от 0,5 до 5 м, падающие на восток, юго-восток под крутыми углами.

Оруденение локализовано среди измененных гранодиоритов, имеет штокверковый характер и представлено сетью

кварц-халькопирит-молибденитовых прожилков, а также вкрапленностью пирита и указанных сульфидов. Оруденелая зона имеет северо-восточное близмеридиональное простирание и падает на восток-юго-восток. Длина зоны 730 м при мощности 100—140 м. Скважинами зона прослежена до глубины 180 м. Среднее содержание меди—0,24%, а молибдена—0,04%.

Геолого-разведочными работами в оруденелой зоне выделяются подзоны, обогащенные металлами. Мощность этих подзон колеблется от 6 до 16 м. В подзонах среднее содержание молибдена составляет 0,084%.

Участок Личквас сложен интрузивными породами гранодиоритового состава и жильными образованиями диорит-порфиритового и диабаз-порфиритового состава. На поверхности отчетливо выделяется зона измененных осветленных, заохренных пород, несущих оруденение.

Медно-молибденовая минерализация приурочена к тонким кварцевым прожилкам, а местами образует вкрапленность в измененных гранодиоритах. Кварц-сульфидные прожилки, большей частью, имеют близширотное простирание и падают на север и северо-запад. Оруденение меди и молибдена убогое из-за редкой сети прожилков. Среди слабо оруденелых интрузивных пород (Mo—0,01—0,02%) выделяются небольшие участки с несколько повышенными содержаниями металлов: Mo—0,035% и Cu—0,2% (шт. 34).

За последние годы в кварцевых жилах близширотного простирания, несущих полиметаллическое оруденение, геолого-разведочной партией установлены повышенные и высокие содержания золота, представляющие определенный интерес.

Среди описанных участков наиболее интересным в отношении молибдена является Центральный участок, где выявлены и разведаны мощные кварцевые жилы с богатой молибденовой минерализацией. Ценность руд Айгедзорского месторождения значительно повышается в связи с установлением в них высоких содержаний ряда редких и благородных элементов.

#### в) СТАДИИ МИНЕРАЛИЗАЦИИ И МИНЕРАЛЬНЫЙ СОСТАВ РУД

Вопросы стадийного развития процесса рудообразования Айгедзорского месторождения изучал ряд исследователей, которые отмечали в своих работах многостадийность процесса рудообразования. А. И. Карапетян и Г. И. Гольденберг (1959), изучавшие особенности минерализации месторожде-

ния, предложили следующую схему стадий минерализации: 1) пирит-полевошпатовая; 2) пирит-халькопиритовая; 3) халькопирит-молибденитовая; 4) молибденитовая; 5) полиметаллическая; 6) карбонатная. К. А. Карамян (1964), проводивший исследования по структуре и минерализации месторождения, выделяет следующую последовательность стадий минерализации: 1) эпидотовая; 2) кварц-молибденит-халькопиритовая; 3) кварц-халькопиритовая; 4) кварц-пиритовая; 5) кальцит-сфалерит-галенитовая; 6) карбонатная.

На основании анализа всего собранного материала по минеральному составу, текстурно-структурным особенностям руд, взаимоотношениям различных по составу жил и прожилок и учитывая данные, полученные по этим вопросам другими исследователями (Г. И. Гольденберг, А. И. Карапетян, К. А. Карамян), нами выделяются следующие стадии минерализации для рудного поля Айгедзорского месторождения: 1) кварц-пирит-эпидотовая; 2) кварц-халькопирит-молибденитовая; 3) кварц-молибденитовая; 4) кварц-пиритовая; 5) кварц-халькопиритовая; 6) кварц-карбонат-сфалерит-галенитовая и 7) кварц-карбонатная (безрудная).

*Кварц-пирит-эпидотовая стадия минерализации* имеет небольшое развитие в рудном поле и интенсивно проявлена только на участке Марал-зами. Минерализация этой стадии представлена кварцем, пиритом и эпидотом, совместно с которыми в незначительном количестве встречаются полевой шпат, магнетит и гематит. Кварц, пирит и эпидот образуют прожилки, реже гнездообразные выделения и тесно ассоциируют друг с другом. Местами встречаются мономинеральные кварцевые, пиритовые и эпидотовые прожилки. Магнетит и гематит представлены мелкими вкрапленниками и неправильными выделениями и тесно ассоциируют с пиритом. Изучение показало, что пирит-эпидотовые прожилки особенно широко развиты среди жильных пород диабаз-порфиритового состава. Породы, содержащие кварц-пирит-эпидотовые прожилки, слабо эпидотизированы.

*Кварц-халькопирит-молибденитовая стадия минерализации* довольно интенсивно проявилась на участках Марал-зами и Личквас. Она представлена халькопиритом и молибденитом, совместно с которыми встречаются пирит, борнит и, редко, висмутин, самородное золото и сфалерит. Халькопирит и молибденит образуют отдельные прожилки и зоны прожилково-вкрапленного оруденения. В прожилках они присутствуют в переменных количествах с преобладанием то одного, то другого минерала.

Халькопирит встречается как в виде прожилок, так и вкрапленников в рудовмещающих породах. Он заполняет

трещины, жеодовые пустоты и развивается как в центре прожилков, так и по зальбандам. Халькопирит тесно ассоциирует с кварцем, молибденитом, борнитом и пиритом.

Молибденит представлен в виде тонких прожилков и мельчайших зерен в тесной ассоциации с кварцем, халькопиритом и пиритом. Он обычно образует прожилки и секущие зерна в кварце или проникает по зальбандам между кварцем и боковой породой.

Другие сульфиды развиты в полях халькопирита в виде неправильных выделений и отдельных мельчайших зерен.

Самородное золото впервые установлено нами в полях халькопирита и кварца в виде мельчайших выделений.

*Кварц-молибденитовая стадия* минерализации интенсивно проявлена на Центральном участке месторождения. Она является наиболее ценной, так как главная масса молибдена была образована именно в этой стадии. В результате продолжавшихся тектонических напряжений образовались крупные трещины среди гранодиоритов, которые заполнились кварцем, несущим минерализацию молибдена. Совместно с молибденитом в незначительном количестве встречаются халькопирит, пирит, висмутин, виттихенит, эмплектит, самородный висмут, галенит, сфалерит.

Молибденит встречается в виде мощных кварц-молибденитовых жил, мономинеральных прожилков, крупных кристаллов, пластинок и мельчайших чешуек. Очень характерна ассоциация молибденита с кварцем, халькопиритом и пиритом.

Висмутин, виттихенит, эмплектит и самородный висмут впервые установлены нами в рудах. Они тесно ассоциируют друг с другом, развиваются в полях халькопирита.

*Кварц-пиритовая стадия минерализации* развита во всех участках рудного поля и образует прожилки, вкрапленники и, редко, жилоподобные тела. Минерализация этой стадии представлена кварцем и пиритом, совместно с которыми в незначительном количестве встречаются халькопирит, гематит и сфалерит. Прожилки кварц-халькопирит-молибденитового и мономинерального молибденитового состава обычно пересекаются кварц-пиритовыми прожилками (Центральный участок, Личкваз).

*Кварц-халькопиритовая стадия минерализации* имеет небольшое развитие в рудном поле месторождения. Она представлена в виде прожилков, вкрапленников и редко гнездообразных и жилообразных тел небольшой мощности (5—15 см). На Центральном участке месторождения (шт. 41 и 21) особенно широко развиты кварц-халькопиритовые прожилки и жилообразно-гнездообразные тела. Кварц-халько-

Содержание элементов-примесей в главных рудообразующих минералах Айгедзорского месторождения по стадиям минерализации

Стадия минерализации и минералы	Кол. анал.	Среднее содержание элементов в %					
		Re	Se	Te	Ge	Bi	Ag
Кварц-халькопирит-молибденитовая		не обн.	0,0084	0,0024	—	0,0030	0,0020
1 Халькопирит	2	0,0511	0,0189	0,0011	—	—	0,0006*
2 Молибденит	2	0,1264	0,0481	0,0055	—	0,0016	0,0020
Кварц-молибденитовая		0,00004	0,0250	0,0010	—	0,0035	0,0137
1 Молибденит	6	—	0,0146	0,0039	0,0006	0,0152	0,0136
Кварц-пиритовая							
1 Пирит	2						
Кварц-халькопиритовая							
1 Халькопирит	2						

\* В молибденитах содержание висмута и серебра приведены по данным спектральных анализов.

пиритовые прожилки развиты также в призальбандовых участках мощных кварц-молибденовых жил (шт. 20). Минерализация этой стадии представлена кварцем, халькопиритом, совместно с которыми встречаются пирит, молибденит, борнит, висмутин, виттихенит, эмплектит, самородное золото, самородный висмут, самородное серебро, купровисмутит (?), теннантит, сфалерит, кубанит, пирротин (последние два минерала впервые отмечены Г. И. Гольденбергом).

Халькопирит в кварцевых прожилках заполняет трещины, жеодовые пустоты и развивается как в центре прожилок, так и по зальбандам. Он тесно ассоциирует с кварцем, пиритом и обычно ксеноморфен по отношению к этим минералам. В полях халькопирита развиты минералы висмута, которые тонкими прожилками пересекают халькопирит и местами образуют различные структуры замещения.

Химическим анализом в халькопиритах установлены следующие элементы-примеси:

Проба 163 (шт. 20)—Se—0,0130%, Te—0,0035%, Ge—0,0007%, Bi—0,0065%, Ag—0,0216%.

Проба 144 (шт. 41)—Se—0,0162%, Te—0,0042%, Ge—0,0005%, Bi—0,0240%, Ag—0,0110%.

Спектральными анализами в халькопиритах установлены: Ni—0,003%, Co—0,01%, Pb—0,03%, Ag—0,01%, Bi—0,01%, Zn—0,1%, Cd—0,003%, Sn—0,001%.

Результаты приведенных анализов показывают, что халькопириты кварц-халькопиритовой стадии минерализации характеризуются высокими и повышенными содержа-

# СХЕМА

## последовательности выделения минералов по стадиям минерализации

(Составил Г. О. ПИДЖАН)

№№ п/п	МИНЕРАЛЫ	Стадии минерализации						
		I Кварц- пирит- эпидо- товая	II Кварц- халько- пирит- молибде- нитовая	III Кварц- молиб- денито- вая	IV Кварц- молиб- дени- товая	V Кварц- халько- пирито- вая	VI Кварц- карбо- нат-сф- галени- товая	VII Кварц- карбо- нат- ная
1	Кварц	—————	—————	—————	—————	—————	—————	—————
2	Эпидот	—————						
3	Пирит	—————						
4	Магнетит	-----						
5	Гематит	-----						
6	Халькопирит		—————	—————		—————	—————	
7	Молибденит		—————	—————		-----	-----	
8	Борнит		—————					
9	Сфалерит		-----	-----	-----		—————	
10	Висмутин		-----	-----		—————	-----	
11	Самородное золото		-----				-----	
12	Виттихенит			-----				
13	Эмплектит			-----				
14	Самородный висмут			-----				
15	Галенит			-----			—————	
16	Купровисмутит(?)							
17	Теннантит						-----	
18	Пирротин					-----		
19	Кубанит					-----		
20	Самородное серебро					-----		
21	Анхерит					-----	—————	—————
22	Кальцит							

Распространенность минералов и их сравнительные количества в прожилках

- Широко распространенные (5-10% и более)
- Распространенные (1-5%)
- Редко встречающиеся (менее 1%)

Фиг. 6. Айгедзорское месторождение.

ниями висмута, серебра, селена, теллура, кобальта и незначительными примесями германия, кадмия, олова, цинка и свинца.

*Кварц-карбонат-сфалерит-галенитовая стадия* минерализации имеет небольшое развитие в рудном поле и представлена, главным образом, прожилками небольшой мощности от 2—3 до 5 см. Эта стадия минерализации сравнительно интенсивно проявлена на участке Личквас, где мощность полиметаллических жил достигает 0,5 м. По простиранию они прослежены на десятки и сотни метров. Основными жильными минералами являются кварц и карбонат. Рудные минералы представлены сфалеритом и галенитом, совместно с которыми встречаются халькопирит, пирит, теннантит, самородное золото, висмутин и редко молибденит.

*Кварц-карбонатная стадия* минерализации слабо проявлена в рудном поле и представлена маломощными кварц-карбонатными и карбонатными прожилками. Последние не содержат оруденения, секут и смещают кварц-сульфидные прожилки ранних стадий минерализации. Карбонат относится к анкериту, а кварц—халцедоновидный.

Из всех описанных стадий минерализации в отношении молибдена интерес представляют кварц-молибденитовая и кварц-халькопирит-молибденитовая, а в отношении золота и висмута—кварц-халькопиритовая и кварц-карбонат-сфалерит-галенитовая.

Гидротермально измененные породы в рудном поле Айгедзора широко развиты на тех участках, где отмечается интенсивная минерализация и наложение поздних стадий минерализации на ранние.

Изменение выражено эпидотизацией, пиритизацией, окварцеванием, серицитизацией, хлоритизацией и карбонатизацией. Прожилки каждой стадии минерализации сопровождаются своеобразным типом и характером изменения, проявляющимся с различной интенсивностью.

Супергенные минералы в рудном поле Айгедзора представлены лимонитом, гетитом, гидрогетитом, гидрогематитом, малахитом, азуритом, ферримолибдитом, повеллитом, гидроокислами марганца, борнитом, халькозином, ковеллитом, халькантитом и кальцитом.

## Минеральный состав руд Айгедзорского месторождения

Распространенность минералов	№№ п/п	Гипогенные минералы			№№ п/п	Супергенные минералы
		Рудные	№№ п/п	Жильные		
Главные	1	Молибденит	1	Кварц	1	Лимонит Малахит
	2	Халькопирит	2	Эпидот	2	
	3	Пирит	3	Анкерит		
Второстепенные	4	Магнетит	4	Полевой шпат	3	Борнит
	5	Гематит			4	Халькозин
	6	Борнит	5	Серицит	5	Ковеллин
	7	Сфалерит	6	Хлорит	6	Азурит
	8	Галенит	7	Кальцит	7	Ферримолибдит
	9	Теннантит	8	Сидерит		
Редкие	10	Висмутин*			8	Гетит
	11	Виттихенит*			9	Гидрогетит
	12	Эмплектит*			10	Гидрогематит
					11	Халькантит
Очень редкие	13	Самородное золото*			12	Повеллит
	14	Пирротин			13	Кальцит
	15	Кубанит			14	Гидроокислы марганца
	16	Самородный висмут*				
	17	Самородное серебро*				
	18	Купровисмутит(?)*				

\* Минералы, впервые установленные автором.

### 5. НЕБОЛЬШИЕ ИЛИ СЛАБО ИЗУЧЕННЫЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ И ПРОЯВЛЕНИЯ

Мегригетское месторождение открыто И. Г. Магакьяном в верховьях р. Мегри в 3 км к западу от с. Личк. В геологическом строении района месторождения принимают участие порфировидные гранодиориты и граниты, которые на отдельных участках сильно изменены: окварцованы, каолинизированы, хлоритизированы и содержат медно-молибденовое оруденение в виде кварц-сульфидных жил

и прожилок. Поисково-разведочными работами выявлено и прослежено 8 жил, имеющих мощность от 0,1 до 1,2 м с падением на север и северо-запад под углами 60—70°. Жилы сложены кварцем, халькопиритом, пиритом, молибденитом. При изучении руд в отраженном свете нами в полях халькопирита обнаружены борнит, теннантит, висмутин и самородное золото.

Спектральным анализом в халькопирите установлены следующие элементы-примеси в процентах: Ni—0,001, Co—0,03, Ti—0,03, Mo—0,03, Pb—0,003, Ag—0,001, Bi—0,03, As—0,01, Sn—0,001.

Проведенные небольшие поисково-разведочные работы в целом не дали положительных результатов, однако район верховья р. Мегри, несомненно, представляет интерес для проведения детальных поисковых работ с широким применением геохимических методов.

Капутджихское месторождение находится в Кафанском районе в 10 км к западу от Каджарана, в верховьях левой составляющей Капутджихского притока р. Вохчи, на обрывистом склоне г. Капутджих на абсолютной высоте 3100—3200 м. Месторождение открыто в 1946 г. И. Г. Магакьяном.

В геологическом строении принимают участие банатиты и прорывающие их порфировидные граниты. В контактовой полосе банатиты гидротермально изменены: окварцованы, хлоритизированы и несут сульфидную минерализацию в виде прожилок, вкрапленников кварца, магнетита, гематита, халькопирита, молибденита и пирита. Кварцеворудные жилы имеют, большей частью, северо-западное простирание и падают на юго-запад под углом 20—40°. Мощность жил колеблется от 0,2 до 0,7 м, в раздувах до 1 м. По простиранию жилы прослеживаются по поверхностным обнажениям от 20—30 м до 150 м. Выходы жил большей частью скрыты под наносами и осыпями. В кварцеворудных жилах в одних случаях преобладает медно-магнетитовое оруденение, в других—медно-молибденовое. В жилах содержание меди достигает 2—3%, а молибдена—0,1—0,2%. Кварцеворудные жилы во многом сходны с жилами Парагачайского, Каджаранского и Айгедзорского месторождений.

Кроме жильного типа оруденения выявлены участки с прожилково-вкрапленной медно-молибденовой минерализацией, что повышает интерес к месторождению и дает основание для проведения широких поисковых и небольших поисково-разведочных работ в верховьях р. Капутджих и в районе г. Капутджих.

В 1961—1962 гг. в 0,5 км к югу от выходов медно-молибденовых жил М. М. Айрапетяном были обнаружены кварце-

ворудные жилы с полиметаллическим оруденением, представленные прожилками и вкрапленниками галенита, сфалерита, халькопирита и пирита. В последующие годы на этом участке были произведены небольшие разведочные работы.

Изучением редких элементов занимался А. С. Фарамазян, по данным которого ниже приводятся содержания редких элементов в главнейших сульфидах (табл. 12).

Спектральными анализами в халькопиритах обнаружено: Bi—0,03—0,1%; Ag—0,003—0,01%; в галените—Ag—0,01—0,03%; Bi—0,001%; Cd—0,01% и Te—0,03%.

Результаты анализов показывают, что рудообразующие минералы характеризуются высокими и повышенными содержаниями рения, селена, теллура, висмута и серебра. В полированных шлифах А. С. Фарамазяном были обнаружены мельчайшие включения теллуридов золота и серебра (гессит, петцит). Месторождение заслуживает более детального изучения.

Таблица 12  
Содержание редких элементов в главнейших сульфидах

Минералы	Кол-во хим. анализов	Среднее содержание элементов в %		
		Re	Se	Te
Молибденит	3	0,045	0,035	0,003
Халькопирит	2	—	0,018	0,006
Пирит	2	—	0,009	0,0006
Галенит	1	—	0,024	0,005

Ала-гюнейское месторождение представляет собой южное продолжение рудного поля Джиндаринского месторождения. Оно расположено в 1,5 км к югу от с. Личк на абсолютной высоте 2000 м. В геологическом строении принимают участие порфириовидные гранодиориты и монцититы. По контактовой полосе монцититов и гранодиоритов развиты измененные, окварцованные, пиритизированные породы, образованные, большей частью, за счет гранодиоритов. Оруденение локализовано в этих измененных породах и представлено в виде вкрапленников и прожилок пирита, халькопирита и, редко, молибденита. Особенно широко здесь проявлены кварц-пиритовые жилы и прожилки.

Произведенные в разные годы небольшие по объему поисково-разведочные работы вскрыли, главным образом, приповерхностные части месторождения (зона окисления), поэтому отобранные из этих выработок пробы показали низкие содержания металлов (Cu—0,2—0,5%, Mo—следы).

Местами отмечаются промышленные содержания меди и молибдена.

Район месторождения заслуживает проведения широких поисковых и поисково-разведочных работ в связи с тем, что гидротермально измененные породы занимают большие площади и изучены только на поверхности. Имеющиеся данные дают основание считать, что глубокие горизонты месторождения должны быть более интересными в отношении концентрации медно-молибденового оруденения.

Кармиркарское месторождение находится в северной части Мегринского района, в 8 км к северо-востоку от с. Личк в верховьях ручья Шр-шр. В геологическом строении месторождения принимают участие лейкократовые граниты (с аплитовидной структурой), которые окварцованы, пиритизированы и содержат прожилки и вкрапленники молибденита. Геолого-разведочными работами выявлена зона гидротермально измененных пород с минерализацией молибденита. По данным скважин мощность зоны доходит до 40—45 м. Оруденение представлено многочисленными маломощными прожилками (1—2 см) кварца, который пропитан молибденитом. Кроме прожилков в скв. 13 на интервале 37—41 м установлено вкрапленное оруденение молибдена. По данным опробования скважин (13 и 14) содержание молибдена составляет от следов до 0,08%. Вкрапленное оруденение дает несколько повышенное содержание молибдена (0,1%).

На Кармиркарском участке выявлены также полиметаллические жилы и прожилки, невыдержанные по простиранию и по падению. Мощность жил колеблется от 0,1—0,2 до 1,2 м. В этих жилах содержание цинка составляет 1,5—4%, а свинца—0,8—2,6%. В полированных шлифах, изготовленных из полиметаллических прожилок, нами установлены следующие минералы: сфалерит, галенит, халькопирит, пирит, тетраэдрит в тесных ассоциациях друг с другом. В полях галенита встречаются мельчайшие выделения белого изотропного минерала с высокой отражательной способностью, очень похожего на алтаит (?).

Кармиркарское месторождение не представляет промышленного интереса из-за низкого содержания молибдена.

Мюлькское месторождение находится в 1 км к юго-западу от развалин села Мюльк, к югу от Ала-гюнейского месторождения в зоне Дебаклинского регионального разлома. В геологическом строении принимают участие породы монцонитовой интрузии и порфиroidные гранодиориты, которые прорезаны большим количеством аплит-пегматитовых жил. Оруденение приурочено к контакту указан-

ных пород, локализовано в кварцевых и пегматитовых жилах и представлено прожилками и вкрапленностью халькопирита, борнита, магнетита и молибденита. Полоса измененных минерализованных пород имеет северо-восточное простирание и протягивается на поверхности более 1 км при мощности до 30 м. В зоне Дебаклинского разлома оруденение меди и молибдена устанавливается в глиноподобной массе, а также в отдельных обломках и глыбах, что указывает на неоднократные тектонические движения, имевшие место в дорудном и пострудном времени. Произведенные небольшие геолого-поисковые и разведочные работы показали, что в зоне измененных пород только отдельные участки сравнительно богаты медью и молибденом, а в целом среднее содержание металлов по всей зоне низкое. Для выяснения перспективности месторождения необходимо наряду с широкими поисковыми работами проводить изучение глубоких горизонтов рудного поля.

Калерское месторождение расположено в 0,5 км южнее с. Калер среди пород монзонитовой интрузии. Оно открыто и описано С. С. Мкртчяном (1958). На участке месторождения интрузивные породы прорезаны многочисленными жилами пегматитов и аплитов, в которых местами отмечается интенсивная медно-молибденовая минерализация (молибденит, халькопирит, пирит). Наиболее интересный участок находится в логе ручья, протекающего южнее с. Калер. Здесь около уреза воды в правом его борту обнажаются две пегматитовые жилы мощностью 0,2—0,3 м, падающие на северо-запад  $330^\circ$  под углом  $30^\circ$ . Местами пегматиты превращены в кварц-карбонатные породы, в которых сохранились крупные кристаллы полевого шпата, кварца, биотита и хорошо образованные кристаллы молибденита, вкрапленники халькопирита и пирита. Из второстепенных минералов здесь присутствуют апатит, циркон, монацит и сфен.

В минерализованных породах наряду с мелкими кристаллами молибденита гексагонального облика встречаются крупные кристаллы в виде коротких и боченкообразных призм. Размеры их в поперечнике доходят до 5—6 см, а в высоту—3—4 см. В зоне окисления по молибдениту развиваются ферримолибдит и повеллит. Иногда кристаллы молибденита целиком замещены повеллитом, который полностью сохраняет кристаллографические формы молибденита. Местами встречаются также кристаллы халькопирита, с четко выраженными гранями тетраэдра. В жильной массе отмечается замещение полевого шпата и кварца карбонатом (доломит) и халцедоном.

При изучении пегматитовых образований района с. Калер Б. М. Меликсяну, А. С. Фарамазяну и Э. Х. Хуршудян

(1960) удалось в некоторых жилах установить ряд теллуридов (теллуровисмутит, сивьянит, гессит, алтаит, кренерит-калаверит) и висмутин (?). Среди минералов теллура сравнительно широко развит теллуровисмутит, который образует крупные пластинки размером 8—10 мм в поперечнике. Минерал характеризуется сильным металлическим блеском, оловянно-белым цветом и весьма совершенной спайностью. По данным вышеуказанных исследователей в более высокотемпературной стадии минерализации образовались главные сульфиды—молибденит, халькопирит и пирит; далее выделялась группа теллуридов и впоследствии, в более низкотемпературной стадии, образовались доломит и халцедон, которые сцементировали минерализацию предшествующих стадий.

Ввиду небольших размеров пегматитовых жил Калерское месторождение не может представить практического интереса, однако большое развитие гидротермально измененных пород, слабая изученность района месторождения и наличие столь интересной и разнообразной минерализации дает основание для проведения широких комплексных поисковых работ.

## Б. БАРГУШАТСКИЙ РУДНЫЙ РАЙОН

Баргушатский рудный район расположен по обоим склонам одноименного хребта, в пределах Сисианского (северный склон) и Кафанского (южный склон) административных районов.

Он представляет северное продолжение Зангезурского рудного района и впервые выделен и детально изучен в отношении металлогении в 1945—1946 годах И. Г. Магакьяном.

По геологическому строению и специфике оруденения Баргушатский рудный район имеет много общих черт с Зангезурским, однако по общим запасам медно-молибденовых руд и перспективам значительно уступает ему. Границами рудного района являются: на востоке р. Татеваджур, на юге—Пирымсарский хребет, за водоразделом которого он смыкается с Зангезурским рудным районом, на западе—граница с Нахичеванской АССР и, наконец, на севере—р. Воротан.

В орографическом отношении рудный район представляет сильно пересеченную горную местность с абсолютными высотами в пределах от 1600 до 3392,4 м. Баргушатский хребет, являющийся главной орографической единицей района, представляет восточный, широтный отрог наиболее

высокого на Малом Кавказе Зангезурского хребта и служит водоразделом бассейнов рек Воротан и Вохчи.

Детальные геологические, петрографические, металлогенические и минералого-геохимические исследования в Баргушатском рудном районе проводили Л. К. Конюшевский, А. Л. Додин, В. Н. Котляр, А. Н. Соловкин, С. С. Мкртчян, Ю. А. Арапов, И. Г. Магакьян, Ж. М. Григорян, Г. О. Пиджян, Т. Ш. Татевосян, Э. Х. Гульян, К. А. Карамян и др.

Высокогорный район Баргушатского хребта имеет сложное геологическое строение и относится к области развития интенсивно дислоцированных палеозойских и мезо-кайнозойских осадочно-вулканогенных отложений южной Армении.

В геологическом строении Баргушатского рудного района принимают участие метаморфическая толща докембрий-нижнепалеозойского возраста (обнажается по Хуступ-Гирратахскому разлому), известняки, сланцы, кварциты верхнего девона; вулканогенные толщи нижнего и среднего эоцена (порфириты, их туфы и туфобрекчии), вулканогенные породы миоплиоцена (андезито-дациты, липариты, их туфы и туфобрекчии), породы Сисианской глинисто-диатомитовой толщи верхнего плиоцена и четвертичные аллювиально-делювиальные отложения. За последние годы были получены некоторые новые данные по стратиграфии пород южного склона Баргушатского хребта. На основании находок микрофауны и изучения взаимоотношения пород различных толщ Г. Б. Межлумян и О. П. Гуюмджян (1963) приходят к выводу, что известняковая толща, развитая по р. Ах-сахкал и пригребневой части Баргушатского хребта, относится не к девонскому возрасту, как считалось раньше, а к мелу. При изучении карбонатных толщ бассейна р. Гехи к северу от одноименного села О. П. Гуюмджяном была найдена весьма богатая, но однообразная фауна гастропод и кораллов, определение которых показало, что они относятся по возрасту к верхней перми. Здесь следует отметить, что еще в 1949 году на левом борту р. Гехи в районе с. Гехи С. С. Мкртчяном и автором в метаморфизованных, битуминозных сланцах и известняках были найдены отпечатки фауны, определение которых показало, что они относятся к среднему палеозою—девону. Эти данные дают основание считать, что, по всей вероятности, в бассейне р. Гехи имеются как известняки верхнего девона, так и перми и мела. Этот вопрос заслуживает специального изучения.

В Баргушатском рудном районе интрузивные породы имеют широкое развитие; они занимают около половины всей площади и представлены различными породами—от

кислых до основных со всеми переходными разностями между ними. Интрузивные породы района прорывают среднеэценовые вулканогенные толщи и местами трансгрессивно перекрываются глинистыми диатомитами верхнего плиоцена. Изучение взаимоотношений различных типов интрузивных пород показывает, что они образовались в результате многофазного последовательного внедрения габброидных пород, монзонитов, сиенитов, гранодиоритов и порфиридных гранитов.

Минерализация пород тяготеет к определенным фазам внедрения и выражена различно для каждой фазы. С габброидными и монзонитовыми породами пространственно связаны только незначительные проявления меди, полиметаллов и серного колчедана; к граносиенитам и сиенитодиоритам тяготеют некоторые небольшие рудопоявления меди, молибдена и полиметаллов, а с гранодиоритами и кварцевыми диоритами связано большинство рудопоявлений меди и молибдена, и среди них самые перспективные.

Детальные работы по изучению металлогении рудного района проводились в 1945—1946 годах экспедицией Института геологических наук под руководством И. Г. Магакьяна, в результате чего были открыты Дастакертское медно-молибденовое месторождение, проявления медно-молибденовых руд Ял-юрт, Мегрили, Пюсек, Чичаглы, Мичи-мат.

В дальнейшем Ж. М. Григоряном и Г. О. Пиджяном обнаружены многочисленные проявления медных и медно-молибденовых руд (Нижнее Чичаглы, Салкерк, Нарзанное, Водораздельное и др.).

В Баргушатском рудном районе известны следующие типы руд: медно-молибденовый (Дастакерт, Чичаглы и др.), титано-магнетитовый (Сваранц), скарновый медно-молибденовый (Кефашен и др.), полиметаллический (Барцраван, Лернашен и др.) и реальгар-аурипигментовый (Сальвард). Первые четыре типа связаны с эоцен-олигоценным интрузивным циклом, а реальгар-аурипигментовая формация руд — с дацитами плиоценового возраста. В практическом отношении наибольший интерес представляют медно-молибденовые и титано-магнетитовые руды.

## **1. ДАСТАКЕРТСКОЕ МЕДНО-МОЛИБДЕНОВОЕ МЕСТОРОЖДЕНИЕ**

### **а) ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ**

Дастакертское месторождение расположено на северном склоне Баргушатского хребта в 3 км к югу от с. Дастакерт в ущелье р. Кызкошты, на абсолютной высоте в среднем 2300 м. Оно открыто в 1945 г. И. Г. Магакьяном и В. Х. Аро-ян (1946).

В 1947 г. на Дастакертском месторождении начались разведочные работы под руководством Г. А. Оганесяна и Г. А. Аракеяна. В дальнейшем разведочными работами многие годы руководили А. Е. Казарян, Э. Х. Гульян, Г. А. Арутюнян и др.

В течение 1948—1950 годов автор детально изучил месторождение и составил геологическую карту в масштабе 1 : 5000. В этот период М. П. Исаенко производила геологоструктурное и минералогическое изучение руд Дастакерта. Начиная с 1950 по 1953 г. на месторождении были поставлены комплексные геофизические работы (под руководством Г. М. Ванцяна) с целью разработки методики геофизических работ и выявления новых рудных зон.

Гидрогеологическим и геохимическим изучением вод занималась Н. И. Долуханова (1958), а петрографией жильных пород—Т. А. Аревшатыан.

С 1952 г. по 1954 г. и, в дальнейшем, в 1960 г. К. А. Карамян проводил детальные исследования по изучению структуры и условий образования месторождения.

Специальные минералого-геохимические исследования руд месторождения проводились автором, в результате чего были выявлены характерные элементы—примеси (Re, Se, Te, Bi и др.) в рудах, отдельных рудообразующих сульфидах и выяснены геохимические особенности руд.

В 1952 г. на базе Дастакертского месторождения был построен комбинат, выпускающий медные и молибденовые концентраты. Наряду с эксплуатацией продолжают разведочные работы на флангах месторождения и на рудопроявлениях, тяготеющих к рудному полю Дастакерта.

#### б) ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ И ОСОБЕННОСТИ СТРУКТУРЫ РУДНОГО ПОЛЯ

В геологическом строении Дастакертского месторождения принимают участие вулканогенная толща нижнего эоцена и прорывающие ее интрузивные породы гранодиоритового состава. Вулканогенная толща представлена порфиритами, их туфами и туфобрекчиями. Порфириты и роговики слагают, в основном, дно ущелья р. Кызкошты и нижние части склонов долины, а выше по обоим бортам обнажаются гранодиориты. На этом участке особенно интенсивно проявляется гидротермальное изменение и ороговикование порфиритов, что объясняется пропариванием этого останца кровли, находящегося между двумя штоками гранодиорита. Гидротермальное изменение порфиритов охватывает полосу длиной около 3,5 км при средней ширине 0,5 км вдоль обоих бортов

р. Кызкошты. Мощность останца этих порфиристов по данным буровых скважин доходит в среднем до 200 м.

Многочисленными спектральными анализами в измененных, окварцованных, пиритизированных ороговикованных порфиристах рудного поля Дастакерта и тяготеющих к нему участков (Алишер, Чичаглы) нами (1959) установлены повышенные содержания молибдена (0,003—0,01%) меди (0,03%), свинца (0,003—0,01%). Эти данные показывают, что порфиристы заражены молибденом, медью и свинцом на большой площади как в рудном поле Дастакертского месторождения, так и за его пределами. Это обстоятельство может служить одним из оснований для проведения детальных поисково-разведочных работ, с целью выявления среди измененных порфиристов новых участков с промышленной концентрацией меди и молибдена.

Гранодиориты обнажаются по водоразделу рек Кызкошты, Дастакерт и в верховьях Пюсека и Ял-юрта. Периферические участки массивов сложены переходными разностями пород, кварцевыми монцонитами, монцонитами и диоритами. Встречаются участки, где гранодиориты сильно изменены, окварцованы, каолинизированы и пиритизированы и наряду с вулканогенными породами являются рудовмещающими.

Многочисленными спектральными анализами в свежих гранодиоритах обнаружены повышенные содержания меди (0,03—0,1%), молибдена (0,003—0,01%), серебра (0,001%). Кроме того, устанавливается аналогичный элементарный состав для гранодиоритов и медно-молибденовых руд, что свидетельствует об их генетическом родстве.

Жильные породы широко развиты в районе месторождения и представлены, главным образом, диорит-порфиристами и диабазовыми порфиристами.

Спектральные анализы диорит-порфиристов показывают постоянно-повышенные содержания молибдена (0,003—0,01) и меди (0,01—0,03) по сравнению с кларками этих элементов. Приведенные данные указывают, что имеется тесная генетическая связь между дайками диорит-порфиристов и медно-молибденовым оруденением. По-видимому, трещины, по которым внедрялись дайки, служили путями для циркуляции гидротермальных растворов и играли определенную роль в процессе рудообразования. Поэтому при поисках и разведочных работах необходимо учитывать расположение даек диорит-порфиристов и при наличии благоприятной структуры сосредоточить проходческие работы между дайками и вдоль их простирания с целью выявления новых участков с промышленной концентрацией меди и молибдена.

Диабазовые порфириты являются наиболее распространенными жильными образованиями месторождения.

К участкам развития серий даек диабазовых порфиритов пространственно приурочено богатое промышленное медно-молибденовое оруденение брекчиевидного типа. Дайки на этих участках играли двоякую роль: во-первых, будучи более плотными, массивными породами при тектонических движениях почти не подверглись дроблению, однако способствовали более сильному раздроблению блоков порфиритов, заключенных между ними; во-вторых при поднятии рудоносных растворов пологопадающие дайки играли роль экранов и способствовали концентрации медно-молибденового оруденения. Местами трещины, по которым внедрялись дайки, служили путями для циркуляции гидротермальных растворов. Это доказывается как наличием сульфидного оруденения в дайках в виде прожилок и вкрапленников халькопирита, сфалерита, галенита и примазок молибденита, так и повышенными содержаниями меди (0,03—0,1%) и молибдена (0,01—0,03%). По времени образования диабазовые порфириты являются более поздними, чем диорит-порфириты. Имеются факты пересечения диорит-порфиритов диабазовыми порфиритами.

Роговообманковые диорит-порфириты являются третьим типом жильных пород Дастакерта и разновидностью более светлых диорит-порфиритов. Они сравнительно с другими жильными образованиями слабо подвергнуты гидротермальным изменениям, в них местами отмечаются пиритизация и прожилки карбоната.

Среди факторов, благоприятствующих локализации оруденения, для Дастакертского месторождения важнейшим является структурный. Крупные концентрации медно-молибденовых руд контролируются зонами раздробленных, перетертых брекчированных пород. Наблюдается прямая зависимость интенсивности оруденения от степени дробления пород. Сильно раздробленные, перетертые, брекчированные породы являлись наиболее благоприятной средой для локализации оруденения.

Рудное поле Дастакерта имеет сложное строение. Основной рудоконтролирующей структурой является Кызкаштинский разлом, который прослеживается в северо-западном направлении, вдоль р. Кызкошты. Разлом сопровождается зонами раздробленных, брекчированных пород, содержащими медно-молибденовое оруденение. По мере удаления от разлома степень изменения и минерализации пород ослабевает. Исследованиями Мкртчяна С. С. (1958) и автора установлено, что богатое медно-молибденовое оруденение локализуется, главным образом, в структурах северо-восточного

и близширотного простираций, сопряженных с указанным выше разломом.

В ущелье р. Кызкошты вдоль разлома у русла ручья отмечаются многочисленные выходы минеральных источников углекисло-железистого состава, что указывает на наличие разлома.

Контактные участки ороговикованных порфиров и гранодиоритов в тех случаях представляли благоприятную среду для рудоотложения, когда направление контакта совпадало с зоной дробления. Местами контактные участки ороговикованных порфиров и гранодиоритов безрудные, а иногда отмечается только пиритизация пород.

В рудном поле месторождения широко развиты также пострудные трещины, представленные неминерализованными нарушениями, заполненными тектонической глиной.

На Дастакертском месторождении геолого-разведочными работами оконтурены два участка с промышленными содержаниями медно-молибденовых руд: Центральный и Новый; последний находится к юго-востоку от Центрального участка.

На Центральном участке выделяются довольно четко две основные рудоносные зоны, вытянутые в северо-западном направлении и падающие на северо-восток под углом 60—70°. Они отличаются друг от друга как по составу рудовещающих пород, так и характером оруденения. Первая рудоносная зона представлена окварцованными порфирами и роговиками и характеризуется интенсивным медно-молибденовым оруденением (брекчиевидные руды штолен 7, 2, 3, 14, 40, 16, 30). Вторая рудоносная зона представлена оруденелыми измененными гранодиоритами и характеризуется резким преобладанием меди над молибденом (вкрапленные руды штолен 5, 2, 13, 14, 39 и др.). В указанных зонах оруденение распределено резко неравномерно, наряду с очень богатыми участками имеются отрезки, почти безрудные или с очень убогим оруденением. В рудоносных зонах рудные тела представлены линзообразными, гнездообразными формами и имеют обычно небольшую протяженность.

Рудоносная зона порфиров и роговиков характеризуется, главным образом, молибденовыми рудами с примесью меди; однако на отдельных участках иногда преобладает медь. Молибденит часто представлен в виде цемента среди брекчированных роговиков и, реже, присутствует в виде прожилок, вкрапленников и примазок.

Рудоносная зона измененных гранодиоритов характеризуется, в основном, медным оруденением. Халькопирит и борнит присутствуют в виде вкрапленников, прожилок

и гнездообразных образований. Молибденит тесно связан с халькопиритом и представлен примазками, вкрапленниками и, редко, прожилками. На отдельных участках (шт. 13 и др.) молибденит образует крупные выделения в виде розеток. Халькопирит на отдельных участках (шт. 5 и др.) замещает кристаллы пирита и образует псевдоморфозы пентагондодекаэдрического габитуса. Буровыми скважинами рудоносные зоны прослежены до глубины 300 м. Данные разведки показывают выдержанность руд (в отдельных случаях обогащение) в содержании молибдена по падению рудных зон на значительную глубину.

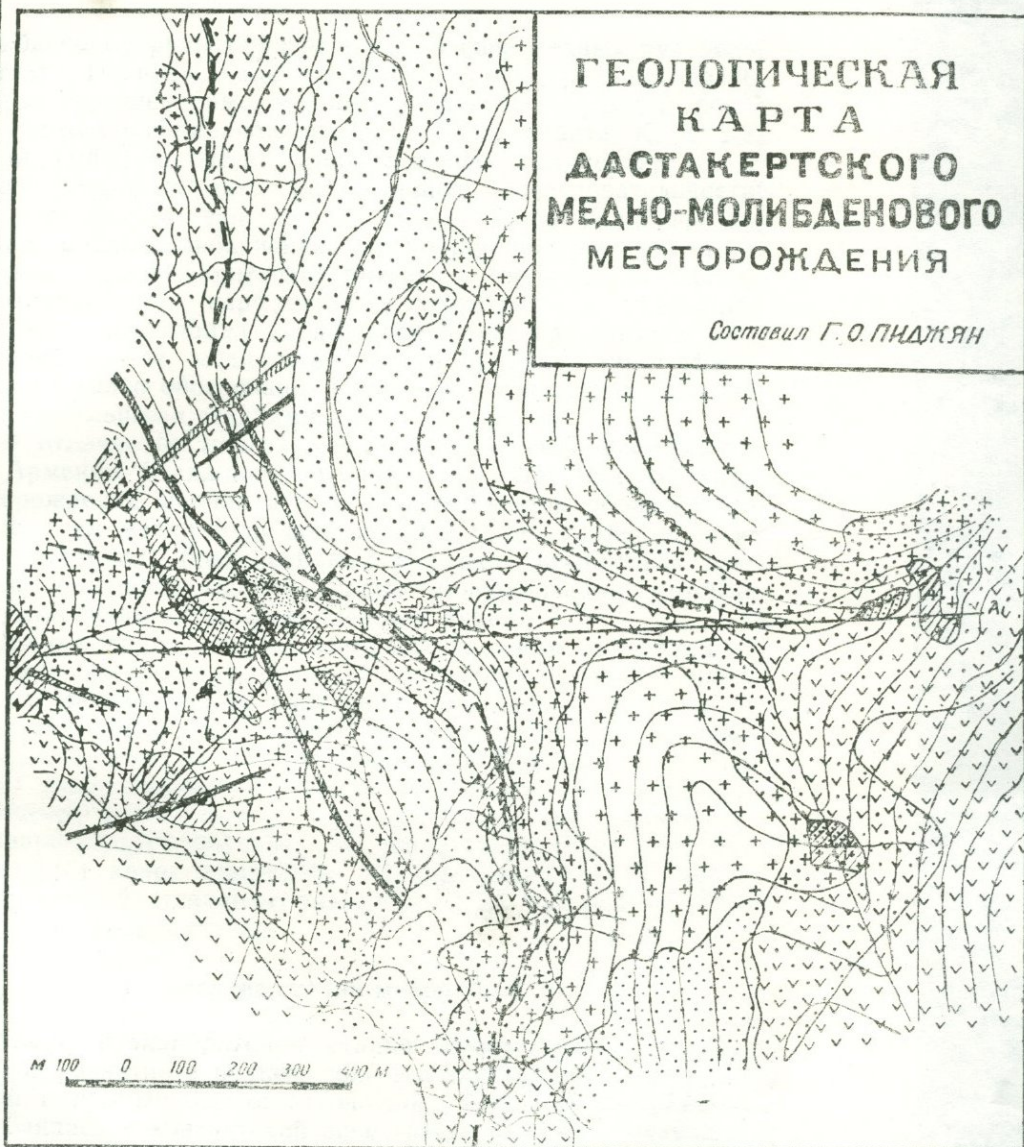
Участок «Новый» находится в 0,7 км к юго-востоку от Центрального участка и по своему геологическому строению и характеру минерализации почти не отличается от него. По контакту гранодиоритов и порфиритов развита довольно мощная полоса (до 0,3 км) измененных окварцованных, пиритизированных пород, несущих медно-молибденовое оруденение. В полосе измененных, слабо минерализованных работами гранодиоритов и порфиритов геолого-разведочными работами установлены и разведаны пять рудных зон. Наиболее мощной является первая зона, которая вытянута в северо-восточном направлении и разведана на двух горизонтах штольнями 100 и 106. Остальные рудные зоны имеют небольшие размеры и вытянуты как в северо-восточном (вторая), так и в северо-западном направлении. С глубиной контуры рудных зон увеличиваются, а местами и сливаются. Оруденение в рудных зонах представлено вкрапленниками и прожилками халькопирита, молибденита, а также примазками молибденита, распределение которых весьма неравномерно. На отдельных небольших отрезках встречаются брекчиевидные богатые медно-молибденовые руды. На участке «Новый» разведочными работами установлено повышение содержания молибдена с глубиной и, в целом, преобладание его над медью по сравнению с Центральным участком.

#### в) СТАДИИ МИНЕРАЛИЗАЦИИ И МИНЕРАЛЬНЫЙ СОСТАВ РУД

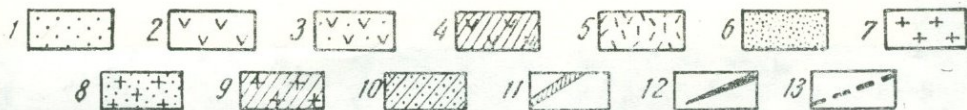
Вопросами стадийного развития процесса рудообразования в разные годы занимались И. Г. Магакьян, М. П. Исаенко, Г. О. Пиджян, К. А. Карамян, А. Г. Казарян, А. И. Карапетян и др., которые установили, что минералообразование в Дастакертском месторождении протекало в сложных физико-химических условиях и имеет многостадийный характер. Отдельными исследователями выделяются от 4 до 10 стадий минерализации в процессе формирования руд. И. Г. Магакьян считает, что брекчиевидные богатые медно-

# ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА ДАСТАКЕРТСКОГО МЕДНО-МОЛИБДЕНОВОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Составил Г. О. ПИДЖАН



Разрез по линии А-А,



Фиг. 7. 1. Четвертичные аллювиально-делювиальные отложения. 2. Нижний эоцен. Пироксено-плаггиоклазовые порфиры, свежие, безрудные. 3. Порфиры сильно окварцованные и пиритизированные. 4. Порфиры сильно измененные с медно-молибденовым оруденением. 5. Ороговикованные порфиры, брекчированные, с интенсивным медно-молибденовым оруденением. 6. Миоцен. Гранодиориты свежие, безрудные. 7. Гранодиориты окварцованные и пиритизированные. 8. Гранодиориты со слабым медным оруденением. 9. Гранодиориты сильно измененные с медно-молибденовым оруденением. 10. Дайки порфиров. 11. Дайки диабазовых порфириров. 12. Линии тектонических нарушений.

молибденовые руды образовались позднее медных руд эндоконтакта. По представлению М. П. Исаенко, раньше образовались брекчиевидные медно-молибденовые руды, а после них прожилково-вкрапленные руды эндоконтакта. К. А. Кармян (1962) процесс рудообразования расчленяет на 10 стадий минерализации в следующей последовательности: медно-полевешпатовая, медная, первая медно-молибденовая, вторая медно-молибденовая, медно-карбонатная, кварц-пиритовая, кварц-пирит-сфалеритовая, полиметаллическая, алабандиновая и карбонатная. Некоторые из указанных стадий минерализации (медно-полевешпатовая, вторая медно-молибденовая, медно-карбонатная и кварц-пирит-сфалеритовая) слабо обособлены и вряд ли являются отдельными самостоятельными стадиями.

В отличие от многих медно-молибденовых месторождений Армении (Каджаран, Агарак и др.) на Дастакертском месторождении медная стадия минерализации образовалась раньше, чем медно-молибденовая. Это доказывается наличием в обломках брекчиевидных руд вкрапленников и прожилок минералов медной стадии минерализации, которые сцементированы медно-молибденовой рудой.

На основании анализа всего накопленного материала по минеральному составу, текстурно-структурным особенностям руд, взаимоотношениям различных по составу прожилок и учитывая данные, полученные по этим вопросам другими исследователями (И. Г. Магакьян, К. А. Кармян, А. Г. Казарян) нами выделяются следующие стадии минерализации в процессе формирования Дастакертского месторождения: 1) кварц-халькопиритовая; 2) кварц-халькопирит-молибденитовая; 3) кварц-пиритовая; 4) кварц-карбонат-сфалерит-галенитовая; 5) теннантит-энаргитовая; 6) карбонат-алабандиновая и 7) карбонатная.

## 1) Описание стадий минерализации

*Кварц-халькопиритовая* стадия минерализации имеет широкое развитие в рудном поле месторождения и является ценной в промышленном отношении. Она пространственно обособлялась в контактовой зоне гранодиоритов и порфири-тов, главным образом в эндоконтакте. Основными минералами этой стадии являются халькопирит, борнит и пирит. В целом количество молибденита незначительно, однако местами образуются скопления, представляющие практический интерес.

Минерализация этой стадии начинается выносом из магматического очага гидротермальными растворами серы,

железа, титана, кремния и молибдена. В результате реакций этих элементов с серой и с кислородом во вмещающих породах образуются вкрапленники магнетита, пирита (широкая пиритизация пород кровли и штоков гранодиорита), гематита, рутила, прожилки кварца с пиритом и молибденитом, крупные чешуйки и кристаллы (розетки) молибденита в тесной ассоциации с кварцем. При образовании магнетита, пирита и гематита, по всей вероятности, часть железа была заимствована из темноцветных минералов вмещающих пород. Вслед за выносом вышеуказанных элементов растворы поднимают значительные количества меди и немного молибдена, образуются вкрапленники и гнездообразные выделения халькопирита, борнита, примазки и вкрапленники молибденита в тесной ассоциации друг с другом. Местами в трещинах отлагаются кристаллы полевого шпата, несущие минерализацию меди и молибдена.

На отдельных участках (шт. 5; 13) нами (1950) были установлены и описаны псевдоморфные кристаллы халькопирита по пириту. В шт. 13 встречаются недоразвитые кристаллы халькопирита (тетраэдры) в тесной ассоциации с пиритом.

Молибденит представлен вкрапленниками, блестящими кристаллами (розетками) от нескольких мм до 1 см и более, в тесной ассоциации с друзами кварца, халькопиритом и пиритом. Химическими анализами (таблица 13) в молибденитах установлены повышенные содержания рения, селена и теллура.

Халькопирит является наиболее широко распространенным минералом этой стадии минерализации. Он представлен вкрапленниками, гнездообразными выделениями; часто образует недоразвитые кристаллы (тетраэдры) и псевдоморфозы по пириту.

В псевдоморфных кристаллах по пириту из шт. 5 химическим анализом установлены: Fe—43,05%, S—41,03% и Cu—16,51%. Спектральным анализом обнаружены: Mn—0,01%, Ni—0,003—0,01%, Co—0,03—0,1%, Ag—0,001—0,003%.

*Кварц-халькопирит-молибденитовая* стадия минерализации началась в условиях нового пароксизма тектонических напряжений, в результате чего образовались раздробленные зоны северо-западного простирания и сопряженные с ними системы мелких трещин северо-восточного и юго-восточного простираний как среди гранодиоритов, так и, главным образом, в ороговикованных порфиритах. Эта стадия является наиболее важной в промышленном отношении в связи с тем, что именно с ней связаны крупные концентрации богатых брекчиевидных медно-молибденовых руд.

Таблица 13

Содержание элементов-примесей в главных рудообразующих минералах  
Дастакертского месторождения по стадиям минерализации

Стадии минерализации и минералы	Кол-во хим. анал.	Среднее содержание элементов в %							
		Re	Se	Te	Ge	Bi	Ag	Cd <sup>x</sup>	In <sup>x</sup>
Кварц-халькопиритовая									
1 Молибденит	2	0,0127	0,0091	0,0022	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.
2 Халькопирит	2	не обн.	0,0039	0,0030	0,00005	не обн.	0,0008	не обн.	не обн.
Кварц-халькопирит-молибденитовая									
1 Молибденит	5	0,0246	0,0041	0,0040	0,0001	0,0230	0,0032	0,0006	не обн.
2 Халькопирит	6	не обн.	0,0143	0,0050	0,00015	0,0547	0,0050	0,0040	не обн.
3 Пирит	2	0,0001	0,0070	0,0341	не обн.	0,0425	0,0053	0,0015	не обн.
Кварц-карбонат-сфалерит-галенитовая									
1 Сфалерит	3	0,00002	0,0026	0,0021	0,00018	0,0012	0,0044	1,0	0,0015
2 Галенит	2	не обн.	0,0120	0,0140	0,00012	0,0570	0,0260	0,03	не обн.
3 Халькопирит	2	0,00007	0,0070	0,0028	0,0003	0,0012	0,0014	не обн.	не обн.
4 Пирит	4	0,0001	0,0090	0,0119	не обн.	0,0255	0,0061	0,07	не обн.
Карбонат-алабандиновая									
1 Алабандин	2	0,00007	0,0030	0,0001	0,0001	0,0087	0,0020	не обн.	не обн.

\* Данные спектральных анализов.

Минерализация характеризуется сложным составом; совместно с главными минералами—молибденитом и халькопиритом—встречаются борнит, пирит, висмутин, виттихенит, эмплектит, энаргит, люционит, арсенопирит, сфалерит, кобальтин, галеновисмутит, теннантит, висмут-содержащая блеклая руда, бурнонит, самородное золото, самородное серебро, гессит, теллуrowисмутит.

Молибденит является весьма характерным и широко распространенным минералом, представляя один из главных и ценных компонентов руды. Встречается в виде примазок, прожилок, вкрапленников и, преимущественно, в виде цемента обломков ороговикованных порфиров. Парагенетически молибденит тесно ассоциирует с халькопиритом и отчасти с борнитом, часто образуя с ними зернистые сростания. Химическими анализами (табл. 13) в молибденитах установлены высокие содержания рения и висмута, а также повышенные содержания селена, теллура и серебра.

Халькопирит представлен гнездообразными выделениями, вкрапленниками, прожилками и в виде цемента обломков измененных ороговикованных пород. Он особенно тесно связан с кварцем, молибденитом, пиритом и борнитом. В полях халькопирита часто встречаются висмутин, виттихенит, эмплектит, энаргит, люционит. В халькопиритах (таблица 13) установлены очень высокие содержания висмута, повышенные содержания селена, теллура, серебра и германия.

*Кварц-пиритовая стадия* минерализации имеет небольшое развитие в рудном поле и представлена маломощными (2—3, редко 5—8 см) прожилками, сложенными кварцем, пиритом, совместно с которыми часто встречаются халькопирит, молибденит и редко тетрадимит, алтаит (?), висмутин и теллуrowисмутит. Химическим анализом в пирите (проба 301) установлены: Re—0,0001%, Se—0,007%, Te—0,20%, Bi—0,270%, Ag—0,0050%.

На южном участке месторождения встречаются руды, в которых пирит тесно ассоциирует с борнитом. В полированных шлифах наблюдается следующая интересная картина: хорошо образованные кристаллы пирита скаймлены борнитом и все это находится в стяжении колломорфного пирита. Здесь пирит представлен в двух генерациях—ранний, кристаллический, образованный до борнита, и поздний, образованный после борнита (фиг. 26).

*Кварц-карбонат-сфалерит-галенитовая стадия* минерализации пространственно обособлялась в гранодиоритах и ороговикованных порфиритах. До отложения минералов этой стадии имели место тектонические подвижки, создавшие новые трещины, главным образом, северо-восточного про-

стирания, выполненные впоследствии кварцем, карбонатом, сфалеритом, галенитом, пиритом и другими минералами, прожилки которых пересекают образования ранних стадий минерализации, а на участке шт. 5 цементируют обломки медно-молибденовой руды. Отложение минералов в этой стадии происходило в средне-низкотемпературных условиях, на что указывает состав образующихся минералов, в особенности наличие карбоната и халцедоноподобного кварца. Кроме главных минералов (сфалерита, галенита, халькопирита) в этой стадии встречаются молибденит, энаргит, теннантит, тетраэдрит, висмутин, виттихенит, теллуровисмутит, гессит и арсенопирит.

Химические и спектральные анализы (таблица 13) показывают, что сфалериты характеризуются высокими содержаниями кадмия и повышенными содержаниями селена, теллура, висмута, серебра, германия, рения и индия. Галениты—высокими содержаниями висмута, серебра, теллура и селена.

*Теннантит-энаргитовая стадия* минерализации впервые выделяется автором. Она имеет весьма ограниченное и локальное распространение и представлена несколькими маломощными (2—3 см) прожилками. При детальном изучении полированных шлифов нами было установлено, что обломки кварца и кварц-карбонатного состава, содержащие оруденение ранних стадий минерализации (кварц-халькопиритовая, кварц-пиритовая) сцементированы теннантит-энаргитовой массой (фиг. 18). Эти данные послужили основанием для выделения самостоятельной теннантит-энаргитовой стадии минерализации и расположения ее в общей схеме последовательности рудообразования, (исходя из парагенетической ассоциации минералов, наличия халькозина, теннантита, германиевых минералов) после кварц-карбонат-сфалерит-галенитовой стадии минерализации. К. А. Карамян (1962) образование теннантит-энаргитовых прожилков связывает с ранней стадией минерализации в виде отдельной теннантит-энаргитовой парагенетической ассоциации, которая во времени является непосредственным продолжением пирит-борнит-халькопиритовой ассоциации.

Минерализация этой стадии представлена кварцем, карбонатом, энаргитом, теннантитом, борнитом, халькозином, пиритом, халькопиритом, самородным золотом и самородным серебром. В этой парагенетической ассоциации минералов К. А. Карамяном (1959) были обнаружены в полях энаргита и борнита мельчайшие выделения германита и реньерита.

*Энаргит* встречается в виде прожилков на участке шт. 14 (карьер 2), где тесно ассоциирует с теннантитом, борнитом

и халькопиритом. Обычно в полях энаргита развиваются выделения борнита и халькопирита. Энаргит является более ранним образованием, чем теннантит; последний часто развивается в энаргите и замещает его.

Спектральным анализом в энаргитах обнаружены: Fe—0,3—1,0%; Mn—0,01—0,03%; Mo—0,001—0,003%; Pb—0,001%; Ag—0,003—0,01, Sb—1,0—3,0%, Bi—0,003%; Zn—0,1% и Ge—0,003—0,01%. Химическим анализом в энаргитах установлен германий от 0,0024 до 0,0035%.

По данным К. А. Карамяна (1962), в чисто отобранных кристаллах энаргита химическим анализом (аналитик С. А. Дехтрикян) установлены: Cu—48,42%; Sb—3,29%; Zn—0,29%; Fe—0,63%; As—16,55%; S—32,36%.

Теннантит представлен неправильными выделениями и тесно ассоциирует с энаргитом, борнитом и халькопиритом.

*Карбонат-алабандиновая стадия* минерализации пространственно обособилась в более поздних трещинах среди гранодиоритов и проявилась только на отдельных участках (шт. 13, 14) месторождения в виде маломощных жил и прожилков. Минерализация этой стадии является необычной, своеобразной и заслуживает внимания в связи с тем, что алабандин является редким минералом и условия его образования еще полностью не выяснены. Отложение минералов в этой стадии происходило в более низкотемпературных условиях, на что указывают состав и характер образованных минералов, в особенности наличие карбонатов (родохрозит, манганкальцит), колломорфного пирита, мельниковита и других минералов. В прожилках родохрозита, кроме алабандина, мельниковита и мельниковит-пирита, встречаются небольшие выделения халькопирита, сфалерита, галенита, теннантита и энаргита.

Алабандин впервые обнаружен и описан К. А. Карамяном (1962). Встречается в виде прожилков мощностью до 5—10 см в тесной ассоциации с родохрозитом, мельниковитом, галенитом, сфалеритом и халькопиритом. Алабандин часто замещается мельниковитом. Спектральным анализом в алабандине обнаружены: Fe—0,03—0,1%; Mn—10%; Ti—0,003%; Cr—0,001%; Cu—0,03—0,1%; Ag—0,003%; Sb—0,01%; Bi—0,01%; Zn—0,01—0,03%. Химическим анализом (две пробы) в алабандине установлены: Se—0,0030%; Te—0,0001%; Ge—0,0001%; Ga—не обн., Ag—0,0020%; Re—0,00007%; S—34,66%; Bi—0,0087%. По данным К. А. Карамяна в алабандине установлены: Fe—0,09%; Mg—3,37%; Mn—59,67%; S—36,35% (аналитик С. А. Дехтрикян).

*Карбонатная стадия* минерализации имеет небольшое развитие в рудном поле и встречается в виде маломощных

жил и прожилок анкерита, манган-кальцита и кальцита, не содержащих оруденения. Эти прожилки секут кварц-сульфидные (халькопирит, молибденит), кварц-карбонат-сульфидные и карбонат-алабандиновые прожилки.

Среди вышеописанных стадий минерализации наибольшее значение имеют кварц-халькопиритовая и кварц-халькопирит-молибденитовая, в течение которых, в основном, заканчивается процесс формирования Дастакертского месторождения и образуются богатейшие медно-молибденовые руды.

## 2) Краткое описание жильных минералов

Кварц является широко распространенным жильным минералом. Он встречается в виде кристаллов в пустотах среди гранодиоритов (шт. 5, 13 и др.), где часто образует друзы и тесно ассоциирует с кристаллами и выделениями молибденита, халькопирита и пирита. Кварц молочно белого цвета, имеет крупно-кристаллическое строение, заполняет пустоты и трещины в породе, местами образуя сплошные участки неправильной формы. Обычно он раздробленный, и трещинки дробления заполнены сульфидами, карбонатами, хлоритом и серицитом.

Карбонаты представлены манган-кальцитом, кальцитом, анкеритом и родохрозитом. Они встречаются в виде жил и прожилков, часто содержат оруденение в виде вкрапленников и прожилков халькопирита, пирита, сфалерита, галенита, алабандина. Изучение показало, что карбонатные прожилки секут измененные рудовмещающие породы и кварцево-сульфидные прожилки. На основании данных анализа карбонат относится к мангано-кальциту.

В алабандиновых прожилках карбонат представлен родохрозитом, который имеет розоватый цвет и образует зернистые почковидные, шарообразные и сферолитовые агрегаты.

## 3) Гидротермально измененные рудовмещающие породы

Специальные исследования по изучению изменения рудовмещающих пород проводились А. Г. Казаряном, который выделяет три этапа преобразования пород: а) контакто-метасоматические изменения, выразившиеся в образовании различных роговиков; б) гидротермальные изменения, связанные со стадиями минерализации, и в) пострудные изменения.

В течение длительного времени, с каждой новой стадией

минерализации породы в рудном поле Дастакерта подвергались гидротермальному изменению. Исследованиями К. А. Карамяна, А. Г. Казаряна и автора установлено, что каждая стадия минерализации сопровождается специфическим типом и различной интенсивностью изменения вмещающих пород.

Для *кварц-халькопиритовой* стадии—серицитизацией, слабой хлоритизацией, окварцеванием, локальной полевошпатовизацией и карбонатизацией.

Для *кварц-халькопирит-молибденитовой* стадии минерализации—интенсивной серицитизацией и окварцеванием.

Для *кварц-пиритовой* и *кварц-карбонат-сфалерит-галенитовой* стадии минерализации—серицитизацией и слабой карбонатизацией.

Остальные стадии минерализации сопровождаются весьма слабыми изменениями вмещающих пород, выражающимися в хлоритизации и карбонатизации.

Таким образом, ранние стадии минерализации сопровождаются более разнообразными и интенсивными изменениями вмещающих пород, чем поздние. Наиболее широким типом изменения является серицитизация пород, характерная для многих стадий минерализации.

#### 4) Супергенные минералы

В Дастакертском месторождении хорошо выраженной зоны окисления не наблюдается, причиной этого является быстрая эрозия и смыв окисленного материала речкой Кызкошты.

Супергенные образования, в основном, выражены слабыми налетами, корочками, примазками, заохренностью вдоль трещин отдельностей. Они образуют небольшие участки с относительно интенсивным накоплением минералов зоны окисления.

Минералы зоны вторичного сульфидного обогащения—халькозин, ковеллин и борнит—присутствуют в небольших количествах и замещают сульфиды меди по периферии агрегатов зерен и по тончайшим трещинкам внутри их полей.

Е. А. Аюпян (1960), детально исследовавшая минералы зоны окисления, установила следующие супергенные минералы: медно-марганцевую смоляную руду, кальцит, галлуазит, аллофан, гипс, халькантит, копиапит и ярозит.

В районе Дастакертского месторождения широко распространены лимониты, малахит, редко встречаются азурит, хризоколла, куприт, доломит, смитсонит, церуссит, англезит, ильземанит и ферримолибдит.

Кроме вышеотмеченных минералов, в 1950 г. в шт. 2 нами была установлена самородная медь в виде мелких дендритов среди окварцованных порфиритов.

Таблица 14

Минеральный состав руд Дастакертского месторождения

Распространен. минералов	№№ п/п	Гипогенные минералы			№№ п/п	Супергенные минералы
		Рудные	№№ п/п	Жильные		
Главные	1	Халькопирит	1	Кварц	1	Лимонит
	2	Молибденит	2	Манган-кальцит	2	Малахит
	3	Пирит	3	Анкерит	3	Халькозин
	4	Борнит				
Второстепенные	5	Сфалерит	4	Кальцит	4	Борнит
	6	Галенит	5	Родохрозит	5	Ковеллин
	7	Магнетит	6	Серицит	6	Кальцит
	8	Гематит	7	Хлорит	7	Азурит
	9	Теннантит				
	10	Энаргит				
	11	Висмутин				
	12	Виттихенит				
Редкие	13	Эмплектит*			8	Медно-Мп-смоляная руда
	14	Рутил*			9	Куприт
	15	Людонит			10	Хризоколла
	16	Самородное золото*			11	Смитсонит
	17	Самород. серебро*			12	Церуссит
	18	Тетраэдрит*			13	Англезит
	19	Халькозин			14	Ильземанит
	20	Алабандин			15	Ферримолибдит
	21	Мельниковит				
	Очень редкие	22	Арсенопирит*			16
23		Галеновисмутит			17	Аллофан
24		Бурнонит*			18	Гипс
25		Аргентит			19	Халькантит
26		Гессит			20	Копиапит
27		Теллуrowисмутит*			21	Ярозит
28		Тетрадимит*			22	Самород. медь*
29		Алтаит*				
30		Кобальтин*				
31		Германит				
32		Реньерит				

\* Минералы, впервые установленные автором.

## 2. НЕБОЛЬШИЕ ИЛИ СЛАБО ИЗУЧЕННЫЕ МЕДНО-МОЛИБДЕНОВЫЕ И МОЛИБДЕНОВЫЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ И ПРОЯВЛЕНИЯ

Казанличское медно-молибденовое месторождение расположено между высокогорными озерами Казан-лич и Гек-гел (абсолютные отметки более 3000 м) и территориально охватывает восточный и западный склоны г. Саридаг (Баргушатский хребет) и каньоны рек Гехи и Сагкар. Месторождение выявлено в 1955 году Гехинской партией Управления геологии Армянской ССР (нач. Ж. М. Григорян) и в течение нескольких лет разведывалось.

Район месторождения сложен интрузивными (граниты, гранодиориты), экструзивными и вулканогенными породами; последние представлены порфиритами, их туфами, туфобрекчиями и туффитами. Встречаются также жильные породы—гранит-порфиры, диорит-порфиры и аплит-пегматитовые жилы. В контакте с порфировидными гранодиоритами вулканогенные породы ороговикованы и пиритизированы.

Наиболее крупные тектонические трещины в районе месторождения падают на северо-восток под углом 50—90° и на северо-запад под углом 50—75°.

Оруденение крайне неравномерно развито на большой площади среди гранодиоритов и порфиритов в виде вкрапленников—сульфидов и тонких прожилков и маломощных жил (0,4—0,5 м) кварца с халькопиритом, молибденитом и пиритом. В рудном поле выделяются участки, обогащенные медью и молибденом. На поверхности широко развиты окисленные минералы меди.

В минеральном составе руд кроме халькопирита и молибденита присутствуют магнетит, гематит, сфалерит, галенит, борнит, энаргит, аргентит, висмутин, теннантит, тетраэдрит, эмлектит и самородное золото. Супергенные минералы представлены лимонитом, малахитом, ковеллином, халькозином, борнитом, азурином, брошантитом, а жильные—кварцем, полевым шпатом, эпидотом, турмалином.

В результате проведенных геологоразведочных работ выделяются следующие участки: Центральный, Непрístupных скал, Южный и Северный.

Перспективы Казанличского месторождения пока недостаточно выяснены. Район месторождения заслуживает изучения комплексными поисковыми работами.

Кефашенское медно-молибденовое месторождение расположено на южном склоне г. Перейваг, в 0,6 км к северо-востоку от с. Кефашен на абсолютной высоте около 2000 м.

Оно известно издавна и частично разрабатывалось, о чем свидетельствуют многочисленные следы наклонных горных выработок и крупных ям. По данным Л. К. Конюшевского, на месторождении добывалась медная руда с содержанием меди до 10—12%. Месторождение изучено Л. К. Конюшевским (1911), А. Л. Додиным, С. А. Тараяном, С. С. Мкртчяном, С. И. Аванисяном, Г. М. Акоюном и Г. О. Пиджяном.

В геологическом строении месторождения принимают участие осадочные и вулканогенные образования верхнего девона, представленные слоистыми, частично мраморизованными известняками и рассланцованными метаморфизованными порфиридами, которые прорваны интрузией гранодиоритового состава. Среди интрузивных пород часто встречаются аплит-пегматитовые жилы и дайки диорит-порфирита и диабазовых порфиритов.

Оруденелыми являются скарны, образовавшиеся за счет известняков в контакте с гранодиоритовой интрузией. Скарновая полоса простирается на северо-запад  $290-305^\circ$  более одного километра, вдоль северного контакта Гехинской интрузии. Она падает согласно с падением контакта интрузии на север, северо-восток под углом  $35-60^\circ$ . Мощность скарновой зоны в зависимости от условий залегания пластов известняков к секущему контакту интрузии колеблется от 0,5 до 15 м.

Скарны образуют жилоподобные вытянутые тела, выдержанные по простиранию. Местами скарны образованы в интрузивном массиве и вокруг даек диорит-порфирита. По минеральному составу скарны относятся к гранат-пироксен-эпидотовому типу и представлены плотными, массивными породами красновато-бурого цвета с различными оттенками.

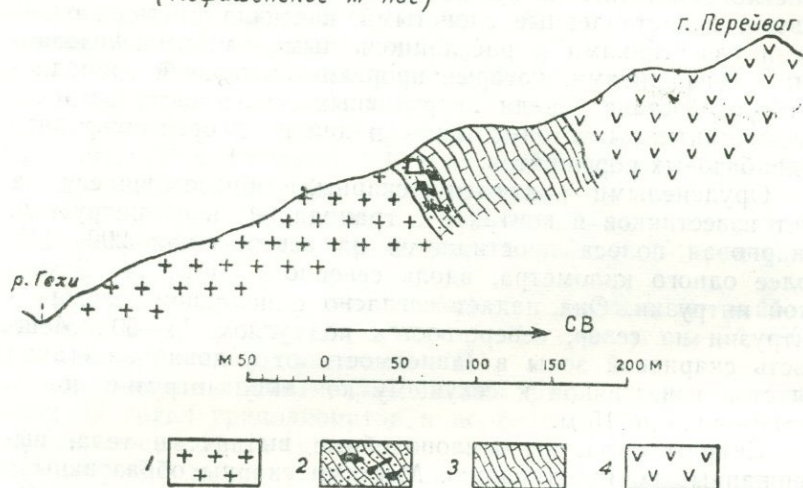
В скарнах хорошо выделяются кристаллы граната размерами от миллиметров до нескольких сантиметров. Скарны состоят из граната, пироксена, эпидота, кальцита, кварца, биотита, волластонита, плагиоклаза и калиевого полевого шпата. Из рудных минералов часто встречаются магнетит, гематит, халькопирит, молибденит, пирит, сфалерит, галенит и реже шеелит. Здесь следует отметить, что впервые молибденит отмечен А. Л. Додиным, а шеелит—С. С. Мкртчяном.

По нашим подсчетам минералогический состав гранатового скарна следующий: граната около 75%, карбонатов—15%, рудных минералов—3%, пироксена—до 1% и 6% приходится на другие минералы (кварц, полевой шпат, эпидот и др.). В гранато-пироксеновых скарнах граната—63%, пироксена—28%, кальцита—2%, кварца—1,5%, эпидота—до 1%, рудных минералов—до 2% и других минералов—2,5%.

Гранат является преобладающим минералом скарна и часто образует мономинеральные участки. По времени образования он выделяется первым, другие минералы скарна образуют в нем секущие жилки. По данным автора (1953), химические анализы различных гранатов и их пересчеты показывают, что гранаты Кефашенского месторождения

### Схематический разрез горы Перейваг

(Кефашенское м-ние)



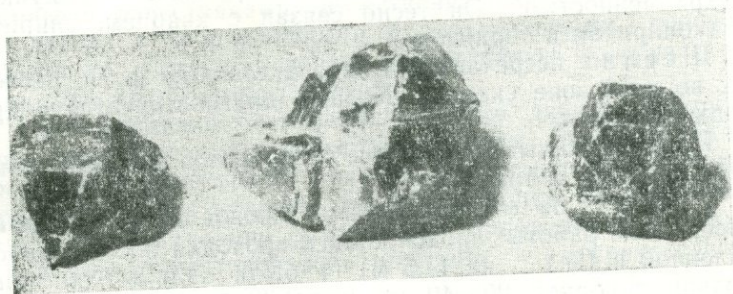
Фиг. 8. 1. Гранодиориты. 2. Скарны с медно-молибденовым оруденением. 3. Известняки. 4. Порфириты.

представлены андрадит-гроссуляровыми разновидностями, причем желтые кристаллы граната, в основном, относятся к андрадиту, а в красновато-коричневых и чернобурых кристаллах совместно с андрадитом присутствует в значительном количестве гроссуляр.

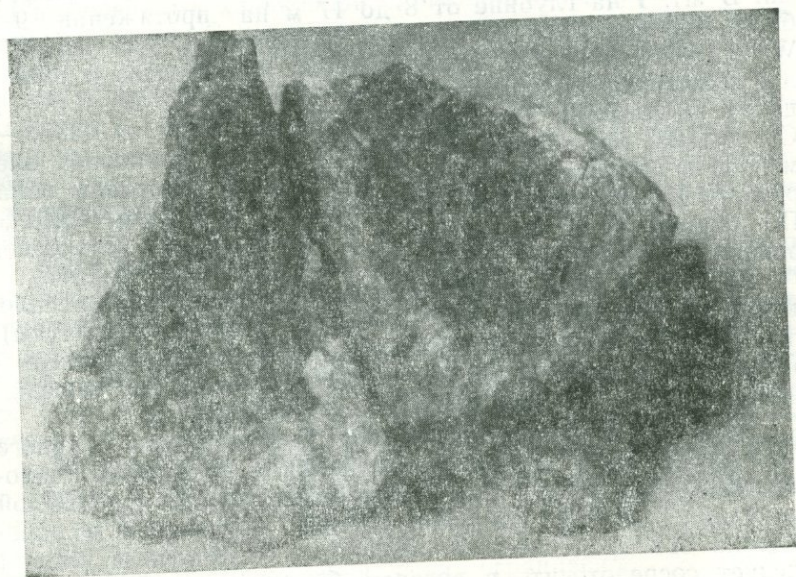
По минеральному составу скарны месторождения подразделяются нами на следующие основные типы: гранатовый, гранато-пироксеновый, гранато-эпидотовый, гранато-пироксеново-эпидотовый и гранато-эпидотово-кальцитовый. Указанные типы связаны между собой постепенными взаимными переходами. Из всех разновидностей скарнов преобладающими являются гранато-пироксеновые. На отдельных участках встречаются слоистые, полосчатые скарны, строение которых обусловлено первоначальной слоистостью известняков.

Среди гранато-эпидото-кальцитовых скарнов встречаются красивые образцы с лучистыми кристаллами эпидота и крупными кристаллами граната: кальцит в таких случаях заполняет промежутки между кристаллами эпидота и граната.

Среди гранато-пироксеновых скарнов выделяются отдельные рудные участки. Оруденение представлено вкрапленниками, гнездообразными включениями халькопирита, молибденита, магнетита, пирита, сфалерита, гематита, шес-



Фиг. 9. Кристаллы граната. (Кефашен). Натуральная величина.



Фиг. 10. Лучистые кристаллы эпидота в скарне. (Кефашен). Штуф. Натуральная величина.

лита и др. минералов, которые приурочены к всяческому боку скарновой зоны. Магнетит и шеелит характерны для процесса скарнирования и встречаются в рассеянном виде, не образуя скоплений, а остальные рудные минералы тесно связаны с кварцем и образовались в гидротермальном этапе минерализации.

Халькопирит образует вкрапленность и прожилки, а местами гнездообразные включения. Он тесно ассоциирует с кварцем и молибденитом, сфалеритом, борнитом.

Молибденит представлен крупными чешуйками и вкрапленностью. Он тесно связан с кварцем, пиритом, халькопиритом и борнитом.

Шеелит встречается в виде отдельных зерен, рассеянных во всей зоне скарнов. Хорошо диагностируется в прозрачных шлифах.

Из супергенных минералов встречаются малахит, ковеллин, халькозин и лимонит.

В 1949 г. на месторождении проводились небольшие разведочные работы; продолжалась проходка шт. I (приостановленной в 1941 г. на 11,5 м) и были заданы две новые штольни глубиной 20—40 м под наиболее обогащенные участки. На отдельных участках штольни вскрыли руды с промышленным содержанием меди, молибдена и вольфрама. В шт. I на глубине от 8 до 17 м на протяжении 9 м были вскрыты руды со средним содержанием Mo—0,16% и W—0,1%. В штреке I на протяжении 9 м среднее содержание молибдена составляет 0,07%; Cu—1,03%, W—0,1%. В целом по штольне I среднее содержание металлов низкое—Cu—0,41%, Mo—0,04%, W—0,01%. Кроме указанных элементов в оруденелом скарне спектральным анализом обнаружены Zn, As—до 0,1%, Ti, V—0,01%, Ni, Co, Ag—0,001%. По данным А. С. Фарамазяна, в молибдените установлены рений—0,008—0,01%, в среднем из трех проб—0,0095%.

В рудном поле Кефашенского месторождения расположены рудоносные участки Паяган и Чайкенд (Магмутлы). На Паяганском участке оруденение представлено халькопиритом, сфалеритом, пиритом и магнетитом, а на Чайкендском участке—халькопиритом и молибденитом.

Оруденелая скарновая полоса Кефашенского рудного поля заслуживает детального изучения и постановки геологоразведочных работ с целью выяснения размера оруденелой площади, характера распространения оруденения и определения его практического значения. Разведочные работы следует сосредоточить в всячем боку скарновой зоны, к которому приурочено медно-молибденовое оруденение. Особенно интересными являются те участки, где имело место дробление и наложение кварц-сульфидного этапа минерали-

зации. Результаты проведенных работ дают основание считать, что глубокие горизонты месторождения должны быть более перспективными в отношении концентрации медно-молибденово-вольфрамовых руд.

Гехинское медно-молибденовое месторождение расположено в 0,3 км к югу от с. Гехи на обоих бортах р. Пирымза (Арпалых), являющейся правым притоком р. Гехи. Месторождение открыто и описано А. Л. Додиныным.

Район месторождения сложен измененными, мраморизованными известняками, известковистыми сланцами верхнего девона и прорывающими их интрузивными породами диоритового состава, которые представляют краевую часть Гехинского интрузивного массива.

Месторождение расположено между двумя тектоническими нарушениями надвигового типа северо-западного простирания, с которыми связаны многочисленные трещины и раздробленные участки, представляющие благоприятную среду для локализации оруденения. Минерализация приурочена к эндоконтактной зоне интрузии и сосредоточена в диоритах и габбро-диоритах.

Оруденение представлено неравномерной вкрапленностью, тонкими прожилками, примазками и гнездообразными включениями халькопирита, молибденита, пирита, магнетита, гематита. Супергенные минералы представлены малахитом, азурином, халькозином, борнитом, купритом, повеллитом и ферримолибдитом. Среди рудных минералов преобладающим является халькопирит, который представлен неправильными выделениями размерами от 0,5 до 1—2 мм. Молибденит образует крупные чешуйки в кварц-пегматитовых прожилках и тесно ассоциирует с пиритом и халькопиритом.

Для выяснения характера и масштаба оруденения были заданы две штольни. Шт. 1—на правом борту р. Пирымза по простиранию рудной полосы. Опробование показало низкие содержания металлов по штольне; содержание меди—0,3—0,4%, а молибдена—следы. Шт. 2 задана по левому борту р. Пирымза; по данным опробования содержание меди составляет 0,2—0,3%, редко до 0,6%, а молибдена—следы.

Молибденовое оруденение, главным образом, сконцентрировано в кварцево-пегматитовых прожилках, которые широко развиты в юго-западной части месторождения.

На основании проведенных работ можно заключить, что перспективы месторождения весьма ограничены.

Нижнечичаглинское медно-молибденовое проявление находится в 1,1 км западнее с. Мурхуз, на левом

борту левой составляющей р. Чичаглы. Оно открыто и описано автором. На участке обнажаются сильно измененные, каолинизированные, пиритизированные, серовато-белые с буроватыми оттенками гранодиориты, которые содержат оруденение меди и молибдена в виде вкрапленников, прожилков и примазок. Местами молибденит образует крупные чешуйки и тесно связан с кварцем.

В районе рудопоявления по левой составляющей р. Чичаглы проходит разлом, с которым связаны многочисленные трещины, раздробленные зоны и минеральные источники.

Контактная полоса гранодиоритов и порфиритов прослеживается в 50 м к северо-западу от рудопоявления и характеризуется сильным гидротермальным изменением порфиритов. Около контакта оруденение слабое, что объясняется сильным окислением. Глубокие горизонты зоны контакта должны быть интересными в отношении концентрации медно-молибденовых руд.

На участке была задана штольня, которая прослеживается по сильно измененным каолинизированным, пиритизированным гранодиоритам, содержащим оруденение меди и молибдена.

Район рудопоявления представляет перспективный объект для поисково-разведочных работ.

Чичаглинское медно-молибденовое проявление выявлено и описано И. Г. Магакьяном. Оно расположено в ущелье левой составляющей р. Чичаглы, в ее верховьях, где соединяются несколько небольших ручейков в 3,5 км к северо-западу от с. Мурхуз. Вдоль Дастакерт-Мурхузского разлома северо-западного простирания обнажаются измененные плагиоклазовые порфириты, которые прорваны интрузией гранодиорита. Оруденение приурочено к контакту, располагается как среди порфиритов, так и в эндоконтакте интрузий и представлено вкрапленниками и прожилками халькопирита и молибденита.

На участке, где сливаются несколько небольших ручейков, задана штольня, которая прослеживается по сильно измененным пиритизированным интрузивным породам, содержащим вкрапленники халькопирита, чешуйки молибденита и прожилки галенита, сфалерита. В 150 м к юго-востоку от штольни среди порфиритов имеются многочисленные прожилки кварца с оруденением молибденита, пирита, ферримоллибдита. Преобладающее падение прожилков—юго-восток  $160^\circ$  под углом  $75^\circ$  и северо-запад  $330^\circ$  под углом  $70^\circ$ , мощность прожилков колеблется от 0,3 до 1 см. Отдельные прожилки содержат до 7,3% молибдена. Район рудопоя-

явления заслуживает проведения детальных поисково-разведочных работ.

Нарзанное медно-молибденовое проявление выявлено и описано автором. Оно находится в 0,5 км к западу от с. Мурхуз, в небольшом сухом ущелье, в 0,1 км к северо-западу от минерального источника. На участке обнажаются измененные гранодиориты, которые содержат вкрапленники и прожилки пирита, халькопирита и молибденита. Среди гранодиоритов прослеживается дайка диорит-порфирита с падением северо-запад  $355^\circ$  под углом  $85^\circ$ . Оруденение в диорит-порфиритах не отмечается.

На участке рудопроявления нами были заданы две канавы, которые вскрыли рудную зону с богатым оруденением. Содержание меди колеблется в пределах 0,5—1,5%, а молибдена—0,01—0,05%. Оруденелая площадь на поверхности небольшая— $50 \times 100$  м. Район рудопроявления перспективный и заслуживает проведения поисково-разведочных работ.

Мегрилинское медно-молибденовое проявление выявлено И. Г. Магакьяном (1946). Оно расположено в 0,9 км к востоку от Дастакертского месторождения, на левом борту р. Мегрили (правый приток р. Кызкошты). На участке обнажаются измененные окварцованные, пиритизированные порфириты, содержащие вкрапленники халькопирита и молибденита. Оруденение приурочено к контакту порфиритов и гранодиоритов и усиливается на тех участках, где порфириты сильно окварцованы и трещиноваты. В горных выработках (шурфы, канавы и одна штольня) обнажаются контактово-измененные породы с убогим оруденением меди и молибдена. Содержание меди колеблется в пределах 0,5—1—2%, а молибдена—0,01—0,04%. Перспективы рудопроявления ограничены.

## В. АЙОЦДЗОРСКИЙ РУДНЫЙ РАЙОН

Айоцзорский рудный район расположен в центральной части медно-молибденового пояса Армении, в бассейне р. Арпа в пределах Азизбековского и Ехегнадзорского административных районов. В южном и юго-восточном направлении он соединяется с Баргушатским рудным районом, северные участки которого (бассейн р. Мазра) по геологическому строению и специфике полиметаллического оруденения очень сходны с Айоцзорским. К востоку и северу от рудного района большое развитие имеют четвертичные лавы, которые сплошным покровом перекрывают все древние образования и в том числе рудоносные и рудовмещающие породы.

В медно-молибденовом поясе Айоцзорский рудный район занимает особое место по широкому распространению полиметаллической жильной минерализации (Газма, Азатек, Гюмушхана и др.). Известные многочисленные медно-молибденовые и молибденовые месторождения и проявления, небольшие по масштабу и в металлогении района играют подчиненную роль.

В орографическом отношении рудный район представляет очень сильно пересеченную горную местность и охватывает Айоцзорский отрог Зангезурского хребта и южный склон Варденисского хребта.

Детальные геологические, петрографические и металлогенические исследования в Айоцзорском рудном районе в разные годы проводили В. Н. Котляр, А. В. Кржечковский, К. Н. Паффенгольц, А. А. Габриелян, А. А. Асатрян, И. Т. Магакьян, Э. Г. Малхасян, А. Т. Вегуни и др. Вопросы минералогии, геохимии руд и характера распределения редких элементов освещены в работах Г. О. Григоряна, Э. А. Сагателян (1961), Н. С. Хачатряна и Б. Д. Акопян, В. О. Пароникяна, Ш. О. Амиряна и А. Г. Акопяна.

Айоцзорский рудный район имеет сложное геологическое строение, обусловленное большим развитием различных по возрасту и составу вулканогенно-осадочных и вулканогенных толщ, прорванных небольшими штоками гранитоидов. Несмотря на многочисленные исследования, многие вопросы тектоники, магматизма и, в особенности, стратиграфии до сего времени окончательно не решены. Наиболее спорным является стратиграфическое положение вулканогенных образований (андезиты, их туфы и туфобрекчии), относимых исследователями к различным возрастам в пределах эоцена и миоцена.

Наиболее широко развиты осадочно-вулканогенные образования эоцена, к которым пространственно приурочены рудные месторождения района.

В структурном отношении рудный район относится к области погружения крупного Памбак-Зангезурского антиклинория и характеризуется развитием мощных толщ осадочно-вулканогенных и вулканогенных пород различного возраста. Среди многочисленных антиклинальных и синклинальных складок наиболее крупной является синклиналь, ось которой по К. Н. Паффенгольцу прослеживается в северо-западном направлении вдоль р. Арпа. Небольшие антиклинальные складки отмечены у с. Гергер, в районе Каялинского интрузива и других местах.

По сравнению с другими рудными районами медно-молибденового пояса, интрузивные породы здесь имеют не-

большое распространение и представлены отдельными, изометрическими, оваловидными и штокообразными массивами с размерами до 5—10 км<sup>2</sup> прорывающими образования среднего эоцена.

В связи с интрузивным магматизмом на отдельных участках широко распространены жильные породы, представленные дайками диабазовых порфиритов, диорит-порфиритов, гранодиорит-порфиров, лампрофиров и жилами аплитов и микропегматитов.

В Айоцзорском рудном районе на южном склоне Варденисского хребта, в районе с. Элпин, большое распространение имеют дацитовые интрузии, представляющие собой субвулканические лакколитообразные тела. Они прорывают эоценовые, олигоценовые, частично миоплиоценовые образования и местами образуют пластообразные залежи среди эффузивов миоплиоцена.

В тесной пространственной и генетической связи с интрузивными породами гранитоидного состава верхнего эоцена-олигоцена находится полиметаллическая, свинцово-цинковая, свинцово-сурьмяная, медная и отчасти медно-молибденовая минерализация района. Оруденение приурочивается к антиклинальным поднятиям и локализуется в виде жил, прожилков и жилоподобных тел в андезитах, туффитах эоцена и в самих интрузивных породах.

По своему геологическому строению, характеру оруденения, парагенетической ассоциации минералов, исключительно высокому содержанию рения и резко подчиненной роли меди Вардениское молибденовое месторождение и Элпинское проявление молибдена резко отличаются от всех известных медно-молибденовых месторождений и проявлений Памбак-Зангезурской зоны. Приведенные геологические и минералого-геохимические отличительные особенности дают основание автору и А. Г. Акопяну считать, что молибденовое оруденение Вардениса и Элпина проявилось в приповерхностных, низкотемпературных условиях, ничего общего не имеет с гранитоидами верхнеэоцен-нижнемиоценового возраста и, по всей вероятности, парагенетически связано с интрузией дацитов миоплиоценового возраста, которые широко развиты в районах этих месторождений.

При проведении геологических работ Г. О. Пиджяном, Ш. О. Амиряном, А. Г. Акопяном и А. И. Карапетяном на правом склоне р. Арпа в отрезке между ущельями рек Гегарчин и Каялу была обнаружена зона измененных оруденелых пород со своеобразной, не отмеченной для Айоцзора минерализацией. Оруденелая полоса протягивается вдоль южного экзоконтакта Каялинской интрузии на 1—1,5 км при

видимой мощности 50—60 м. Оруденелыми являются орогованные, хлоритизированные андезиты. Минерализация представлена вкрапленностью и тонкими прожилками пирротина, арсенопирита, пирита, марказита, халькопирита и блеклой руды. Предварительное изучение сруденелых пород показало, что измененная зона характеризуется повышенными содержаниями целого комплекса элементов и, в первую очередь, меди, свинца, висмута, серебра и золота.

Установление прожилково-вкрапленного типа оруденения в Айоцзорском рудном районе представляет определенный интерес и имеет перспективы для целого комплекса металлов, поэтому при геолого-съемочных работах следует организовать поиски этого типа оруденения, на что не было обращено внимание до наших работ.

Оруденелая зона экзоконтакта Каялинской интрузии заслуживает внимания для проведения поисково-разведочных работ с целью выяснения характера оруденения на глубине и обнаружения более интенсивной промышленной минерализации меди, свинца, висмута, серебра и золота.

### 1. ВАРДЕНИССКОЕ МОЛИБДЕНОВОЕ МЕСТОРОЖДЕНИЕ

Вардениское месторождение открыто в 1957 г. А. А. Асатрянном. Оно находится в верховьях р. Элегис у водораздела Вардениского хребта, в 8 км к северо-западу от с. Котурванк. Описание месторождения приводится, в основном, по данным А. А. Асатряна, А. Г. Акопяна и Варденинской геологоразведочной партии.

В геологическом строении района месторождения принимают участие порфириды, их туфобрекчии, туффиты среднего эоцена, кислые эффузивы миоплиоцена, которые прорваны субвулканическими интрузиями дацитов миоплиоценового возраста. В рудном поле выделяются два участка: Центральный и Южный.

*Центральный участок* расположен в ядре антиклинальной складки северо-западного простирания и сложен раздробленными гидротермально измененными породами, несущими молибденовое оруденение. Зона минерализации имеет северо-западное простирание и протягивается на несколько километров при мощности до 1—1,5 км. В целом по зоне оруденение очень убогое (Mo—до 0,01—0,02%), однако отмечаются отдельные небольшие локальные участки с содержанием молибдена от 0,03 до 0,22%.

Морфологически оруденение представлено молибденитовыми и кварцмолибденитовыми прожилками и мелкой

вкрапленностью молибденита во вмещающей породе. В рудном поле месторождения кроме молибденита встречаются: пирит, магнетит, халькопирит, энаргит, теннантит, сфалерит, галенит, бурнонит, марказит, аргентит, самородное серебро и самородное золото.

*Южный участок* расположен на юго-западном фланге Центрального участка. Оруденение локализовано в сильно гидротермально измененных, окварцованных, пиритизированных порфиритах среднего эоцена и представлено вкрапленниками и редкими прожилками молибденита. Минерализация весьма убогая, содержание молибдена, по данным химических анализов, колеблется в пределах следов—0,03%.

Несмотря на низкие содержания молибдена в рудах, Вардениское месторождение обратило на себя внимание многочисленных исследователей по исключительно высокому содержанию рения в рудовмещающих породах и молибдените; следует отметить, что ни в одном месторождении нет такого высокого содержания рения, как на Варденисе. В молибдените установлен рений до 1,88%.

Исследования, проведенные А. С. Фарамазяном и А. Г. Акопяном, показали, что концентрация рения в рудах Центрального участка значительно выше, чем на Южном участке. Интересно, что хотя высокие содержания рения приурочиваются к пробам, обогащенным молибденитом (молибденитовые концентраты, молибдениты), однако, не всегда отмечается положительная корреляционная зависимость между рением и молибденом. В некоторых штучных пробах оруденелых пород, наоборот, содержание рения в несколько раз выше, чем молибдена. Приведенные данные послужили основанием для предположения (И. Г. Магакьян, Г. О. Пиджян, А. С. Фарамазян и А. Г. Акопян) о наличии в рудах Вардениса кроме молибденита и других минералов-носителей рения. На наш взгляд, концентратором рения возможно являются также нерудные минералы.

А. С. Фарамазяном и Э. Х. Хуршудян (1963) были проведены детальные рентгеноструктурные исследования молибденитов. Результаты изучения показали, что молибдениты Варденисского месторождения относятся к тригональной модификации ( $\beta$ - $\text{MoS}_2$ ) и содержат в виде изоморфной примеси очень высокие концентрации рения (до 1,88%).

Таким образом, молибденовая минерализация и молибдениты Вардениса резко отличаются от молибденовых проявлений Айоцдзора, локализованных в рудных полях полиметаллических месторождений и от всех известных медно-молибденовых месторождений Армении, и представляют результат гидротермальной деятельности, по-видимому,

другого, более молодого магматического очага. С нашей точки зрения, есть некоторое основание генетически связывать оруденение Вардениса с глубинным очагом интрузии дацитов миоплиоценового возраста.

## 2. ДРУГИЕ ПРОЯВЛЕНИЯ МОЛИБДЕНА

Элпинское проявление находится на южном склоне Варденисского хребта в 5 км к северо-западу от с. Элпин. В геологическом строении района месторождения принимают участие порфириды, туффиты, туфопесчаники среднего эоцена, осадочные отложения олигоцена и кислые эффузивы миоплиоцена с характерным комплексом субвулканических интрузий дацитового состава. Оруденение молибдена приурочено к сильно измененным окварцованным, серицитизированным и пиритизированным порфиридам, туффитам, андезито-дацитам и представлено прожилками и вкрапленниками молибденита, халькопирита, пирита. По данным геологоразведочной партии, химические анализы 16 бороздовых проб показали следующие содержания металлов: меди—от 0,2 до 0,6%, а молибдена—0,02—0,04, редко до 0,11%. Молибденовая минерализация и молибдениты Элпинского проявления характеризуются высокими содержаниями рения от 0,044 до 0,45%.

Элпинское проявление по своему геологическому строению и характеру минерализации имеет очень много общих черт с Вардениским месторождением. В отличие от других молибденовых проявлений Айоцзора здесь молибденовая минерализация не связана с полиметаллическими рудами и гранитоидными интрузиями. Минерализация Элпина, по нашему предположению, генетически связана с субвулканическими интрузиями дацитов миоплиоценового возраста.

Прошибердская группа проявлений расположена в 6 км к северу от с. Ехегнадзор, в верховьях р. Вернашен, в средней части ущелья Гладзори-бина. В геологическом строении района принимают участие порфириды, туффиты, туфопесчаники и туфобрекчии среднего эоцена, которые прорваны небольшими штоками гранодиоритов и дайками гранодиорит-порфиридов и диорит-порфиридов. Выделяются 5 участков с молибденовой минерализацией, краткое описание которых приводится по данным геологоразведочной партии Управления геологии Арм. ССР.

Участок Матур находится в среднем течении р. Казандурмаз, южнее г. Прошиберд. Оруденение приурочено к сильно измененным гранодиоритам и представлено жильным и прожилковым типом. Жилы прослеживаются в северо-

западном направлении на 10—40 м до 100 м при мощности от 5—10 до 30—40 см. В минеральном составе руд принимают участие кварц, пирит, халькопирит, молибденит, сфалерит, галенит. Содержание металлов в оруденелых зонах низкое: Cu—сл.—0,02%; Mo—сл.—0,02%; Zn—0,21—1,72%; Pb—сл.—2,5%.

Участок Гладзори-бина находится в нижнем течении р. Казандурмаз. Рудовмещающими породами являются ороговикованные туффиты и гранодиориты. Оруденение представлено жилами, прожилками, призмами и, редко, вкрапленниками молибденита, халькопирита, пирита, сфалерита и галенита. Жилы прослеживаются в северо-западном направлении на 10—25 м при мощности 5—20, редко до 35—50 см. Содержание металлов в жилах колеблется: Cu—сл.—0,34%; Mo—сл.—0,41%; Pb—сл.—1,24%; Zn—сл.—1,11%. Оруденелая зона гранодиоритов хорошо выделяется на правом склоне г. Прошиберд, в 0,1 км к северо-востоку от зимовки Гладзори-бина. Мощность зоны местами доходит до 1,0 м. Содержание металлов по зоне очень низкое.

Участок Гюли-ванк находится на западном склоне г. Прошиберд в районе развалин с. Гюли-ванк. Слабо оруденелыми являются сильно измененные, раздробленные окисленные породы. Содержание металлов очень низкое. Участок слабо изучен.

Участок «Новый» находится к юго-западу от Гюли-ванка. Оруденение приурочено к контактовой полосе гранодиоритов и туфогенных пород. Содержание металлов в измененных породах очень низкое—Cu—до 0,2%, Mo—до 0,01%. Участок слабо изучен.

Участок Прошиберд находится к северу, северо-востоку от г. Прошиберд. В полосе гидротермально измененных, окварцованных, раздробленных пород выделены три рудные зоны, которые прослеживаются на несколько сот метров при мощности 0,5—1,5 м. Минерализация представлена маломощными кварц-сульфидными жилами и сопровождающими их прожилковыми зонами. Жилы сложены кварцем, пиритом, молибденитом, халькопиритом, галенитом и сфалеритом. Содержание металлов в оруденелых зонах очень низкое: Cu—до 0,07%, Mo—0,02%.

Результаты анализов показывают, что руды и молибдениты характеризуются высокими содержаниями рения (от 0,012 до 0,47%). Из других редких элементов-примесей химическими анализами были определены селен и теллур. В молибдените среднее содержание селена по двум пробам составляет 0,036%, теллура—0,004%.

Газминское проявление молибдена находится на северо-восточном участке Газминского полиметаллического

месторождения. Оно выявлено Г. О. Григоряном в 20 м выше слияния двух притоков р. Гендара. На участке развиты измененные мелкозернистые кварцевые диориты, которые содержат прожилки кварца с оруденением молибденита и халькопирита. По данным Г. О. Григоряна, кварц-сульфидные прожилки падают на северо-запад под углом  $55^\circ$  и имеют мощность 0,2—0,3 см. Химическим анализом в штучной пробе, взятой из прожилки, установлено  $\text{Cu}—0,08\%$ ,  $\text{Mo}—0,18\%$ . В молибденовом концентрате ( $\text{Mo}—43,5\%$ ) химическим анализом установлен  $\text{Re}—0,5\%$ ,  $\text{Se}—0,0016\%$ ; в пересчете на чистый молибденит ( $\text{Mo}—60\%$ ) содержания рения составят 0,7%, селена 0,002% (данные Н. С. Хачатряна и Б. Д. Акопяна).

Гегарчинское проявление находится в 2 км к северо-западу от развалин с. Каялу в одноименном ущелье. В геологическом строении района рудопроявления принимают участие андезиты, их туфы, туффиты среднего эоцена и прорывающие их интрузивные породы диоритового и кварцдиоритового состава.

Медно-молибденовая минерализация в виде отдельных маломощных прожилков была выявлена в верховьях р. Гегарчин среди интрузивных пород еще в 1950 г. Г. О. Григоряном. По его данным прожилки сложены кварцем, халькопиритом, молибденитом и супергенными медными минералами. Химический анализ штучной пробы из прожилка показал:  $\text{Cu}—21,78\%$ ,  $\text{Mo}—2,08\%$ ,  $\text{Sb}—1,2\%$ .

Каялинское проявление находится в ущелье р. Каялу к северу от развалин с. Каялу. В геологическом строении района рудопроявления принимают участие интрузивные породы, представленные гранодиоритами и диоритами. Минерализация приурочена к моноклиальной складке северо-восточного простирания и представлена серией маломощных (до 5—6 см) кварц-сульфидных жил и прожилков среди интрузивных пород. Местами жилы выдержаны по простиранию на 100 и более метров. В минеральном составе жил и прожилков участвуют кварц, халькопирит, сфалерит, галенит, блеклая руда, молибденит и арсенопирит. Здесь молибденит, по всей вероятности, парагенетически связан с полиметаллической стадией минерализации и по времени образования является более поздним, чем молибдениты кварц-халькопирит-молибденитовых прожилков Газминского и Гегарчинского рудопроявлений. Перспективы участка в отношении молибдена весьма ограничены, так как в полиметаллической стадии минерализации молибденит является второстепенным минералом и крупных скоплений не образует.

Мурадсарское проявление находится в 5 км к северо-западу от курорта Джермук на южном склоне г. Мурад. Оно открыто в 1959 г. геологами Варденисской геолого-поисковой партии.

В геологическом строении района рудопроявления принимают участие порфириды, их туфы, туфобрекчии и туффиты среднего эоцена и прорывающие их интрузивные породы гранитоидного состава. Оруденение приурочено к измененным, раздробленным интрузивным породам гранодиоритового, граносиенитового и сиенито-диоритового состава и представлено прожилками кварц-сульфидного состава, сложенными пиритом, халькопиритом и молибденитом. В районе рудопроявления широко развиты гидротермально измененные серицитизированные, каолинизированные, пиритизированные породы, которые полосой около 2 км прослеживаются на несколько километров. По данным С. А. Сулейманяна и В. А. Арутюняна, измененные породы заражены как медно-молибденовой, так и полиметаллической минерализацией, причем более интересные участки с молибденовым оруденением ( $Mo=0,005-0,027\%$ ) располагаются в северо-западной части рудопроявления вдоль тектонических трещин северо-западного близмеридионального направления.

В водах родников района рудопроявления обнаружен молибден в количестве 0,21—0,766 мг/л. Район Мурадсарского рудопроявления слабо изучен и перспективы не выяснены.

Туджурское проявление молибдена находится на северном склоне Варденисского хребта в пределах Мартунинского административного района в верховьях р. Гезалдара. Оно выявлено в 1954 году Ж. М. Григоряном. В геологическом строении участка принимают участие гидротермально измененные порфириды среднего эоцена, содержащие минерализацию молибдена. По данным геолого-разведочной партии в 5 бороздовых пробах установлен молибден в количестве сотых долей процента. Район изучен слабо и перспективы неясны.

Изучение молибденовой минерализации Айоцзорского рудного района показывает, что здесь молибден проявляется весьма различно. Во-первых, в отличие от других рудных районов медно-молибденового пояса Армении, молибденоносными являются, кроме гранитоидных интрузий верхний эоцен-нижний миоценового возраста, также субвулканические интрузии дацитов миоплиоцена. При этом с последними связаны очень интересные и необычные концентрации рения (Варденис). Во-вторых, в тесной генетической и пространственной связи с гранитоидными интрузиями мо-

либден проявляется только на отдельных участках как в виде ранней самостоятельной медно-молибденовой стадии минерализации (кварц-халькопирит-молибденитовые прожилки Газминского и Гегарчинского рудопроявлений), так и в виде незначительной примеси в полиметаллической стадии минерализации совместно с сфалеритом, галенитом, халькопиритом (кварт-полиметаллические жилы и прожилки Каялинского месторождения).

На данном этапе изучения молибденовое оруденение Айоцзорского рудного района не представляет практического интереса, однако имеет определенные перспективы и заслуживает дальнейшего изучения; в частности, большой интерес для поисково-съемочных и поисково-разведочных работ представляют районы развития субвулканических интрузий дацитов (Варденинский хребет и др.) и глубокие горизонты рудных полей полиметаллических и свинцово-сурьмяных месторождений (Газма, Гюмушхана, Каялу, Азатек и др.).

## Г. ПАМБАКСКИЙ РУДНЫЙ РАЙОН

Памбакский рудный район расположен в северо-западной части медно-молибденового пояса Армении, в пределах южного склона Памбакского хребта и его Цахкуняцкого отрога, и административно относится, в основном, к Разданскому району.

По геологическому строению, магматизму и специфике оруденения рудный район очень сходен с Зангезурским, однако по запасам медно-молибденовых руд и перспективам значительно уступает ему. Кроме северной границы рудного района, проходящей по крупному Анкаванскому разлому, все другие границы весьма условны в связи с тем, что рудоносные толщи во всех направлениях перекрыты мощными покровами четвертичных лав.

Рудный район характеризуется высокогорным сильно расчлененным рельефом и умеренным климатом.

Детальные геологические, петрографические, металлогенические и минералого-геохимические исследования в рудном районе проводили в разные годы В. Н. Котляр, Ю. А. Арапов, Г. П. Багдасарян, И. Г. Магакьян, Б. С. Вардапетян, А. Г. Мидян, Г. О. Пиджян, А. И. Карапетян, Б. М. Меликсетян и др. Многие из отмеченных исследователей особое внимание уделяли изучению нефелиновых сиенитов Тежсарского массива как сырья для получения алюминия и других продуктов.

В районе известны многочисленные минеральные источ-

ники и выходы углекислого газа, приуроченные к зоне разлома и выходящие на поверхность в долине р. Мармарик. Изучением минеральных источников детально занималась Н. И. Долуханова.

Памбакский рудный район представляет вздымающуюся часть Памбак-Зангезурского антиклинория и в связи с этим характеризуется большим развитием пород докембрия-нижнего палеозоя, представленных различными метаморфическими сланцами, гнейсами, мраморами, филлитами. Над указанными породами с резким угловым несогласием залегают толща конгломератов, песчаников, мергелей, коньяка и нижнего сенона, мергелистые известняки сантона, вулканогенная толща среднего и верхнего эоцена сложного петрографического состава, вулканогенная толща миоплиоцена и четвертичные лавы андезито-дацитового состава.

Интрузивные породы имеют широкое развитие и представлены большей частью крупными массивами. Они характеризуются различным петрографическим составом—от кислых до основных со всеми переходными разностями между ними. По возрасту интрузивные породы расчленяются на докембрий—нижнепалеозойские (серпентиниты, габбро-амфиболиты) и верхнеэоцен-нижнемиоценовые (гранодиориты, кварцевые диориты; монцитониты, нефелиновые сиениты и др., развитые в бассейне р. Мармарик).

Металлогеническая роль гранитоидных интрузий верхнеэоцен-нижнемиоценового возраста очень большая. Генетически с этими интрузиями связаны все и интересные рудные месторождения района: Анкаванское медно-молибденовое, Меградзорское золоторудное, Разданское железорудное, Сарнахпурское проявление висмута и золота, Ахавнадзорское полиметаллическое проявление и Теж-сарское флюорит-редкометалльное оруденение. В рудном районе большое развитие имеют нефелиновые сиениты, которые являются сырьевой базой для получения глинозема и целого комплекса других продуктов, в том числе редких элементов; последние в основном связаны с аксессуарными минералами интрузивных пород и пегматитов. Кроме вышеуказанных месторождений и рудопроявлений в рудном районе известны также небольшие проявления меди, полиметаллов, барита, мышьяка. В шлихах установлены золото, киноварь, молибденит, шеелит, вольфрамит, базовисмутит и теллуrowисмутит. В 1959—1961 годах в шлихах, взятых из верховьев рек Мармарик, Мисхана, Ким-дараси, Оджахан-дараси, Адам-дараси и др., нами были установлены золото, молибденит, урано-торит, монацит, ортит, висмутин, оранжит, шеелит. По полученным данным в отношении золо-

тоносности интерес представляют бассейны рек Оджакан-дараси и Ким-дараси, где и следует вести в первую очередь детальные поисковые работы.

## 1. АНКАВАНСКОЕ МЕДНО-МОЛИБДЕНОВОЕ МЕСТОРОЖДЕНИЕ

### а) ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Анкаванское месторождение расположено в 35 км к северо-западу от г. Раздан, в верховьях р. Мармарик в районе с. Анкаван (Мисхана) на абсолютной высоте в среднем 2050 м. Оно известно с первой половиной XIX века и частично разрабатывалось на медь. Систематическое изучение района месторождения было начато в 1931—1932 годах под руководством В. Н. Котляра. В этот период поисково-разведочные работы проводились с целью выявления медного оруденения промышленного значения в скарновой зоне, где была известна и примесь молибденита. Впоследствии в 1938—1939 годах В. Н. Котляр (1958) проводил более детальные исследования и написал ряд интересных работ по месторождению и всему рудному району.

В 1951 году под руководством С. Н. Данеляна и П. М. Саркисяна в районе с. Анкаван проводились поисково-разведочные работы, в результате которых в 0,5—1,0 км от села среди кварцевых диоритов было установлено прожилково-вкрапленное медно-молибденное оруденение. С 1952 по 1959 гг. в Анкаване проводились детальные разведочные работы на молибден и медь. Разведочными работами руководили в разные годы С. Н. Данелян, П. М. Саркисян, А. Г. Читахян, Г. И. Гольденберг, А. М. Аветисян.

В период 1954—1957 годов П. Д. Яковлев (1960) под руководством В. Н. Котляра проводил работы по изучению структуры рудного поля месторождения.

С 1957 по 1960 гг. автор проводил минералого-геохимические исследования с целью изучения характера распределения редких элементов. В результате этих работ впервые в рудном поле месторождения была выявлена медно-мышьяковая минерализация, характеризующаяся повышенными содержаниями германия и наличием собственных минералов этого редкого элемента.

Детальные исследования по изучению геохимии руд проводились в течение ряда лет А. И. Карапетяном, который при изучении руд обнаружил многочисленные теллуриды в медно-мышьяковых и полиметаллических рудах. Исследования по выяснению характера распределения редких элементов проводили Н. С. Хачатрян и Б. Д. Акопян.

## 6) ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ И ОСОБЕННОСТИ СТРУКТУРЫ РУДНОГО ПОЛЯ

Рудное поле Анкаванского месторождения представляет собой минерализованную зону северо-восточного, близширотного простирания. В этой общей зоне минерализации геолого-разведочными работами выделены нижеследующие участки, характеризующиеся своеобразным геологическим строением и спецификой оруденения: Центральный, Главный, Ближний Дамир-Магара, Дальний Дамир-Магара, Намазелян и Назыр-юрт.

В геологическом строении рудного поля Анкаванского месторождения принимают участие метаморфические сланцы докембрия-нижнепалеозойского возраста, прорванные лейкократовыми гранитами нижнего палеозоя, кварцевыми диоритами и дайками жильных пород верхний эоцен-нижнемиоценового возраста.

В районе месторождения докембрий-нижнепалеозойские породы представлены слюдистыми, кварцево-слюдистыми, кварцево-слюдисто-полевошпатовыми и амфиболовыми сланцами и мраморизованными известняками. Они простираются в северо-западном направлении и падают на северо-восток под крутыми углами.

Мраморизованные известняки и мраморы слагают небольшие линзы в метаморфической толще мощностью до нескольких десятков метров с протяженностью в несколько сот метров.

Лейкократовые граниты широко развиты на северной и северо-восточной части месторождения; они прорывают толщу метаморфических сланцев и сами прорываются кварцевыми диоритами и дайками жильных пород.

Значительная часть рудного поля месторождения сложена интрузивными породами—кварцевыми диоритами и дайками жильных пород.

Молибденовая минерализация, главным образом, генетически и пространственно связана с кварцевыми диоритами, которые в рудном поле месторождения подверглись раздроблению и гидротермальному изменению—окварцеванию, серицитизации и частичной хлоритизации.

Контактная зона кварцевых диоритов и пород метаморфической толщи имеет весьма сложное строение, обусловленное широким развитием тектонических трещин, сопряженных с Мисханским разломом, и даек жильных пород. Жильные отщепления кварцевых диоритов представлены аплитами, пегматитами и дайками порфиоров, различных по составу. По данным П. Д. Яковлева (1960), дайковые породы

образовались в следующей последовательности: граносиенит-порфиры, гранодиорит-порфиры и лампрофиры. Наибольшее развитие в рудном поле имеют гранодиорит-порфиры. Для всех типов даек типичны неправильные формы с ступенчатыми контактами и тупым выклиниванием. В. Н. Котляр (1958) считает, что дайки жильных порфирь, возможно, являются жильными отщеплениями малых интрузий гранит-порфиров; при этом он не исключает возможности отнесения их также к малым интрузиям. Аналогичного мнения придерживается П. Д. Яковлев (1960).

Гранит-порфиры распространены в западной части рудного поля и представлены небольшими штокообразными телами и дайками близмеридионального и северо-восточного простирания. Отмечается пересечение жил аплитов дайками гранит-порфиров.

В рудном поле месторождения жильные порфиры часто изменены и содержат сульфидное оруденение в виде вкрапленников и тонких прожилок пирита, халькопирита и молибденита. Это обстоятельство дает нам основание считать их дорудными образованиями.

Приконтактная полоса кварцевых диоритов и пород метаморфической толщи в отношении минерализации наиболее интересная. В контактовой зоне кварцевых диоритов и метаморфизованных известняков и сланцев образовались эпидот-гранатовые скарны и роговики. Наиболее крупные тела скарнов развиты на участках Главный, Дальний Дамир-Магара и Назыр-юрт.

Рудное поле месторождения имеет довольно сложное строение. Главным структурным элементом района является Мисханский разлом (надвиг), с которым сопряжены многочисленные крупные и мелкие тектонические трещины, локализирующие оруденение. П. Д. Яковлев (1960) выделяет ряд систем тектонических трещин первого и второго порядка.

Все системы трещин являются рудоконтролирующими и рудовмещающими. Они в течение определенного промежутка времени были заполнены отдельными порциями гидротермальных растворов, несущими различную минерализацию, что и обуславливает многостадийность рудообразующего процесса и образование различных по составу прожилок.

В рудном поле месторождения большое развитие имеют также пострудные трещины, представленные неминерализованными нарушениями, заполненными тектонической глиной. Они ориентированы в различных направлениях и нередко смещают рудные жилки.

Центральный участок является самым интересным в отношении молибденовой минерализации и разведан

наиболее детально. Рудовмещающие кварцевые диориты гидротермально изменены и рассечены многочисленными прожилками кварца, несущими сульфидную минерализацию. Оруденение представлено, в основном, молибденитом и частично-пиритом и халькопиритом. Характер сруденения вкрапленно-прожилковый с преобладанием прожилкового типа. В тектонических зонах гранодиорит-порфиров отмечается целая сеть прожилок в виде отдельных зон.

Минерализованные зоны прожилково-вкрапленных руд имеют северо-восточное близширотное простирание с падением на северо-запад под углом 60—65°. В рудных зонах кварц-молибденитовые, чисто молибденитовые прожилки развиваются в мелких трещинах широтного и северо-восточного простираний. Кроме указанных прожилков встречаются также кварц-пиритовые, молибденит-халькопиритовые, кварц-халькопиритовые, кварц-карбонат-сфалерит-галенитовые и теннантит-энаргитовые прожилки и вкрапленность молибденита, пирита, халькопирита и других сульфидов.

Главный участок расположен в районе с. Анкаван и представляет восточное продолжение центрального участка. Рудовмещающими породами здесь являются гранатовые скарны, которые в виде полосы вытянуты в близширотном направлении более 500 м при ширине 60—70 м. В полосе скарнов развиты сильно измененные ороговикованные, брекчированные породы, содержащие медное оруденение. На отдельных участках скарны перемежаются с кварцевыми диоритами и прорываются жилами аплита и дайками гранодиорит-порфиров. На участке преобладают медные руды. Минерализация представлена густой сетью кварц-халькопиритовых прожилок и вкрапленностью халькопирита. Из других рудных минералов встречаются борнит, энаргит, теннантит, молибденит, магнетит, гематит. На поверхности в горных выработках широкое развитие имеют минералы зоны окисления—различные лимониты, малахит, азурит, борнит, халькозин и ковеллин.

На этом участке нами были обнаружены среди сильно измененных, окварцованных, брекчированных пород жилородоподобные, линзовидные небольшие тела, сложенные халцедоновидным кварцем, халцедоном и содержащие медно-мышьяковую минерализацию в виде вкрапленников, прожилок и гнездообразных включений энаргита, теннантита, борнита, халькозина и халькопирита. Аналогичная медно-мышьяковая минерализация нами была установлена также в приразломной зоне, в полосе развития скарнов на участке Ближний Дамир-Магара и Дальний Дамир-Магара. На глубине медно-мышьяковое оруденение было встречено в штольнях №№ 20, 13, 32, 14.

Участок Ближний Дамир-Магара является западным продолжением Главного участка. Оруденение локализовано в скарнах гидротермально измененных кварцевых диоритах и представлено прожилками и вкрапленниками халькопирита, борнита, халькозина и молибденита. Зона скарнов вытянута в северо-западном направлении на 170—200 м при ширине 30—40 м. Содержание металлов по данным опробования шт. 6 составляет для меди—0,27—0,62%, а для молибдена—0,04—0,16%.

Дальний Дамир-Магара является северо-западным продолжением участка Ближний Дамир-Магара. Здесь обнажаются три изолированные линзовидные тела скарнов, вытянутые в близширотном направлении на 120—170 м при ширине 20—30 м. Оруденение приурочено к скарнам и представлено вкрапленностью и гнездообразными выделениями магнетита, гематита и халькопирита.

Участок Намазелян расположен в ущелье р. Намазелян, в ее нижнем течении. Рудовмещающими породами являются кварцевые диориты и отчасти скарны, обнажающиеся в виде линзовидных крупных выходов протяженностью 700—800 м при ширине 250—300 м. Медно-молибденовое оруденение в кварцевых диоритах представлено серией кварц-сульфидных прожилков, большей частью северо-западного и широтного простирания, и редкой вкрапленностью халькопирита, пирита и молибденита. По данным опробования содержание меди и молибдена в оруденелых зонах низкое.

Участок Назыр-юрт расположен в 0,2 км к западу от с. Анкаван. Оруденелыми являются гранатовые скарны и кварцевые диориты. Скарны образуют небольшие выходы на поверхности и содержат магнетитовое и халькопиритовое оруденение. В контакте со скарнами развиты кварцевые диориты, содержащие медно-молибденовое оруденение в виде прожилков, примазок и вкрапленников молибденита, пирита и халькопирита. Содержание металлов в минерализованных зонах низкое.

В южной части участка Назыр-юрт среди кварцевых диоритов Н. С. Хачатряном и Б. Д. Акоюн были обнаружены кварцевые жилы (Сарнахпюрское рудопроявление) северо-восточного близширотного простирания с протяженностью от десятков метров до 100 м при мощности 20—70 см (реже до 1,0 м), содержащие золото-висмут-теллутовую минерализацию. Рудные минералы представлены золотом, тетрадимитом, теллуrowисмутитом, пиритом, халькопиритом, галенитом, сфалеритом и акантитом.

## в) СТАДИИ МИНЕРАЛИЗАЦИИ И МИНЕРАЛЬНЫЙ СОСТАВ РУД

В рудном поле Анкаванского месторождения довольно четко выделяются два этапа минерализации: ранний—скарновый и поздний—гидротермальный. Ранний этап начался внедрением кварцевых диоритов и продолжался в период внедрения гранит-порфиров. В результате воздействия указанных изверженных пород на известняки формировались контактово-метасоматические образования, представленные гранат-эпидот-магнетитовыми скарнами. К этому времени также относится интенсивная биотитизация кварцевых диоритов и гранит-порфиров. Гидротермальный этап минерализации, по всей вероятности, начался после внедрения всех жильных порфиров и даек лампрофиров и знаменовался образованием промышленных концентраций медно-молибденовых руд. Завершающими стадиями гидротермального этапа являются полиметаллическая и кварц-халцедон-теннантит-энаргитовая минерализация; последняя пространственно обособлена от молибденового оруденения.

На основании изучения структурно-текстурных взаимоотношений различных минеральных ассоциаций скарнов, П. Д. Яковлев (1960) и А. И. Карапетян выделяют в скарновом этапе следующие стадии минерализации: гранатовую, кварц-эпидотовую и кварц-магнетитовую.

Многостадийность проявления гидротермального этапа минерализации отмечается многочисленными исследователями, изучающими оруденение рудного поля месторождения (П. Д. Яковлев, 1960; М. П. Исаенко, Г. О. Пиджян, 1960; А. И. Карапетян, Н. С. Хачатрян и Б. Д. Акопян).

На основании изучения структурных взаимоотношений различных парагенетических ассоциаций минералов П. Д. Яковлев (1960) в гидротермальном этапе выделяет девять стадий минерализации: кварцево-пиритовую, кварцево-молибденитовую, кварцево-молибденит-халькопиритовую, кварцево-магнетитовую, пиритово-халькопиритовую, халцедоновую, кремнистую, кальцитовую и анкеритовую. В этой схеме неубедительным является выделение кварцево-магнетитовой стадии минерализации после кварц-пиритовой и кварц-молибденитовой, а также отдельных самостоятельных стадий минерализации—халцедоновой, кремнистой, кальцитовой, анкеритовой. Кроме того, не нашли отражения в схеме очень интересные в минералогическом отношении и важные для понимания процесса рудообразования стадии минерализации—кварц-карбонат-сфалерит-галенитовая и медно-мышьяковая (кварц-халцедон-теннантит-энаргитовая), которые для рудного поля месторождения впервые нами были выделены в 1960 году.

В схеме стадийного развития процесса рудообразования А. И. Карапетяном выделяются следующие стадии минерализации: кварц-пиритовая, кварц-молибденитовая, кварц-халькопирит-молибденитовая, пирит-халькопиритовая, халцедон-энаргит-теннантитовая, галенит-сфалеритовая, карбонатная (кальцитовая и анкеритовая). В этой схеме несколько спорным является место халцедон-теннантит-энаргитовой стадии минерализации в связи с тем, что нет данных по взаимоотношениям теннантит-энаргитовых и сфалерит-галенитовых прожилков. Однако, имея в виду минеральный состав теннантит-энаргитовых прожилков, наличие халцедона, гипогенного халькозина, многочисленных теллуридов, германиевых минералов, мы считаем, что они по времени образования являются более поздними, чем кварц-карбонат-сфалерит-галенитовые прожилки.

На основании анализа всего собранного материала по минеральному составу, текстурно-структурным особенностям руд, взаимоотношениям различных по составу прожилков и учитывая данные, полученные по этим вопросам другими исследователями (П. Д. Яковлев, А. И. Карапетян), нами для Анкаванского месторождения выделяются в гидротермальном этапе рудообразования следующие стадии минерализации: 1) кварц-пиритовая; 2) кварц-молибденитовая; 3) кварц-халькопирит-молибденитовая; 4) кварц-халькопиритовая; 5) кварц-карбонат-сфалерит-галенитовая; 6) кварц-халцедон-теннантит-энаргитовая; 7) карбонат-халцедоновая (безрудная).

### 1) Описание стадий минерализации

*Кварц-пиритовая* стадия минерализации широко развита в рудном поле месторождения и, в особенности, на участках Центральный, Намазелян и Назыр-юрт. Она представлена кварц-пиритовыми прожилками, локализованными в различных системах трещин и мелкой вкрапленностью пирита во вмещающих породах. Наблюдения показывают, что кварц-магнетитовые прожилки повсеместно пересекаются кварц-пиритовыми, а последние—кварц-молибденитовыми прожилками. В минеральном составе прожилков кроме кварца и пирита принимают участие магнетит, гематит, рутил, халькопирит, борнит и редко молибденит и сфалерит. Количественное соотношение кварца и пирита весьма различно и изменяется даже на отдельных отрезках прожилка. Последовательность образования минералов следующая: кварц, магнетит, пирит, гематит, молибденит, халькопирит, борнит и сфа-

лерит. Кварц-пиритовые прожилки сопровождаются пиритизацией, серицитизацией, окварцеванием и частичной хлоритизацией.

*Кварц-молибденитовая стадия* минерализации имеет широкое развитие в рудном поле месторождения, в особенности, на Центральном участке, где образует промышленные скопления молибденита. Она представлена кварц-молибденитовыми и молибденитовыми прожилками мощностью от 1—2 до 5—10 см и редкой вкрапленностью молибденита во вмещающих породах. Прожилки имеют различные элементы залегания и преимущественно относятся к трещинам оперения сколового характера, которые образовались при сдвиговых и сбросо-сдвиговых подвижках. В прожилках, кроме кварца и молибденита, в незначительном количестве встречаются пирит, халькопирит, борнит, изредка теннантит, арсенопирит и касситерит.

Молибденит является главным рудным минералом и представлен в виде прожилков и редко—вкрапленности. Он часто представлен мелкочешуйчатыми выделениями в кварце, а иногда образует крупные чешуйки (до 0,5—1,0 см) в зальбандах кварцевых прожилков. В отличие от многих медно-молибденовых месторождений Армении (Каджаран, Дастакерт, Агарак и др.) в Анкаване молибденит более тесно связан с пиритом, чем халькопиритом. Молибденит обычно разъедает кристаллы пирита и прожилками развивается в полях его. Халькопирит является более поздним, обычно развивается в полях пирита и по спайности молибденита и замещает их.

Результаты химических и спектральных анализов молибденитов (таблица 15) показывает, что они характеризуются повышенными содержаниями рения, селена, теллура, а в отдельных пробах—незначительными примесями серебра, висмута, меди, свинца и германия. В крупночешуйчатых разновидностях молибденита отмечаются более высокие содержания рения и селена ( $Re=0,0277\%$ ,  $Se=0,0312\%$ , чем в мелкочешуйчатых ( $Re=0,0205\%$ ,  $Se=0,0133\%$ ).

*Кварц-халькопирит-молибденитовая стадия* минерализации имеет по сравнению с первыми двумя стадиями ограниченное развитие, проявляясь только на отдельных участках рудного поля (Центральный, Главный). Она представлена прожилками, в составе которых кроме кварца и молибденита заметные количества образуют медные минералы, в частности халькопирит. В горных выработках отмечаются факты пересечения кварц-молибденитовых прожилков кварц-халькопирит-молибденитовыми прожилками. Отмечаются случаи, когда кварц-халькопиритовые прожилки, переходя от кварцевых диоритов к скарнам, обогащаются халькопиритом, что

указывает на более благоприятную среду для отложения меди (А. И. Карапетян, Г. О. Пиджян и др.).

Минерализация в этой стадии представлена кварцем, молибденитом, халькопиритом, борнитом, пиритом, теннантитом, сфалеритом и энаргитом.

Молибденит и халькопирит являются основными минералами прожилок и тесно ассоциируют друг с другом. Обычно выделения молибденита окаймляются и разъедаются халькопиритом. Количественные соотношения отмеченных минералов в прожилках различные, однако большей частью преобладает молибденит. Другие рудные минералы в основном образуют мельчайшие выделения в полях кварца, халькопирита и молибденита.

Химическим и спектральным анализами в молибдените (в двух пробах) обнаружено Re от 0,0265 до 0,0370%, Se—от 0,0280 до 0,0310% и Te от 0,0072 до 0,0102%. В халькопирите установлены следующие элементы-примеси: Ge—0,001%, Ag—0,001%, Bi—0,001%.

*Кварц-халькопиритовая* стадия минерализации имеет небольшое развитие в рудном поле и проявляется интенсивно только на отдельных участках (Главный, Дамир-Магара и др.). Она представлена кварц-халькопиритовыми прожилками с примесью пирита и вкрапленностью халькопирита и пирита. В горных выработках отмечаются факты пересечения кварц-пиритовых, кварц-молибденитовых и кварц-халькопирит-молибденитовых прожилков кварц-халькопиритовыми. Минерализация этой стадии представлена кварцем, халькопиритом, пиритом, борнитом, магнетитом, гематитом, рутилом, теннантитом, энаргитом, сфалеритом, молибденитом, висмутином, золотом, виттихенитом.

Халькопирит является преобладающим минералом в прожилках и тесно ассоциирует с кварцем и пиритом.

Самородное золото, висмутин, энаргит впервые обнаружены нами в рудах месторождения, встречаются в полях халькопирита в виде небольших выделений. Виттихенит обычно развивается в полях висмутина, часто окаймляет его и образует с ним различные структуры замещения.

В таблице 15 приводятся химические анализы халькопиритов на редкие элементы.

Результаты анализов показывают, что халькопириты этой стадии минерализации представляют интерес в отношении селена, висмута, серебра и, отчасти, теллура.

*Кварц-карбонат-сфалерит-галенитовая* стадия минерализации имеет весьма ограниченное развитие в рудном поле.

Содержание элементов-примесей в главных рудообразующих минералах Анкавана по стадиям минерализации

Стадии минерализации и минералы	Re		Se		Te		Ge		Bi		Cd		In		Ga		Au		Ag	
	Кол. хим. анал.	Среднее со- держ. в %	Кол. хим. анал.	Среднее со- держ. в %	Кол. хим. анал.	Среднее со- держ. в %	Кол. хим. анал.	Среднее со- держ. в %	Кол. хим. анал.	Среднее со- держ. в %	Кол. хим. анал.	Среднее со- держ. в %	Кол. хим. анал.	Среднее со- держ. в %	Кол. хим. анал.	Среднее со- держ. в %	Кол. хим. анал.	Среднее со- держ. в %	Кол. хим. анал.	Среднее со- держ. в %
I Кварц-пиритовая																				
1. Пирит	3	0,00007	6	0,0096	6	0,0045	5	0,00008	8	0,0012	—	—	—	—	—	—	—	—	8	0,00003
2. Магнетит	—	—	—	—	—	—	1	0,00056	1	0,01?	—	—	—	—	1	0,001	—	—	—	—
II Кварц-молибденитовая																				
1. Молибденит	11	0,0231	8	0,0223	8	0,0079	3	0,00007	11	0,00045	—	—	—	—	—	—	—	—	11	0,00008
III Кварц-халькопирит-молибденитовая																				
1. Молибденит	2	0,0317	2	0,0295	2	0,0087	4	0,00013	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2. Халькопирит	—	—	—	—	—	—	4	0,00051	1	0,001	—	—	—	—	1	0,001	—	—	1	0,001
IV Кварц-халькопиритовая																				
1. Халькопирит	2	0,0004	2	0,0135	2	0,0013	1	0,0010	3	0,0083	—	—	—	—	1	0,001	—	—	3	0,004
2. Пирит	—	—	—	—	—	—	1	не обн.	1	0,01	—	—	—	—	1	не обн.	—	—	1	0,001
V. Кварц-карбонат-сфалерит-галени- товая																				
1. Сфалерит	—	—	1	0,0024	2	0,0037	1	0,0002	3	0,0076	2	1,0	3	0,0053	—	—	—	—	3	0,003
2. Галенит	—	—	2	0,0083	2	0,0106	2	0,0031	3	0,0766	2	0,02	—	—	—	—	2	0,002	3	0,0700
3. Халькопирит	—	—	—	—	1	0,01	1	0,0001	1	0,3	—	—	—	—	—	—	1	0,001	1	0,01
4. Пирит	—	—	—	—	1	0,01?*	1	не обн.	1	0,05	—	—	—	—	—	—	—	—	1	0,003
5. Блеклая руда (тетраэдрит)	—	—	—	—	2	0,151*	2	0,0002	2	0,3	—	—	—	—	—	—	2	0,002	2	0,3
VI Кварц-халцедон-теннантит-энарги- гитовая																				
1. Энаргит	—	—	1	0,1120	2	0,0422	4	0,1252	6	0,1350	6	0,0051	—	—	6	0,2660	6	0,0012	6	0,0200
2. Теннантит	—	—	1	0,0264	6	0,01*	4	0,0730	6	0,2660	6	0,0085	6	0,00016	6	0,1500	6	0,0115	6	0,0283
3. Халькопирит	—	—	2	0,1012	2	0,0324	5	0,0053	5	0,2300	5	0,0012	—	—	5	0,0080	5	0,0030	5	0,0170
4. Борнит	—	—	—	—	2	0,03*	2	0,0008	2	1,0	—	—	—	—	—	—	2	0,0250	2	0,0300
5. Халькозин	—	—	—	—	1	0,03*	1	0,0008	1	0,3	—	—	—	—	1	0,001	1	0,0100	1	0,0300

\* Данные спектральных анализов.

Она представлена маломощными прожилками, которые были встречены нами на Центральном участке месторождения в штольнях 13, 20 и 18. В минеральном составе прожилков кроме кварца, карбоната, сфалерита, галенита принимают участие халькопирит, пирит, тетраэдрит, теннантит, молибденит, борнит, энаргит, висмутин, самородное серебро, самородное золото, бурнонит, виттихенит, эмплектит, аргентит, алтаит, калаверит, тетрадимит, теллуrowисмутит, гессит, петцит.

Химическим анализом в галените установлено  $\text{Bi}$ —0,050%,  $\text{Ag}$ —0,097%,  $\text{Ga}$ —0,00043%. Спектральным анализом в тетраэдрите обнаружено  $\text{Te}$ —0,01%,  $\text{Tl}$ —0,01%. Таким образом, результаты приведенных анализов (таблица 15) показывают, что сфалериты характеризуются высокими содержаниями кадмия, индия и повышенными содержаниями висмута, серебра, селена и теллура, а галениты—висмута, серебра, теллура, селена и золота.

*Кварц-халцедон-теннантит-энаргитовая* стадия минерализации развита вдоль Мисханского разлома в контактовой полосе кварцевых диоритов и скарнов, имеющей мощность от 15—20 до 60—80 м с протяженностью до 1,5 км. Она развита на восточной части Главного участка, далее распространена на участках Ближний Дамир-Магара и Дальний Дамир-Магара. Медно-мышьяковое оруденение вскрыто штольнями 13, 20, 32 и 14 и многочисленными шурфами и канавами.

На поверхности контактовая полоса представлена измененными, раздробленными, окварцованными, ороговикowanными породами, в которых встречаются жилоподобные, линзовидные, гнездообразные неправильные кварц-халцедоновые тела (иногда с карбонатом) западного, северо-западного простирания, с медно-мышьяковой минерализацией.

Изучение показало, что с глубиной размеры рудных тел и интенсивность минерализации увеличивается. Наиболее богатое медно-мышьяковое оруденение было вскрыто шт. 32 на глубине более 100 м. от поверхности.

Рудные минералы в кварце и халцедоне представлены вкрапленниками, прожилочками, гнездообразными неправильными выделениями. Они местами образуют полосчатую и концентрически-зональную текстуру.

По своему минеральному составу медно-мышьяковое оруденение Анкавана является исключительно многообразным и уникальным в Армянской ССР. Эти руды детально были изучены в течение ряда лет автором и А. И. Карапетяном.

Энаргит и теннантит являются главными рудными минералами в этой стадии минерализации и образуют в

кварце и халцедоне вкрапленники, прожилочки и гнездообразные выделения. Они тесно ассоциируют друг с другом, халькопиритом, борнитом и халькозином. В полях энаргита, теннантита, халькопирита, борнита и халькозина широко развиты мельчайшие выделения висмутина, виттихенита, эмплектита, многочисленных теллуридов (в тесной ассоциации друг с другом); редко встречаются самородное золото, самородное серебро, кобальтин, арсенопирит, реньерит, германит и самородный теллур (?).

В таблице 15 приводятся содержания элементов-примесей в главнейших минералах кварц-халцедон-теннантит-энаргитовой стадии минерализации. Результаты анализов показывают, что энаргит и теннантит характеризуются повышенными содержаниями германия, висмута, серебра, золота и, в отдельных пробах, теллура. При этом энаргиты более богаты германием, а теннантиты—висмутом и золотом. В халькопиритах отмечаются высокие содержания селена, теллура, висмута и повышенные содержания германия, серебра, золота. В борните и халькозине установлены высокие содержания висмута, серебра, теллура и золота.

*Карбонат-халцедоновая* стадия минерализации широко развита только на отдельных участках рудного поля. Она представлена жилами, прожилками, гнездообразными и жиллоподобными скоплениями карбоната (анкерит и кальцит) и халцедона, не содержащих оруденения. Карбонатные и халцедоновые прожилки обычно пересекают и смещают кварц-сульфидные прожилки более ранних стадий минерализации. Прожилки карбоната и халцедона локализованы в трещинах северо-восточного, близширотного простирания, имеющих сколовый характер. На участке «Главный» карбонаты, халцедон и кремнистый материал цементируют брекчии, развитые в зоне тектонического разлома.

## 2) Супергенные минералы

В рудном поле Анкаванского месторождения зона окисления выражена с различной интенсивностью для отдельных его участков. Наиболее отчетливо она отмечается вдоль Мисханского разлома в контактовой полосе кварцевых диоритов с породами метаморфической толщи, где развиты скарны (в особенности на участке Главный). Окисленные и полуокисленные руды в этой зоне были вскрыты горными работами до глубины 70 и более метров. На Центральном участке на площади развития молибденовой минерализации зона окисления выражена весьма слабо. Процессами окисления захвачены здесь лишь самые приповерхностные участки.

## Минеральный состав руд Анкаванского месторождения

Распростран. минералов	№№ п/п	Гипогенные минералы			№№ п/п	Супергенные минералы
		Рудные	№№ п/п	Жильные		
Главные	1	Молибденит	1	Кварц	1	Лимонит
	2	Халькопирит	2	Халцедон	2	Малахит
	3	Пирит	3	Анкерит	3	Азурит
Второстепенные	4	Магнетит	4	Кальцит	4	Куприт
	5	Гематит	5	Сидерит	5	Делафоссит
	6	Энаргит*	6	Биотит	6	Гипс
	7	Теннантит			7	Ярозит
	8	Борнит			8	Борнит
	9	Халькозин*			9	Халькозин
	10	Сфалерит			10	Ковеллин
	11	Галенит				
	12	Люцит				
	13	Ковеллин*				
	14	Тетраэдрит*				
Редкие	15	Висмутин*	7	Серицит	11	Си-Мпсмолян. руда
	16	Эмплектит	8	Хлорит	12	Анкерит
	17	Витихенит	9	Эпидот	13	Каолинит
	18	Тетрадимит			14	Галлаузит
	19	Марказит			15	Хризоколла
	20	Рутил			16	Халькантит
	21	Самородное золото*				
	22	Теллуровисмутит				
	23	Бурнионит*				
Очень редкие	24	Арсенопирит*			17	Ферримолибдит
	25	Аргентит			18	Самородная медь
	26	Реньерит*			19	Кальцит
	27	Германит*			20	Скородит
	28	Самородное серебро			21	Лейкохальцит
	29	Линнеит			22	Фармакосидерит
	30	Герсдорфит			23	Повеллит
	31	Зигенит			24	Самородное золото
	32	Петцит			25	Монтанит
	33	Гессит				
	34	Алтаит				
	35	Электрум				
	36	Калаверит				
	37	Сильванит				
	38	Нагиагит				
	39	Жозеит				
	40	Касситерит*				
41	Кобальтин*					
42	Самородный теллур (?)*					

\* Минералы, впервые установленные автором.

В полосе скарногового медного оруденения только на отдельных участках зоны окисления выделяется подзона поверхностного выщелачивания. В рудном поле Анкавана зона вторичного сульфидного обогащения отсутствует.

Супергенные образования представлены тонкими прожилками, корочками, налетами, примазками, дендритами и землистой охристой массой. В зоне окисления широкое распространение имеют различные лимониты, малахит, азурит, куприт, делафоссит, гипс и ярозит; редко встречаются медно-марганцевая смоляная руда, анкерит, каолинит, галлуазит, хризоколла, халькантит, ферримolibдит, самородная медь, кальцит, скородит, лейкохальцит, фармакосидерит, повеллит, монтанит и самородное золото. Минералы зоны вторичного сульфидного обогащения—халькозин, ковеллин и борнит встречаются в небольших количествах.

Минеральный состав зоны окисления детально изучала Е. А. Акопян (1960), которая впервые установила и описала самородную медь, медно-марганцевую смоляную руду, галлуазит, хризоколлу, скородит, лейкохальцит, фармакосидерит, гипс и халькантит. Супергенное золото и монтанит обнаружены А. И. Карапетяном.

#### Д. ПРОЯВЛЕНИЯ МОЛИБДЕНА ВНЕ МЕДНО-МОЛИБДЕНОВОГО ПОЯСА

На территории Армянской ССР небольшие проявления молибденовой минерализации, большей частью, в ассоциации с медью, известны также вне медно-молибденового пояса—в Алаверди-Кафанской и Севано-Амасийских зонах. Ниже приводится краткое их описание.

*Техутское медно-молибденовое проявление* находится в 3,5 км к юго-востоку от с. Техут (Кохбский рудный район) в эндо- и экзоконтактной зоне Кохбского интрузивного массива кварцевого диорита предсенноманского возраста. На участке обнажаются гидротермально измененные окварцованные, пиритизированные, серицитизированные интрузивные породы и порфириды, содержащие сульфидное оруденение в виде вкрапленников и прожилок халькопирита и молибденита. В небольших по простиранию оруденелых зонах, по данным геолого-разведочной партии, содержание меди колеблется от следов до 0,43% (редко до 1,0%), а молибдена—от следов до 0,13%, а в среднем—0,02%.

По данным Н. С. Хачатряна и Б. Д. Акопян в пиритах (8 проб) установлено в среднем 20 г/т селена и 14 г/т теллура. В медном концентрате (Cu—5%) содержание селена составляет 0,005%, теллура—следы; в молибденовом концентрате (Mo—19,16%) установлено: Se—16 г/т, Te—16 г/т и Re—76 г/т.

В 1963 г. это проявление было осмотрено нами и совместно с А. С. Фарамазяном отбирались пробы с минерализацией меди и молибдена. В обогащенной молибденитом пробе (Mo—19,75%) был установлен рений 0,02%, а в более обогащенной молибденитом пробе (Mo—32,93%)—0,04%. При пересчете на чистый молибденит (Mo—60%) содержание рения составляет 0,073%. Перспективы проявления ограничены.

*Агвинское проявление молибдена.* На Агвинском медном месторождении, которое находится в 3,5 км к западу от ж. д. станции Санаин, совместно с медными минералами, сфалеритом, галенитом местами встречается и молибденит.

В геологическом строении месторождения принимают участие порфириды, туфы, туфобрекчии, туфопесчаники средней юры, прорванные небольшими штокообразными телами гранитоидов.

Оруденение контролируется близмеридиональными разломами и представлено жилами и зонами дробления с минерализацией пирита, халькопирита и гематита. Содержание меди в рудной массе в среднем составляет 1,5—2,2%. В отдельных пробах молибден составляет сотые доли процента. По данным спектральных анализов в рядовых рудах обнаружены: Ag—0,001%, Ga—0,001%, редко Cd—0,01%, Mo—0,001%.

*Спасакарское проявление молибдена.* На Спасакарском медном месторождении (в 12 км к югу от г. Алаверди), с медными рудами была установлена примесь молибдена.

В геологическом строении месторождения принимают участие порфириды, туфы, туфобрекчии средней юры. Оруденение приурочено к зоне дробления и имеет прожилково-вкрапленный характер. Главными рудными минералами являются халькопирит и пирит. Содержание меди в рудных зонах колеблется в пределах 0,65—0,54%. В отдельных пробах отмечается молибден в количестве 0,01—0,03%. Химическим анализом в богатой штучной пробе медной руды (Cu—22,99%) установлено Mo—0,075% (данные геолого-разведочной партии).

*Срашенское проявление молибдена* находится в Кафанском районе у фермы с. Шикахох. Среди порфиритов юрского возраста обнажается зона измененных, окварцованных, пиритизированных и оруденелых пород, которая прослеживается в юго-восточном направлении на 1,5—2,0 км при ширине 0,3—0,5 км.

Спектральным анализом в минерализованных породах зоны установлена медь (от десятых долей процента до целых процентов и Mo от следов до сотых и десятых долей процента).

Срашенское проявление очень слабо изучено, однако перспективы на молибден весьма ограничены.

*Дзорастанское* молибденовое проявление находится в Кафанском районе у с. Дзорастан\*. Краткое описание приводится в работе Б. С. Вартапетяна, А. Г. Казаряна и др. (1963). Молибденовая минерализация встречается в скважине 502, представлена молибденитом и имеет мощность около 20 м. По мнению вышеупомянутых исследователей, молибденовая минерализация одновозрастна с таковой Каджаранского рудного поля и генетически связана с интрузивной деятельностью после-среднеэоценового возраста. На наш взгляд, установление молибденитовой минерализации в Кафанском рудном поле является весьма интересным фактом, однако к настоящему времени нет достаточных данных для решения вопроса возраста и генезиса ее.

Район Дзорастанского проявления молибдена заслуживает внимания для более детального изучения.

*Проявления* молибдена в районе *Дилижан-Головино*. В районе г. Дилижан-с. Головино широкое развитие имеют порфириды эоцена, которые прорваны штоками гранодиоритов. Среди порфиритов прослеживаются зоны гидротермально измененных, окварцованных, пиритизированных пород с минерализацией халькопирита, сфалерита, галенита и, реже, молибденита.

На участке медного рудника Арцруни в устье ручья Шамлух в измененных породах отмечается вкрапленность пирита, халькопирита и молибденита. Химическим анализом в двух пробах медной руды (штуфные образцы) установлены довольно высокие содержания молибдена—0,05—0,16% (данные ГРП).

*Гилютское* проявление молибдена находится в районе с. Гамзачиман, в среднем течении ручья Цыклаки-ахпюр. На участке обнажаются интрузивные породы, представленные порфиroidными гранодиоритами и сиенито-гранитами.

Среди гидротермально-измененных гранитоидов выделяется минерализованная зона мощностью до 20 м, прослеженная на несколько десятков метров. Рудные минералы в зоне представлены вкрапленниками пирита и молибденита. По данным геолого-разведочной партии, содержание молибдена в зоне колеблется от следов до 0,07%.

Металлометрической съемкой установлены ореолы рассеяния молибдена в наносах с содержанием 0,001—0,003 и 0,01—0,03%. Из зоны минерализованных пород в искусственных шлихах установлены кроме пирита и молибденита также шеелит и самородное золото (данные Д. Г. Чатиняна).

\* В Кафанском рудном поле впервые молибденит обнаружен Л. В. Оганесяном.

# СРАВНИТЕЛЬНАЯ РАСПРОСТРАНЕННОСТЬ ГИПОГЕННЫХ МИНЕРАЛОВ В ГЛАВНЕЙШИХ МЕДНО-МОЛИБДЕНОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЯХ АРМЯНСКОЙ ССР

Составил Г. О. ПИДЖЯН

КЛАССЫ МИНЕРАЛОВ	МИНЕРАЛЫ	М е с т о р о ж д е н и я					
		Каджаран	Агарак	Даствекерт	Анжаван	Джиндарв	Айгедзор
Свободные элементы	Золото	▲ <sup>а)</sup>	▲	■	■	▲ <sup>а)</sup>	▲ <sup>а)</sup>
	Серебро	▲ <sup>а)</sup>	▲ <sup>а)</sup>	■	▲ <sup>а)</sup>	▲ <sup>а)</sup>	▲ <sup>а)</sup>
	Висмут	▲	▲ <sup>а)</sup>				▲ <sup>а)</sup>
Сульфиды	Теллур	▲			▲ <sup>(?)</sup>		
	Теллуросвисмутит	▲	▲ <sup>а)</sup>	▲ <sup>а)</sup>	■		
	Тетрадимит	▲	▲ <sup>а)</sup>	▲ <sup>а)</sup>	■		
	Жезеит				▲ <sup>(?)</sup>		
	Нагсагит				▲		
	Аргентит	▲	▲ <sup>а)</sup>	▲	▲		
	Йессит	▲		▲ <sup>а)</sup>	▲	▲ <sup>а)</sup>	
	Петцит	▲			▲		
	Халькозин			■	● <sup>а)</sup>	● <sup>а)</sup>	
	Варцит	●	●	●	●	●	●
	Галенит	●	●	●	●	●	●
	Аптаит	▲		▲ <sup>(?)</sup>	▲	▲ <sup>а)</sup>	
	Алабандин			■			
	Сафлерит	●	●	●	●	●	●
	Халькопирит	●	●	●	●	●	●
	Станнин	▲ <sup>(?)</sup>					
	Пирритин	▲ <sup>(?)</sup>	■		▲		▲ <sup>(?)</sup>
	Кубанит		▲ <sup>(?)</sup>				▲ <sup>(?)</sup>
	Штернберgit	▲ <sup>(?)</sup>					
	Ковеллин				● <sup>а)</sup>	● <sup>а)</sup>	
	Линнеит	▲ <sup>(?)</sup>		▲ <sup>(?)</sup>	▲		
	Зигенит	▲ <sup>(?)</sup>			▲		
	Висмутин	■	■ <sup>а)</sup>	●	■ <sup>а)</sup>	■ <sup>а)</sup>	■ <sup>а)</sup>
	Пурит	●	●	●	●	●	●
	Мельниковит			■			
	Хобаятит			▲ <sup>а)</sup>	▲ <sup>а)</sup>		
	Версдорфит				▲		
	Марказит				■ <sup>а)</sup>		
	Арсенопирит		■	▲ <sup>а)</sup>	▲ <sup>а)</sup>		
	Малибденит	●	●	●	●	●	●
Креннерит	▲ <sup>(?)</sup>						
Сильванит				▲			
Жалаверит				▲ <sup>(?)</sup>			
Сульфосолы	Палибазит-пирсеит	▲ <sup>(?)</sup>					
	Виттихенит	■	■ <sup>а)</sup>	● <sup>а)</sup>	■	■ <sup>а)</sup>	■ <sup>а)</sup>
	Тетраэдрит	●	■ <sup>а)</sup>	● <sup>а)</sup>	● <sup>а)</sup>	■ <sup>а)</sup>	●
	Теннантит	●	●	●	●	●	●
	Германит			▲	▲ <sup>а)</sup>		
	Реньерит			▲	▲ <sup>а)</sup>		
	Энарцит	●	●	●	●		
	Люшонит	●	●	■	●		
	Бурнонит			▲	■ <sup>а)</sup>	▲ <sup>а)</sup>	
	Аджинит	▲ <sup>(?)</sup>		▲ <sup>а)</sup>	■ <sup>а)</sup>	▲ <sup>а)</sup>	
	Эмплектит	▲ <sup>а)</sup>	▲ <sup>а)</sup>	■ <sup>а)</sup>	■	▲ <sup>а)</sup>	■ <sup>а)</sup>
	Купровисмутит					▲ <sup>а)</sup>	▲ <sup>а)</sup>
	Хозалит			▲ <sup>(?)</sup>			
Галеновисмутит	■		▲ <sup>а)</sup>				
Оксиды	Гематит	●	●	●	●	●	●
	Ильменит	■	■ <sup>а)</sup>			■ <sup>а)</sup>	
	Магнетит	●	●	●	●	■ <sup>а)</sup>	●
	Рутиль	■	■ <sup>а)</sup>	■ <sup>а)</sup>	■ <sup>а)</sup>	■ <sup>а)</sup>	■ <sup>а)</sup>
	Касситерит				▲ <sup>а)</sup>		
Карбонаты	Кварц	●	●	●	●	●	●
	Халцедон	●			●	●	●
	Кальцит	●	●	●	●	●	●
	Анкерит	●	●	●	●	●	●
	Манган-кальцит	●	●	●	●	●	●
	Сидерит	●			●	●	●
	Родохрозит			●			
	Барит					■	
	Топс	▲				●	
	Шеллит				▲		
Силикаты	Эпидот				■		●
	Биотит	●	●		●	●	●
	Серцит	●	●		■	●	●
	Хлорит	●	●	●	■	●	●
	Каолинит	●	●		■	●	■
	Халишот	●		■			●
	Адуля	●					●

Условные обозначения распространенности минералов

- Широко распространенные
- Менее распространенные
- Редко встречающиеся
- ▲ Очень редко встречающиеся
- а) Минералы впервые установленные в месторождениях автором

## ЧАСТЬ ТРЕТЬЯ

# МИНЕРАЛОГИЯ И ГЕОХИМИЯ РУД МЕДНО-МОЛИБДЕНОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

### IV. МИНЕРАЛЬНЫЙ СОСТАВ РУД МЕДНО-МОЛИБДЕНОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ АРМЯНСКОЙ ССР

В медно-молибденовых месторождениях Армении рудные и жильные гипогенные минералы представлены в таких ассоциациях, которые характерны для медно-молибденового семейства руд месторождений средней температуры умеренных и значительных глубин.

В рудах различных месторождений к настоящему времени установлены 119 минеральных видов, из них 72 гипогенных и 47 супергенных, которые по степени распространенности подразделены на главные минералы, второстепенные, редкие и очень редкие (таблица 17).

За последнее десятилетие в результате детальных минералогических работ с применением новейших методов диагностики минералов многим исследователям (Г. О. Пиджян, К. А. Карамян, А. С. Фарамазян, А. И. Карапетян и др.) удалось значительно пополнить список гипогенных минералов и в различных медно-молибденовых месторождениях установить многочисленные минералы редких и благородных элементов (германия, теллура, висмута, золота, серебра).

К настоящему времени самородное золото, самородное серебро и минералы висмута обнаружены во всех главнейших месторождениях, однако они чаще и крупными выделениями встречаются в медных рудах Анкавана, Дастакерта, Каджарана и Айгедзора. Наибольшее количество теллуридов обнаружено в Анкаване и Каджаране. Германиевые минералы установлены пока только в Дастакерте и Анкаване.

Минералогические исследования показали, что руды медно-молибденовых месторождений характеризуются довольно большим разнообразием минерального состава, обусловленным сложностью геологических и физико-химических условий их формирования. На фиг. 11 показана сравнительная распространенность гипогенных минералов в главнейших медно-молибденовых месторождениях Армянской ССР. Приведенные данные дают основание сделать вывод, что в гипогенных рудах резко преобладают сульфиды и сульфосоли, причем наиболее широко развиты соединения меди, молибдена, железа, цинка, свинца; менее распространены соединения мышьяка, висмута, редко встречаются теллуриды и соедине-

Таблица 17

Гипогенные и супергенные минералы медно-молибденовых месторождений  
Армянской ССР

Распростран. минералов	№№ п/п	Гипогенные минералы			№№ п/п	Супергенные минералы	
		Рудные	№№ п/п	Жильные			
1	2	3	4	5	6	7	
Главные	1	Халькопирит	1	Кварц	1	Лимонит	
	2	Молибденит	2	Анкерит	2	Малахит	
	3	Пирит					
	4	Борнит					
	5	Магнетит					
Второстепенные	6	Сфалерит	3	Кальцит	3	Каолинит	
	7	Галенит	4	Каолинит	4	Азурит	
	8	Гематит	5	Гипс	5	Лампадит	
	9	Энаргит	6	Халцедон	6	Борнит	
	10	Халькозин	7	Калишпат	7	Халькозин	
	11	Ковеллин	8	Серицит	8	Ковеллин	
	12	Люционит	9	Хлорит	9	Гипс	
	13	Теннантит	10	Биотит	10	Гетит	
	14	Тетраэдрит			11	Гидрогематит	
					12	Си-Мп смол. руда	
	Редкие	15	Висмутин	11	Сидерит	13	Куприт
		16	Виттихенит	12	Эпидот	14	Ярозит
		17	Эмплектит	13	Родохрозит	15	Галлуазит
		18	Ильменит	14	Мангано-кальцит	16	Феррокупрохальканти
19		Рутил			17	Хризоколла	
20		Галеновисмутит			18	Стильпносидерит	
21		Марказит			19	Хальканти	
22		Самородное золото			20	Ферримолибдит	
23		Арсенопирит			21	Повеллит	
24		Пирротин			22	Кальцит	
25		Самородное серебро					
Очень редкие		26	Тетрадимит	15	Адуляр	23	Анкерит
		27	Теллуровисмутит	16	Барит	24	Самородная медь
		28	Бурнонит			25	Турынт
		29	Аргентит			26	Брошантит
	30	Алабадин			27	Эпидот	
	31	Мельниковит			28	Хлорит	
	32	Алтаит			29	Скородит	

1	2	3	4	5	6	7
	33	Шеелит			30	Лейкохальцит
	34	Гессит			31	Фармакосидерит
	35	Пегцит			32	Церуссит
	36	Айкинит?			33	Мелантерит
	37	Самородный висмут			34	Барит
	38	Самородный теллур			35	Смитсонит
	39	Реньерит			36	Фиброферрит
	40	Германит			37	Каламин
	41	Линнеит			38	Тенорит
					39	Корнуит
	42	Герсдорфит			40	Аллофан
	43	Зигенит			41	Копиапит
	44	Креннерит			42	Делафоссит
	45	Калаверит			43	Самородная сера
	46	Кубанит			44	Самородное золото
	47	Жозеит?			45	Эозит(?)
	48	Кобальтин			46	Виллемит(?)
	49	Сильванит			47	Монтанит
	50	Нагиагит				
	51	Касситерит				
	52	Станнин?				
	53	Козалит(?)				
	54	Купровисмутит(?)				
	55	Штернбергит(?)				
	56	Полибазит-пирсеит(?)				

ния сурьмы, серебра, никеля, кобальта и германия. В сложении руд важное значение имеют окислы (в особенности кварц, магнетит, гематит), карбонаты (анкерит, кальцит и др.), силикаты (серицит, хлорит, биотит, каолинит) и самородные элементы (золото, серебро). В рудах редко встречаются сульфаты (гипс, барит) и еще реже вольфраматы (шеелит).

Среди перечисленных рудных минералов главными и широко развитыми являются халькопирит, молибденит, пирит, борнит, магнетит, сфалерит и галенит, а промышленную ценность представляют в настоящее время халькопирит, молибденит и борнит. Многие главные, распространенные, а иногда редкие и очень редкие минералы проявляются неоднократно в различных стадиях минерализации и нескольких генерациях, что устанавливается по парагенетическим ассоциациям минералов, структурным и кристаллографическим особенностям и характерным изоморфным примесям редких элементов.

Гипогенные рудные минералы, большей частью, представлены зернистыми структурами отложений и метасоматиче-

ского замещения. На отдельных месторождениях отмечаются довольно часто структуры распада твердых растворов, а изредка встречаются колломорфные структуры.

Большинство гипогенных минералов катаклазированы и образуют различные структуры давления, что является результатом многостадийности минералообразования и интенсивно проявленной рудной и пострудной тектоники.

Все минералы руд подразделены на две большие группы: гипогенные (рудные и жильные) и супергенные. Минералы описаны с различной детальностью в зависимости от их практического значения, распространенности и научного интереса. В работе большое место уделено описанию гипогенных минералов. Описание минералов приводится в порядке их химической классификации: взяты за основу схемы, предложенные Дж. Дэна и др. (1950) и А. Г. Бетехтиным (1950).

## А. ГИПОГЕННЫЕ МИНЕРАЛЫ

### 1. САМОРОДНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ

Золото. В рудах медно-молибденовых месторождений впервые золото установлено автором (Каджаран, Дастакерт, Анкаван, Джиндара, Айгедзор) и Е. А. Акопян (Агарак) в виде мельчайших выделений в полях халькопирита, борнита, галенита, теннантита, энаргита, пирита и кварца. Оно более часто и сравнительно крупными выделениями отмечается в медно-мышьяковых рудах Анкавана, медных рудах Дастакерта, Анкавана и полиметаллических рудах Каджарана.

Изучение руд показало, что золото проявляется в кварц-халькопиритовой, кварц-халькопирит-молибденитовой, кварц-пиритовой, кварц-карбонат-сфалерит-галенитовой и кварц-халцедон-теннантит-энаргитовой стадиях минерализации; при этом в последних двух стадиях тесно ассоциирует с теллуридами и минералами висмута.

Руды и прожилки более поздних—кварц-сфалерит-галенитовой и кварц-теннантит-энаргитовой стадий минерализации обогащены золотом.

Самородное золото представлено мельчайшими каплевидными, овальными и неправильными формами выделения с размерами от одного до десятков микронов. Исследованиями А. С. Фарамазяна установлено, что в рудах и прожилках полиметаллической стадии минерализации Каджарана золото встречается довольно часто в полях галенита и блеклых руд в тесной ассоциации с минералами теллура. Совместные выделения гессита и петцита местами пересекаются тонкими волосовидными дендритовидными прожилками золота.

В рудах медно-молибденовых месторождений золото начинает выделяться в средних стадиях минерализации после главных рудообразующих сульфидов, но обычно раньше медно-висмутовых минералов и теллуридов.

В отраженном свете минерал имеет золотисто-желтый, светло-желтый цвет, который меняется в сторону осветления в зависимости от увеличения содержания серебра. В рудах Анкавана, Агарака, Дастакерта нами были встречены выделения золота, имеющие светло-желтый цвет и, по всей вероятности, принадлежащие к электруму (содержание серебра достигает 20—30%). Отражательная способность золота исключительно высокая, даже самые яркие сульфиды рядом с ним выглядят тускло.

Минерал изотропен, однако при скрещенных николях никогда не становится полностью темным и приобретает своеобразный зеленый цвет.

Самородное золото встречено также в рудах многих медно-молибденовых месторождений и рудопроявлений (Мегригет, Тей, Казаналич, Варденис и др.).

Серебро. Во многих медно-молибденовых месторождениях впервые серебро установлено автором (Агарак, Анкаван, Каджаран, Джиндара и др.) в виде мельчайших выделений—округлых, оваловидных форм с размерами в тысячные и сотые доли мм в полях халькопирита, галенита, борнита, кварца и других минералов. Наши исследования показали, что серебро начинает выделяться в средних стадиях минерализации—кварц-халькопирит-молибденитовой, кварц-пиритовой, кварц-халькопиритовой (Агарак, Дастакерт, Каджаран), однако более обогащаются самородным серебром руды и прожилки поздних стадий минерализации—кварц-сфалерит-галенитовой (Каджаран, Анкаван и др.) и кварц-теннантит-энаргитовой (Анкаван, Дастакерт).

В полиметаллических жилах и прожилках самородное серебро образует мельчайшие выделения в полях галенита и блеклых руд и особенно тесно ассоциирует с тетраэдритом и бурнонитом, а в теннантит-энаргитовых прожилках оно развивается в полях теннантита, энаргита, борнита, халькозина, реже халькопирита и ассоциирует с минералами висмута и теллура.

Серебро в отраженном свете ярко-белое и блестящее в свежем состоянии. Цветные оттенки минерала часто меняются от белого до кремовато-белого и желтовато-белого, в зависимости от содержания примесей, главным образом, золота. Отражательная способность выше, чем у золота. Минерал изотропен, однако иногда отмечаются ложные эффекты анизотропии, что связано с дефектами полировки. Относительный

рельеф минерала выше, чем у галенита и приближается к рельефу халькопирита.

Висмут является очень редким минералом и установлен в Айгедзорском, Агаракском (Г. О. Пиджян) и Каджаранском (А. С. Фарамазян) месторождениях.

В рудах висмут проявляется в трех стадиях минерализации: кварц-молибденитовой (Айгедзор), кварц-халькопиритовой (Айгедзор, Агарак) и кварц-карбонат-сфалерит-галенитовой (Каджаран).

На Айгедзорском и Агаракском месторождениях висмут нами встречен в нескольких шлифах в виде отдельных каплевидных и реже удлинённых выделений с размерами 0,003—0,01 мм, в полях халькопирита и кварца в тесной ассоциации с висмутином, виттихенитом, эмплектитом и золотом.

На Каджаранском месторождении висмут установлен в полированных шлифах из одного образца в виде редких изолированных выделений величиной 0,01—0,05 мм, в ассоциации с галенитом, блеклой рудой, теллуридами, совместно с которыми тонкими прерывистыми прожилками пересекает поля сфалерита. В одном случае в полях тетрадимита встречены реликты самородного висмута (А. С. Фарамазян).

В отраженном свете висмут белый с слабым розовато-кремовым оттенком. Он характеризуется высокой отражательной способностью с блеском ( $R$  для желтых лучей составляет 68—69%) и заметной анизотропностью в иммерсии, а иногда и в воздухе. Двухотражение с трудом устанавливается только в иммерсии. Обычно поверхность минерала сильно исштрихована, что затрудняет определение кристаллооптических свойств. Твердость висмута низкая, рельеф ниже, чем у халькопирита и галенита: полируется плохо и внутренних рефлексов не имеет. При воздействии  $\text{HNO}_3$  немедленно чернеет.

Наличие висмута и отсутствие теллура подтверждено микрохимической реакцией и микроспектральным анализом.

Самородный висмут выделился позже сульфидов, но до теллуридов.

Теллур относится к числу наиболее редко встречающихся минералов и обнаружен только в рудах Каджаранского (А. С. Фарамазян) и Анкаванского (Г. О. Пиджян) месторождений. Гидротермальные растворы обогащаются теллуром в поздних стадиях минерализации и поэтому самородный теллур начинает выделяться в кварц-карбонат-сфалерит-галенитовой и кварц-халцедон-теннантит-энаргитовой стадиях минерализации в тесной ассоциации с теллуридами, галенитом, халькопиритом, халькозином и борнитом.

На Каджаранском месторождении теллур встречается в

полях галенита и блеклой руды в виде каплевидных, сферических форм. Иногда он образует с вышеуказанными минералами субграфическую структуру прорастания (А. С. Фармазян).

На Анкаванском месторождении теллур (?) отмечается в медно-мышьяковых рудах в полях халькозина, борнита в виде мельчайших выделений неправильной формы в ассоциации с теллуридами, энаргитом, теннантитом и халькопиритом.

В отраженном свете имеет белый цвет со слабым кремозовым оттенком, рядом с алтаитом приобретает слабый коричневатый оттенок. Отражательная способность высокая, почти такая как у алтаита, но в темном положении намного ниже. В скрещенных николях анизотропный, без заметных цветных эффектов. Двухотражение в воздухе заметно по границам зерен. Рельеф ниже халькопирита и халькозина. Полируется хорошо, если рядом находятся мягкие минералы.

Микроспектральным анализом (на зернах минерала) получены сильные линии теллура при полном отсутствии висмута.

## 2. СУЛЬФИДЫ И ТЕЛЛУРИДЫ

Теллуrowисмутит обнаружен в рудах следующих месторождений: Каджаранского (А. С. Фармазян), Калерского (Б. М. Меликсетян и др., 1960), Анкаванского (А. И. Карапетян, 1961), Агаракского и Дастакертского (Г. О. Пиджян). Он проявляется в кварц-халькопирит-молибденитовой, кварц-пиритовой, кварц-халькопиритовой и сравнительно широко в кварц-карбонат-сфалерит-галенитовой и кварц-халцедон-теннантит-энаргитовой стадиях минерализации.

На Каджаранском месторождении минерал обнаружен в полях галенита, халькопирита, пирита и реже сфалерита, висмутин в виде мельчайших выделений размерами от 0,003—0,02, редко до 0,2 мм в поперечнике, в тесной ассоциации с другими теллуридами. В одном случае теллуrowисмутит нами встречен в полях висмутин пластинчатой формы.

На Калерском месторождении, по описанию Б. М. Меликсетяна и др., минерал обнаружен в жиле пегматита в виде крупных пластинчатых агрегатов размером 8—10 мм в поперечнике в ассоциации с алтаитом, гесситом, сивланитом, висмутином, пиритом и халькопиритом. Часто по теллуrowисмутиту реакционной каемкой развивается сивланит. Макроскопически минерал имеет оловянно-белый цвет и характеризуется серой чертой, совершенной спайностью (по 0,001) и твердостью— 1,5—2. Пластинки упругие, но не эластичные.

Химическим анализом в Калерском теллуровисмутите выявлено: Те—46,40%; Вi—51,27%; Pb—0,58%; S—0,54% нерастворимый остаток—0,88% (аналитик Л. Е. Новороссова, ИМГРЭ).

На Анкаванском месторождении теллуровисмутит развит в полях халькопирита, борнита, энаргита и теннантита в виде удлиненных пластинчатых агрегатов в тесной ассоциации с гесситом, петцитом, тетрадимитом, сильванитом, золотом и минералами висмута. Гессит и петцит местами окаймляют выделения теллуровисмутита и замещают его. Размеры отдельных пластинок и выделений колеблются в пределах от 0,05—0,1, редко до 0,2—0,3 мм и более.

В рудах Агаракского месторождения минерал встречен в полях халькопирита, малахита и лимонита в виде мельчайших удлиненных пластинок и выделений с размерами 0,005—0,02, редко до 0,1 мм. В рудах Дастакертского месторождения теллуровисмутит обнаружен в полях халькопирита, редко пирита, галенита в виде мельчайших выделений в ассоциации с минералами висмута.

В отраженном свете теллуровисмутит имеет кремово-белый цвет с розоватым оттенком, что хорошо заметно в сростках с галенитом и алтаитом. Оражательная способность высокая, для желтых лучей колеблется в пределах 53—56% (Анкаван, Агарак). Минерал заметно анизотропный и слабо двуотражает в розово-белых, кремово-белых тонах. Вследствие низкой твердости полируется плохо. Рельеф немного выше, чем у гессита, тетрадимита и алтаита, но отчетливо ниже халькопирита, теннантита, галенита. Микротвердость теллуровисмутитов по нескольким измерениям составляет: Каджарана—60 кг/мм<sup>2</sup>, Анкавана—58 кг/мм<sup>2</sup>, Агарака—65 кг/мм<sup>2</sup>.

Микрохимические и микроспектральные анализы на выделениях теллуровисмутита показали наличие висмута и теллура (Каджаран, Анкаван, Дастакерт, Агарак).

Рентгенометрические исследования минерала из Калерского (Б. М. Меликсетян и др., 1960), Каджаранского (Р. Н. Зарьян) месторождений показали полную идентичность с эталоном (В. И. Михеев, 1958) и подтвердили принадлежность минерала к теллуровисмутиту.

Тетрадимит установлен в рудах Каджаранского (А. С. Фарамазян), Анкаванского (А. И. Карапетян, 1961), Агаракского и Дастакертского (Г. О. Пиджян) месторождений. Он выделился в следующих стадиях минерализации: кварц-пиритовой (Дастакерт), кварц-халькопиритовой (Каджаран, Агарак), кварц-карбонат-сфалерит-галенитовой (Каджаран, Анкаван) и кварц-халцедон-теннантит-энаргитовой (Анкаван).

На Каджаранском месторождении, по описанию А. С. Фарамазяна, тетрадимит встречается в кварц-халькопиритовых прожилках в полях халькопирита в виде мельчайших выделений в ассоциации с висмутином, медно-висмутовыми минералами и образует очень интересные субграфические структуры замещения с халькопиритом.

В полиметаллических прожилках развит в полях галенита, реже халькопирита и сфалерита в виде неправильных форм и пластинчатых выделений размерами 0,005—0,03, редко до 0,3 мм в ассоциации с теллуридами (теллуровисмутит, гессит, петцит) и висмутином.

На Анкаванском месторождении обнаружен в медно-мышьяковых рудах в полях халькопирита, энаргита и теннангита (фиг. 12) в виде небольших выделений и пластинок



Фиг. 12. Тетрадимит (белое) в ассоциации с халькопиритом (серовато-белое) и кварцем (черное). Анкаван. Полир. шлиф, х440.

в тесной ассоциации с теллуровисмутитом, гесситом, петцитом, силванитом, золотом и минералами висмута. Более крупные макроскопические (до 15—20 мм) выделения тетрадимита были обнаружены Н. С. Хачатряном и Б. Д. Акопян в кварцевых жилах участка Назыр-юрт в ассоциации с теллуровисмутитом, пиритом, халькопиритом, энаргитом и нагиагитом. По данным А. И. Карапетяном (1961), в тетра-

димите Анкаванского месторождения химическим анализом установлено:  $\text{Te}$ —35,1%;  $\text{Bi}$ —59,81%;  $\text{S}$ —4,2%;  $\text{Se}$ —0,44% и нерастворимый остаток—0,45%.

В рудах Агаракского месторождения тетрадимит установлен в полях халькопирита, борнита, малахита, лимонита в виде мельчайших, большей частью, пластинчатых и удлиненных выделений. На Дастакертском месторождении он встречается в кварц-пиритовых прожилках в полях пирита в ассоциации с халькопиритом, висмутином, теллуrowисмутитом и алтаитом (?).

В отраженном свете тетрадимит характеризуется белым цветом с желтовато-кремовым, иногда зеленовато-серым оттенком. Отражательная способность высокая,  $R$  для желтых лучей составляет 52—53%. Минерал отчетливо анизотропный со слабыми цветными эффектами в серых и фиолетово-коричневатых тонах. Двуотражение четко заметно только в иммерсии. Рельеф ниже халькопирита, но выше гессита и петцита. Микротвердость тетрадимита Каджарана составляет в среднем 25 кг/мм<sup>2</sup>, Анкавана—40 кг/мм<sup>2</sup> и Дастакерта—36 кг/мм<sup>2</sup>. Микроспектральными анализами получены сильные линии висмута и теллура (Каджаран, Анкаван, Агарак, Дастакерт).

Рентгенометрические исследования тетрадимита из Каджаранского (Р. Н. Зарьян) и Анкаванского (А. И. Карапетян, 1961) месторождений подтвердили принадлежность минерала к тетрадимиту.

Жозент (?) обнаружен только в рудном поле Анкаванского месторождения, в кварцевых жилах участка Назырюрт (А. И. Карапетян), в виде мельчайших выделений в тесной ассоциации с тетрадимитом, теллуrowисмутитом и другими теллуридами. По своим оптическим свойствам близок тетрадимиту, отличаясь от него сравнительно низкой отражательной способностью и более слабой анизотропностью.

Нагнагит относится к числу редко встречающихся минералов и установлен А. И. Карапетяном только в медно-мышьяковых рудах Анкаванского месторождения в виде удлиненных пластинчатых выделений размером до 0,1 мм в полях тетрадимита и теллуrowисмутита. В отраженном свете минерал светло-серый, имеет низкую твердость (рельеф несколько ниже, чем у теллуrowисмутита) и полируется лучше, чем тетрадимит. Отражательная способность около 40%. Минерал отчетливо анизотропный с цветным эффектом в светло-сером и темно-сером тонах. Двуотражение заметно в воздухе. Спектральным анализом в тетрадимите, в полях которого были встречены выделения нагнагита, обнаружены кроме  $\text{Bi}$  и  $\text{Te}$  также  $\text{Pb}$ ,  $\text{Sb}$ ,  $\text{Fe}$ ,  $\text{Au}$ .

Аргентит (Акантит). Соединение  $\text{Ag}_2\text{S}$  известно в

двух полиморфных модификациях: кубической (аргентит), устойчивой при температуре выше  $179^{\circ}$ , и моноклинной (акантит), образующейся ниже  $179^{\circ}$ . В медно-молибденовых рудах аргентит встречается очень редко в виде мельчайших выделений, большей частью, в полях галенита, энаргита в тесной ассоциации с тетраэдритом. Установлен в Каджаране (С. А. Мовсесян, 1941), Дастакерте (И. Г. Магакьян), Агараке (Г. О. Пиджян), Анкаване (А. И. Карапетян, 1961), Варденисе (А. Г. Акопян) и Сарнахпюрском рудопроявлении (Н. С. Хачатрян, Б. Д. Акопян).

Аргентит выделяется в поздних стадиях минерализации (кварц-карбонат-сфалерит-галенитовой и кварц-теннантит-энаргитовой) гидротермального этапа рудообразования.

В отраженном свете характеризуется серовато-белым цветом, рядом с галенитом приобретает зеленоватый оттенок. Отражательная способность порядка 33% в желтом свете, заметно ниже, чем у галенита и выше, чем у теннантита и тетраэдрита. Минерал анизотропный, но двуотражение в воздухе незаметно. Полируется обычно плохо (очень мягкий и ковкий). Рельеф ниже, чем у энаргита, теннантита и галенита.

Сарнахпюрский акантит подтвержден рентгенометрически (Н. С. Хачатрян, Б. Д. Акопян).

Гессит принадлежит к числу очень редких минералов, однако установлен в рудах многих месторождений: Каджарана (А. С. Фарамазян, 1958), Анкавана (А. И. Карапетян, 1961), Дастакерта и Джиндары (Г. О. Пиджян), Калера (Б. М. Меликсетян и др., 1960) и Капутджиха (А. С. Фарамазян). Он выделяется в следующих стадиях минерализации: кварц-халькопирит-молибденитовой, кварц-халькопиритовой и, в особенности, кварц-карбонат-сфалерит-галенитовой и кварц-халцедон-теннантит-энаргитовой.

На Каджаранском месторождении гессит обнаружен только в полиметаллических жилах и прожилках в полях галенита, пирита, халькопирита и реже сфалерита в тесной ассоциации с другими теллуридами, самородным золотом и аргентитом. На Аткизском участке Р. Н. Зарьяном наблюдался также в ассоциации с теннантитом и тетрадимитом. Гессит образует неправильные, изометричные и реже удлиненные формы выделения размером сотые и тысячные доли мм.

На Анкаванском месторождении минерал встречается в полиметаллических и, главным образом, теннантит-энаргитовых прожилках в полях галенита, энаргита, теннантита, халькопирита и борнита в виде мельчайших (от 0,01 до 0,2—0,3 мм) удлиненных, реже изометрических выделений в ассоциации с другими теллуридами (в частности, петцитом)

и самородным золотом. В рудах Дастакерта обнаружен в медно-молибденовых и полиметаллических прожилках в полях халькопирита, галенита и пирита в виде неправильных мельчайших выделений. На Джиндаринском месторождении установлен в кварц-халькопиритовых и полиметаллических прожилках в полях халькопирита, борнита и галенита в виде мельчайших выделений, местами в ассоциации с самородным серебром и тетраэдритом.

В отраженном свете цвет минерала светло-серый, с коричневатым оттенком. Отражательная способность для желтых лучей колеблется в пределах 38—41% (заметно выше тетраэдрита и несколько ниже галенита. При скрещенных николях отчетливо анизотропен с цветными эффектами коричнево-сиреневого и зеленовато-синего тонов. Двухотражение четко заметно в иммерсии. Твердость низкая, рельеф ниже халькопирита и галенита. Микротвердость гессита из Каджарана составляет 40 кг/мм<sup>2</sup> (Р. Н. Зарьян), Анкавана—37—45 кг/мм<sup>2</sup> (А. И. Карапетян, 1961, Г. О. Пиджян).

В халькопирите, энаргите, теннантите Анкавана обнаруживаются высокие содержания серебра и теллура, что связано с мельчайшими выделениями гессита. Микроспектральный анализом обнаружены сильные линии Ag и Te (Анкаван, Дастакерт).

Петцит встречается значительно реже, чем гессит. Он установлен в рудах Каджарана (А. С. Фарамазян; Р. Н. Зарьян), Анкавана (А. И. Карапетян) и Капутджиха (А. С. Фарамазян). Петцит выделяется в поздних стадиях минерализации— кварц-карбонат-сфалерит-галенитовой и кварц-халцедон-теннантит-энаргитовой.

На Каджаранском месторождении, согласно описанию А. С. Фарамазяна, встречается в полях галенита, пирита, халькопирита, большей частью, в сростаниях с гесситом в виде неправильных выделений с размерами в сотые доли мм.

В рудах Анкавана петцит встречается чаще всего в прожилках теннантит-энаргитового состава в полях энаргита, люцитита, халькопирита, борнита, теннантита и, редко, в полиметаллических прожилках в полях галенита в виде изометрических и неправильных выделений размерами 0,02—0,05 (иногда до 0,3 мм) в тесной ассоциации с другими теллуридами, самородным золотом, висмутином и медно-висмутовыми минералами. Нередко он вместе с гесситом образует каемки вокруг теллуоровисмутита и тетрадимита.

По своим оптическим свойствам петцит очень близко стоит к гесситу, и они хорошо отличаются друг от друга только при совместном нахождении. Петцит несколько темнее гессита ( $R$  для желтых лучей составляет 38%) и не имеет коричнева-

того оттенка, который характерен для гессита. Минерал изотропный, однако в скрещенных николях иногда проявляет слабую анизотропность. Микротвердость петцита из Каджарана составляет  $50 \text{ кг/мм}^2$  (Р. Н. Зарьян), а Анкавана—  $45 \text{ кг/мм}^2$  (А. И. Карапетян).

Халькозин установлен в рудах Дастакерта (К. А. Карамян), Джиндары и Анкавана (Г. О. Пиджян, 1960). Он выделяется в кварц-халькопиритовой и кварц-теннантит-энаргитовой стадиях минерализации.

Гипогенный халькозин на Дастакертском месторождении встречается в теннантит-энаргитовых прожилках как в виде отдельных изолированных зерен и кристаллов, так и в полях энаргита. Особенно тесно он ассоциирует с борнитом, энаргитом, теннантитом и халькопиритом.

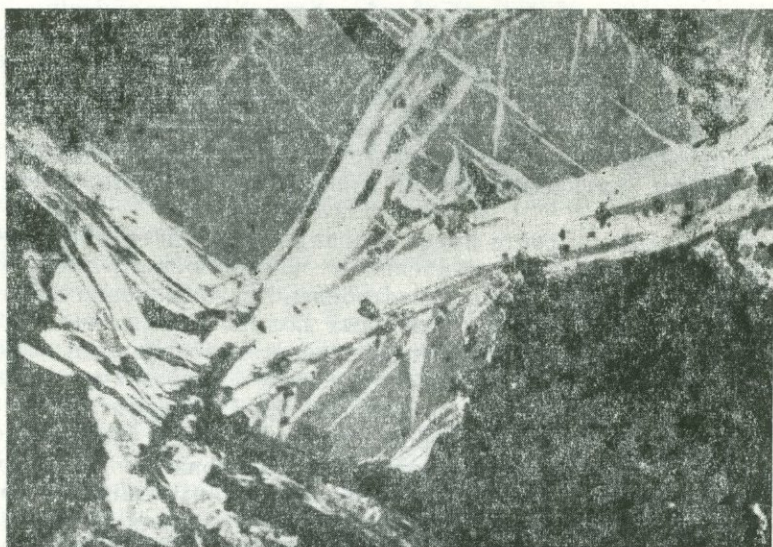
В рудах Джиндаринского месторождения встречается в продуктах кварц-халькопиритовой стадии минерализации в виде мельчайших неправильных выделений в тесной ассоциации с гипогенным борнитом, ковеллином, халькопиритом и пиритом. На Анкаванском месторождении халькозин образует заметные количества в кварц-халцедон-теннантит-энаргитовых прожилках и тесно ассоциирует с борнитом, энаргитом, теннантитом, халькопиритом и минералами висмута и теллура.

В отраженном свете имеет серовато-белый цвет с голубоватыми оттенками. Отражательная способность в желтом свете 24%. Минерал слабо анизотропный, двуотражение в воздухе почти незаметно. В отдельных полированных шлифах нами были встречены выделения синего анизотропного халькозина, который по кристаллооптическим свойствам очень сходен с неодигенитом, описанным П. Рамдором (1962). Неодигенит представляет собой самостоятельный минерал с формулой  $\text{Cu}_9\text{S}_5$ , который иногда при образовании твердых растворов может соответствовать формуле халькозина— $\text{Cu}_2\text{S}$ .

На основании изучения геологических условий нахождения халькозина (отсутствие зоны окисления и вообще окисленных минералов), парагенетических ассоциаций его с гипогенными минералами (халькопирит, энаргит, теннантит, пирит, борнит и др.) и наличию структур распада твердого раствора халькозин-ковеллин, приходим к выводу, что халькозин является гипогенным минералом и образовался в поздних стадиях минерализации, в средне-низкотемпературном этапе гидротермального процесса.

В халькозине Анкавана химическим анализом установлено  $\text{Ge—}0,0008\%$ . Спектральным анализом обнаружено:  $\text{Bi—}0,3\%$ ;  $\text{Zn—}0,3\%$ ;  $\text{Te—}0,03\%$ ;  $\text{Ag—}0,03\%$ ;  $\text{As—}0,05\%$ ;  $\text{Au—}0,01\%$ .

Борнит является характерным распространенным минералом для всех медно-молибденовых месторождений. Однако он наиболее развит в рудах Джиндары и Дастакерта, где в отдельных стадиях минерализации (кварц-халькопиритовой и др.) образует заметные количества, представляющие практический интерес. Борнит встречается во многих стадиях минерализации и представлен различными генерациями и парагенетическими ассоциациями. Исследованиями установлено, что температурный диапазон образования борнита очень большой; он выделяется как в самых ранних высокотемпературных стадиях минерализации (полевошпат-кварц-магнетитовой, кварц-молибденитовой), так и поздних низкотемпературных (кварц-карбонат-сфалерит-галенитовой, кварц-халцедон-теннантит-энаргитовой).



Фиг. 13. Борнит (серое) с тонкими пластинками халькопирита (белое), разъедается и замещается чешуйками молибденита (белое, серовато-белое). Анкаван. Полпр. шлиф, х440.

Борнит представлен в виде мелкой вкрапленности и прожилок. Он обычно уступает в количественном отношении халькопириту и часто образует с ним тесные зернистые сростания.

На отдельных месторождениях (Каджаран, Дастакерт и др.) борнит вместе с халькопиритом заполняет участки между сростками или скоплениями молибденита, часто проникая в

молибденит по спайности. Борнит обычно окаймляет идиоморфные кристаллы кварца, магнетита и пирита, тонкими язычками проникает во внутрь и замещает их. В рудах Анкавана и Дастакерта отмечаются тесные зернистые срастания борнита с энаргитом, теннантитом, халькозином. В полях борнита встречаются выделения блеклой руды, сфалерита, галенита, золота, висмутина, серебра, медно-висмутовых минералов и теллуридов. Нередко борнит замещается халькозином и ковеллином; последние развиваются в борните в виде тонких неправильных прожилок.



Фиг. 14. Сферические стяжения пирита (белое) с звездчатыми полостями, выполненными борнитом (серое) в борнит-халькозиновой массе (серое и светло-серое). Дастакерт. Полир. шлиф, x200.

Во многих месторождениях (Каджаран, Джиндара, Анкаван и др.) отмечаются решетчатые (фиг. 20) структуры распада твердых растворов борнит-халькопирит. Изредка отмечаются также звездчатые выделения твердого раствора халькопирита в борните.

На южном участке Дастакертского месторождения нами были встречены образцы, где тесные прорастания борнит образует с пиритом. В полированных шлифах хорошо образованные кристаллы пирита окаймлены борнитом и все это находится в стяжении колломорфного пирита.

Гигогенный борнит автором был установлен в Дастакерте также в псевдоморфных кристаллах халькопирита по пириту пентагон-додекаэдрического габитуса в виде мелких неправильных выделений в полях халькопирита.

На Анкаванском месторождении борнит широко развит в медно-мышьяковых рудах в тесной ассоциации с энаргитом, теннантитом, минералами висмута, теллура и германия. Интересно то обстоятельство, что в полях теннантита встречаются решетчатые структуры распада твердого раствора—борнит-халькопирит.

Структурное травление борнита реактивом J в KJ (10 гр. J+1,2 гр. KJ+50 см<sup>3</sup> H<sub>2</sub>O) выявляет внутреннее кристаллическое строение минерала и расположение отдельных зерен. Борнит характеризуется аллотриоморфной мелкозернистой структурой.

В таблице 18 приведены результаты спектральных анализов борнитов по данным А. С. Фарамазяна (Каджаран), Г. О. Пиджяна (Дастакерт) и А. И. Қарапетяна (Анкаван).

Таблица 18  
Содержание элементов—примесей в борнитах

Месторождения	Содержание в %						
	Bi	Ag	Au	Sb	As	Te	Ge
Каджаран	0,1—0,3	0,001— 0,01	0,001—0,01	—	—	—	—
Дастакерт	0,03—0,1	0,03	0,3	0,3	0,1	—	—
Анкаван	0,3—1,0	0,03—0,1	0,003—0,01	— 0,01	0,03 0,1	0,03 0,1	0,0001— 0,001

Из таблицы видно, что борниты характеризуются высокими содержаниями висмута и серебра. В Анкаванском борните кроме того обнаружены высокие и повышенные содержания теллура, золота и германия.

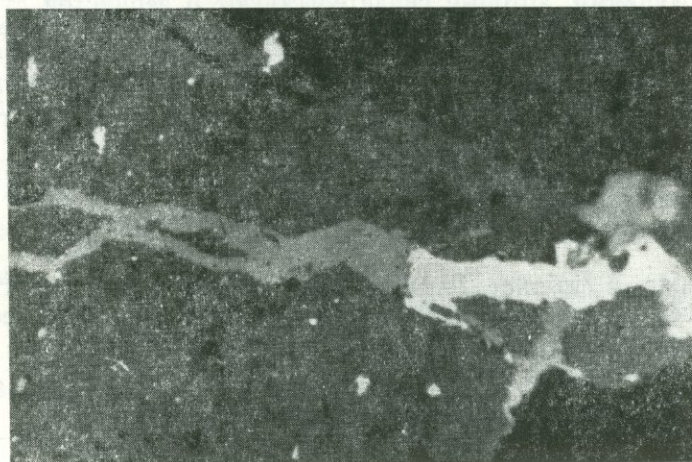
Галенит относится к числу распространенных минералов. Он встречается в рудах разных стадий минерализации (в различных генерациях и парагенетических ассоциациях): кварц-молибденитовой, кварц-пиритовой, кварц-халькопиритовой, карбонат-алабандиновой и особенно широко в кварц-карбонат-сфалерит-галенитовой, в продуктах которой образует заметные концентрации в Каджаране (Аткиз, Центральный участок) и Дастакерте.

В рудах *кварц-молибденитовой* (Айгедзор) и *кварц-халькопиритовой* (Каджаран, Агарақ) стадий минерализации галенит представлен в виде мелких включений эмульсионной вкрапленности, с пиритом и реже молибденитом, висмутином, айкинитом и медно-висмутовыми минералами.

В *кварц-пиритовой* стадии минерализации (Каджаран, Джиндара) галенит встречается в виде мельчайших выделе-

ний в ассоциации с пиритом, сфалеритом, реже халькопиритом, теннантитом.

В *кварц-карбонат-сфалерит-галенитовой* стадии минерализации галенит образует скопления в виде мономинеральных прожилок, вкрапленников, хорошо образованных кристаллов



Фиг. 15. Сфалерит (темно-серое) с вкрапленниками халькопирита пересекается прожилками теннантита (светло-серое) и галенита (белое). Каджаран. Полир. шлиф, х440.

в тесной ассоциации с кварцем, карбонатом, сфалеритом, халькопиритом, пиритом, блеклыми рудами, энаргитом, теллуридами и минералами висмута.

В полиметаллических жилах и прожилках галенит, в основном, занимает центральные участки и нередко выполняет интерстиции друзовых полостей, тесно ассоциируясь с кристаллами кварца. На некоторых месторождениях (Каджаран, Джиндара, Анкаван, Дастакерт) в тех участках, где галенит находится совместно с тетраэдритом, в ассоциации с ними отмечаются небольшие выделения бурнонита, образование которого, по всей вероятности, обусловлено воздействием гидротермальных растворов на галенит и тетраэдрит.

С галенитом тесно ассоциируют золото, серебро, аргентит, теллуриды, висмутин, виттихенит и эмплектит, которые часто развиты в полях его и образуют с ним структуры замещения. Изучение взаимоотношений галенита с алтаитом, теллуrowисмутитом, гесситом, петцитом и другими теллуридами показывает, что последние образовались, главным образом, после выпадения галенита из обогащенных теллуrom гидротермальных растворов.

В карбонат-алабандиновой стадии минерализации галенит встречается в ассоциации с алабандином в полях его в виде мельчайших выделений.

В отраженном свете галенит характеризуется многочисленными трещинками спайности и большим количеством треугольников выкрашивания, расположенными параллельными линиями, которые свидетельствуют о зернистой структуре и совершенной спайности минерала. Иногда трещинки спайности изогнуты и собраны в микроскладки. В результате совершенной спайности и мягкости галенит подвергается пластическим деформациям с образованием структур течения (Каджаран, Аткиз).

В зоне окисления галенит замещается англезитом, церусситом, ковеллином, борнитом, гидрогетитом. Супергенные минералы большей частью образуют каемки вокруг зерен галенита.

Ниже, в таблице 19, приведены содержания элементов-примесей в галенитах некоторых медно-молибденовых месторождений, по данным химических анализов\*.

Таблица 19  
Содержание элементов-примесей в галенитах

Месторождения	Среднее содержание элементов в %						Ag
	Кол-во анал.	Se	Te	Кол-во анал.	Bi	Кол-во анал.	
Каджаран	22	0,0192	0,0136	5	0,0573	2	0,0644
Дастакерт	2	0,0120	0,0140	2	0,0570	2	0,0260
Анкаван	2	0,0083	0,0106	3	0,0766	3	0,0700

Приведенные результаты показывают, что наиболее высокими содержаниями селена характеризуются галениты Каджарана; теллура—Дастакерта, Каджарана, а висмута и серебра—Анкавана.

Химическим анализом германий установлен в галенитах Анкавана—0,00034% (среднее из 3 проб) и Дастакерта—0,00012% (среднее из двух проб).

По данным многочисленных спектральных анализов в галенитах Каджарана, Анкавана и Дастакерта обнаружены следующие элементы-примеси:

Fe—0,003—0,3%; Mn—0,01—0,3%; Mo—0,0003—0,1%; Cu—0,01—1,0%; Zn—0,01—1,0%; Ag—0,003—1,0%; Sb—0,01—

\* По Каджарану использованы также анализы галенитов на селен и теллур А. С. Фарамазяна (10 анализов) и Р. Н. Зарьяна (10 анализов).

0,3%; As—0,01—0,1%; Cd—0,01—0,3%; Bi—0,003—0,3%; во многих пробах Te—0,001—0,1%; в единичных пробах Au—0,001—0,01%; Ni—0,001%; Co—0,001—0,003%.

Алтайт относится к числу очень редко встречающихся минералов, однако обнаружен в рудах многих месторождений: Каджарана (А. С. Фарамазян, 1958), Анкавана (А. И. Карапетян, 1961), Дастакерта, Джиндары, Кармир-Кара (Г. О. Пиджян) и Калера (Б. М. Меликсетян и др., 1960). Он проявляется в кварц-пиритовой, кварц-халькопиритовой и, в особенности, кварц-карбонат-сфалерит-галенитовой и кварц-халцедон-теннантит-энаргитовой стадиях минерализации.

На Каджаранском месторождении по данным А. С. Фарамазяна алтайт встречен только в полимегаллических жилах в виде мелких каплевидных, неправильных форм выделений и, редко, прямолинейными очертаниями в ассоциации с галенитом, пиритом, халькопиритом, сфалеритом и минералами теллура.

В рудах Анкавана алтайт в виде изометрических выделений размерами в сотые и тысячные доли миллиметра встречен в полиметаллических и теннантит-энаргитовых прожилках в полях галенита и халькопирита в тесном срастании с гесситом и петцитом.

На Джиндаринском месторождении обнаружен в прожилках кварц-халькопиритовой стадии минерализации в виде мельчайших изометрических (треугольники) и неправильных форм выделений в полях халькопирита и борнита, иногда в ассоциации с гесситом.

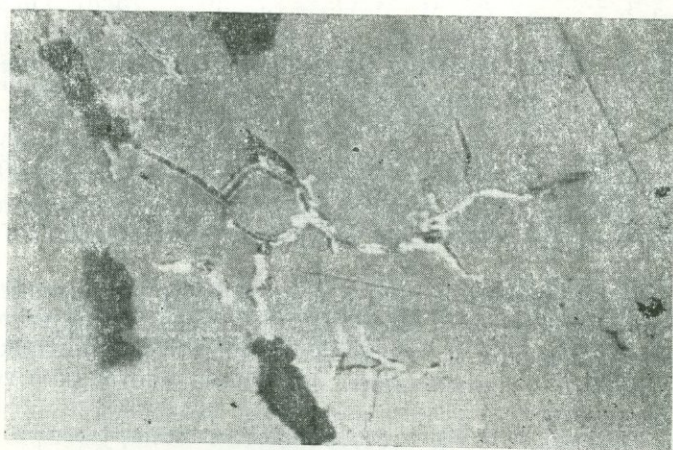
Мельчайшие выделения минерала, очень похожие по оптическим свойствам на алтайт, нами были встречены в полях пирита кварц-пиритовых прожилок Дастакерта и в полях галенита Кармиркарского месторождения.

В отраженном свете алтайт имеет белый цвет с нежно-зеленоватым оттенком. Отражательная способность в желтых лучах равна 60—61%. Измерение отражательной способности алтайта из Каджарана показало в желтых лучах ~ 60%, а в зеленых ~ 64% (А. С. Фарамазян). Минерал изотропный. Полируется хорошо, лучше чем гессит. Твердость низкая, рельеф ниже галенита и приближается к рельефу гессита. Микротвердость для алтайтов Каджарана и Анкавана колеблется в пределах 35—45 кг/мм<sup>2</sup>.

Микрохимические и микроспектральные анализы дали положительные результаты на свинец и теллур (Каджаран, Анкаван, Джиндара).

Алабандин является исключительно редким минералом в рудах медно-молибденовых месторождений. Он уста-

новлен только в Дастакерте (К. А. Карамян) в карбонат-алабандиновой стадии минерализации в виде прожилок (5—10 см) в тесной ассоциации с родохрозитом, манган-кальцитом, мельниковитом, халькопиритом, сфалеритом и, реже, теннантитом и энаргитом. Алабандин представлен крупными выделениями с гипидиоморфнозернистой, аллотриоморфнозернистой структурой и характеризуется полисинтетическим,



Фиг. 16. Концентрические трещины усыхания в алабандине (серое), выполненные мельниковитом (белое). Дастакерт. Полир. шлиф, х440.

пластинчатым двойникованием и совершенной спайностью. В отраженном свете имеет серовато-белый цвет и обладает характерными зелеными внутренними рефлексами. Изотропный, имеет среднюю твердость. Отражательная способность колеблется в пределах 23—25%. Алабандин нередко замещается мельниковит-пиритом, прожилки которого окаймляют и пересекают его зерна (фиг. 16).

Химическим анализом в алабандине установлено: Re—0,00007%; Se—0,0030%; Te—0,0001%; Ge—0,0001%; Bi—0,0087%; Ag—0,0020%.

К настоящему времени в литературе нет данных о проявлении алабандина в рудах других медно-молибденовых месторождений, и в этом отношении Дастакерт является пока единственным месторождением.

Сфалерит относится к числу распространенных минералов руд. Он встречается в различных генерациях и парагенетических ассоциациях минералов, проявляясь в следующих

стадиях минерализации: кварц-молибденитовой, кварц-халькопирит-молибденитовой, кварц-пиритовой, кварц-халькопиритовой, карбонат-алабандиновой и, в особенности, кварц-карбонат-сфалерит-галенитовой, в продуктах которой образует заметные концентрации в Каджаране (Аткиз, Центральный участок) и Дастакерте.

В ранних стадиях минерализации сфалерит имеет незначительное развитие, образуя мельчайшие выделения неправильной формы и рассеянной вкрапленности в полях халькопирита, пирита, борнита, энаргита и, реже, молибденита. В этой парагенетической ассоциации иногда он образует эмульсионную вкрапленность в полях халькопирита, что свидетельствует о распаде твердого раствора халькопирит-сфалерит.

В полиметаллических рудах очень характерна тонкая эмульсионная вкрапленность халькопирита в сфалерите, что свидетельствует о распаде твердого раствора сфалерит-халькопирита и об одновременном образовании этих минералов.

В кварц-карбонатных и карбонатных прожилках Джиндары сфалерит развивается по карбонату и образует тесные сростания с ним.

Макроскопически и при наблюдении бинокулярным микроскопом сфалерит характеризуется различными цветами и оттенками от бесцветного до буровато-черного, в зависимости от элементов-примесей (Fe, Mn и др.). Наиболее широко развиты темные, черные (марматит) железистые разновидности сфалерита; реже встречаются светло-окрашенные бесцветные (клеюфан) и еще реже пришибрамит—богатая кадмием разновидность (Дастакерт).

Внутренняя структура сфалерита аллотриоморфнозернистая; многие зерна имеют полисинтетически двойниковое строение (выявляется травлением в парах царской водки). Двойниковые пластинки местами изогнуты и разорваны. В зоне окисления местами сфалерит замещается смитсоном, халькозином и ковеллином.

В таблице 20 по данным химических анализов приведены содержания элементов-примесей в сфалеритах.

Из таблицы видно, что сравнительно высокими содержаниями селена, теллура, германия и серебра характеризуются сфалериты Каджарана, а висмута—Анкавана. Кроме того, в сфалеритах Каджарана химическим анализом установлен индий в среднем из пяти проб—0,0017%. В отдельных пробах сфалеритов Дастакерта и Каджарана химическим анализом установлен рений в пределах 0,0001—0,0002%.

По данным многочисленных спектральных анализов в сфалеритах Каджарана, Анкавана, Дастакерта и Айгедзора обнаружены следующие элементы-примеси: Fe—0,1—1,0%;

Содержания элементов-примесей в сфалеритах

Месторождения	Среднее содержание элементов в %							
	Кол. анал.	Se	Te	Кол. анал.	Bi	Ge	Кол. анал.	Ag
Каджаран	18*	0,0042	0,0043	5	0,0038	0,0005	3	0,0108
Дастакерт	3	0,0026	0,0021	3	0,0012	0,00018	3	0,0044
Анкаван	2	0,0024	0,0037	3*	0,0076	0,0002	3*	0,003

\* Спектральные анализы.

По Каджарану 11 анализов на Se и Te по Р. Н. Зарьяну и 2 анализа—по А. С. Фарамазяну.

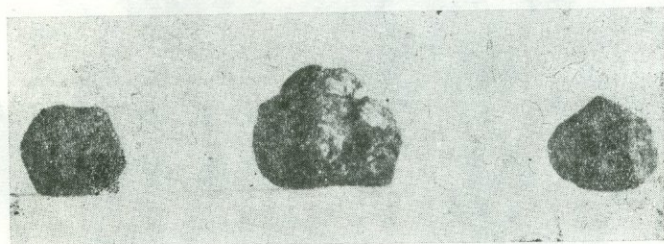
Mn—0,01—1,0%; Ni—0,001%; Co—0,001—0,03%; Mo—0,001%; Pb—0,01—1,0%; Cu—0,01—1,0%; Sb—0,01—0,1%; Bi—0,003—0,1%; Cd—0,1—1,0%, редко 1,0—3,0% (Дастакерт, Айгедзор); In—0,001—0,01%. В отдельных пробах Sn—0,001—0,01%; As—0,01—0,1%; Ge—0,0001—0,003%; Ga—0,001—0,01%.

Халькопирит является весьма характерным, широко распространенным минералом и представляет один из главных и ценных компонентов руд. Он встречается в различных генерациях и парагенетических ассоциациях минералов, проявляясь во всех рудных стадиях минерализации. Однако крупные промышленные скопления халькопирит образует в рудах кварц-халькопиритовой (Каджаран, Агарак, Дастакерт, Джиндара) и кварц-халькопирит-молибденитовой (Каджаран, Агарак, Дастакерт) стадий минерализации.

Халькопирит встречается повсеместно в виде рассеянной вкрапленности, маломощных кварц-халькопиритовых и мономинеральных прожилков; реже—цемента обломков пород (мондониты, роговики и др.), примазок, и еще реже—недоразвитых кристаллов (тетраэдры) и псевдоморфоз по пириту (Дастакерт). Халькопириты различных стадий минерализации и генерации отличаются друг от друга в первую очередь парагенетической ассоциацией минералов, характером внутренней структуры и геохимическими особенностями (различными примесями редких, благородных элементов как в качественном, так и в количественном отношении).

В полевой шпат-кварц-магнетитовой и кварц-магнетитовой стадиях минерализации (Каджаран, Агарак) халькопирит образует редкую вкрапленность, отдельные неправильные выделения и, реже, тонкие прожилки в кварц-полевошпатовых прожилках и массивных магнетит-гематитовых рудах. Он

большей частью выполняет интерстиции кварца, магнетита, пирита и гематита и местами окаймляет, цементирует, замещает идиоморфные кристаллы указанных минералов. Отмечаются иногда тесные сростания халькопирита с молибденитом; в этом случае обычно халькопирит тонкими прожилками по трещинам спайности проникает в молибденит. Изредка халькопирит в виде эмульсионной вкрапленности и звездчатых выделений развит в полях борнита, что свидетельствует о распаде твердого раствора борнит-халькопирита и об одновременном образовании этих минералов.



Фиг. 17. Псевдоморфные кристаллы (пентагондодекаэдрического габитуса) халькопирита по пириту. Дастакерт. Полір. шлиф. Натуральная величина.

В ранней кварц-пиритовой стадии минерализации (Анкавац) халькопирит имеет весьма подчиненное значение и развит в полях пирита в виде мельчайших неправильных выделений, образуя с ним различные структуры замещения.

В ранней кварц-халькопиритовой стадии минерализации (Дастакерт, Джиндара) халькопирит образует промышленные скопления в виде вкрапленников, прожилок, гнездообразных выделений и, реже, недоразвитых кристаллов и псевдоморфов по пириту. В рудах Дастакерта он тесно ассоциируется с кварцем, розетками молибденита, пиритом, борнитом, реже магнетитом и гематитом. В этой парагенетической ассоциации минералов автором (1950) были обнаружены хорошо ограненные (фиг. 17) кристаллы пирита пентагондодекаэдрического габитуса величиной от 0,5 до 1—2 см в поперечнике, в пустотах и трещинах сильно окварцованных рудовмещающих гранодиоритов. Проведенные исследования показали, что кристаллы пентагондодекаэдрического габитуса и кристаллы с комбинацией граней пентагон-додекаэдра и октаэдра представляют смесь двух минералов: пирита и халькопирита. Внешняя часть кристаллов представлена тонкой пленкой пирита, а во внутренней совместно с пиритом присутствует халькопирит, поэтому отмечается резкая раз-

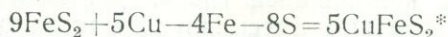
ница между физическими свойствами поверхностной и внутренней частей кристалла. Внутри кристалла происходило замещение пирита халькопиритом. Процесс замещения неполный, обычно имеются остатки пирита среди халькопиритовой массы. (фиг. 18). Химический анализ псевдоморфных кристаллов показал Fe—43,05%; S—41,03% и Cu—16,51%.



Фиг. 18. Замещение пирита (серовато-белое) халькопиритом (серое). Структура остатков от замещения. Дастакерт. Полир. шлиф,  $\times 130$ .

Эти данные соответствуют составу смеси пирита и халькопирита, взятых в почти равных количествах.

Процесс образования псевдоморфных кристаллов халькопирита по пириту представляется нам следующим образом. После образования кристаллов пирита гидротермальные растворы начали привносить значительные количества меди; последняя диффундировала по тончайшим трещинкам через грани кристаллов пирита и перерабатывала вещество внутренней части в халькопирит. Так как в большинстве случаев привнос меди был недостаточным, процесс замещения оказался неполным. В тех случаях, когда привнос меди растворами продолжался, халькопирит нацело замещал кристаллы пирита по реакции:

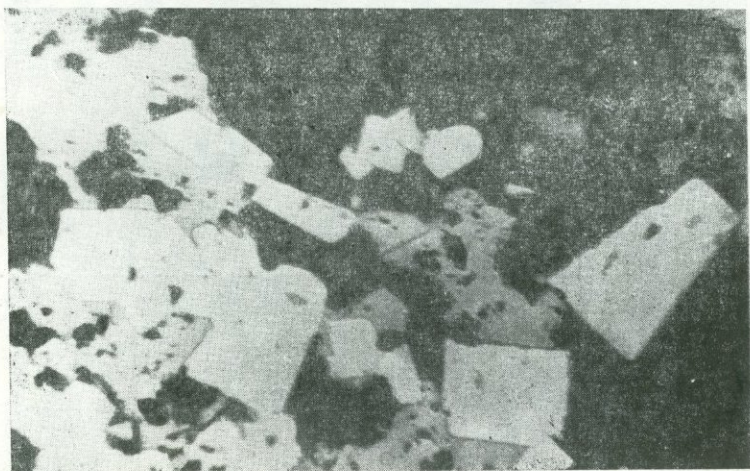


\* Эта реакция замещения пирита халькопиритом приводится в работе Д. П. Григорьева (1948). Она учитывает сохранение при замещении объема псевдоморфоз неизменным.

Грани кристаллов пирита замещались с большим трудом, очевидно, в силу большей их устойчивости.

Псевдоморфозы халькопирита по пириту представляют редкое, еще слабо изученное явление.

На Джиндаринском месторождении часто халькопирит окаймляет поля и замещает сульфидные минералы. Наиболее тесные зернистые сростания образует с борнитом. Местами отмечаются решетчатые структуры распада твердого раствора борнит-халькопирит.



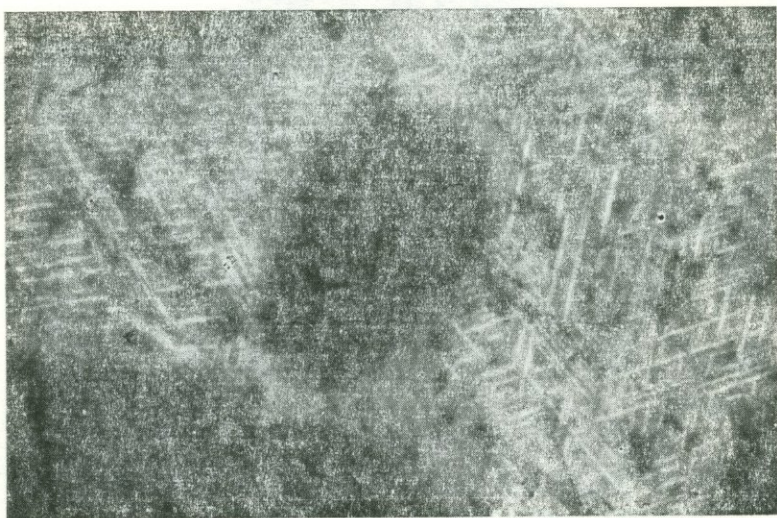
Фиг. 19. Метакристаллы пирита (белое) сцементированы халькопиритом (серовато-белое). Агарак. Полир. шлиф, x200.

Нередко в полях халькопирита отмечаются чешуйки и прожилочки молибденита, что указывает на более поздние выделения молибденита. Халькопирит тесно ассоциирует также с хлоритом, гипогенным халькозином и ковеллином, висмутином, медно-висмутовыми минералами.

В ранней кварц-халькопирит-молибденитовой стадии минерализации (Дастакерт, Айгедзор) халькопирит представлен гнездообразными выделениями, вкрапленниками, прожилками и в виде цемента обломков измененных ороговикованных порфиринов (Дастакерт). Он тесно ассоциирует с кварцем, молибденитом, борнитом и пиритом. В прожилках халькопирит заполняет трещины, жеодовые пустоты и развит как в центре прожилков, так и по зальбандам. На Айгедзорском месторождении молибденит часто окаймляет выделения халькопирита и язычками врывается в зерна его, что указывает на более раннее образование халькопирита.

В *кварц-молибденитовой* стадии минерализации халькопирит имеет небольшое распространение и встречается в виде вкрапленности и, реже, прожилок в ассоциации с кварцем и молибденитом.

В *кварц-халькопирит-молибденитовой* стадии минерализации (Каджаран, Агарак и др.) халькопирит является одним из главных рудообразующих минералов и образует промышленные концентрации. Он тесно ассоциирует с квар-



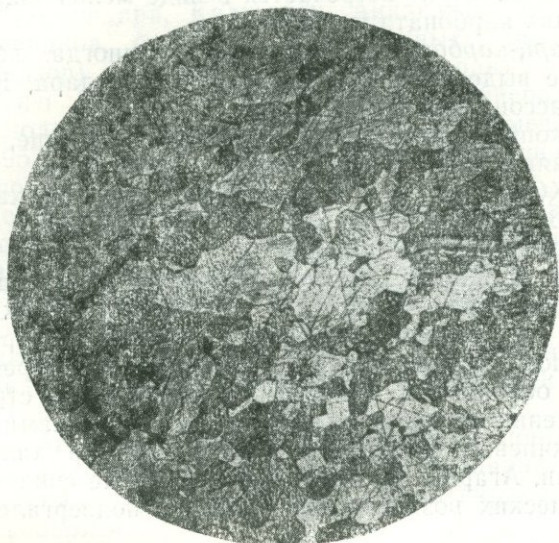
Фиг. 20. Решетчатая структура распада твердого раствора. Халькопирит (белое, пластинчатые)—борнит (серое). Джиндара. Полир. шлиф, x200.

цем, молибденитом и отлагается, в основном, в центральной части прожилка. Обычно выделения халькопирита подчиняются формам кварца и молибденита. В полях халькопирита встречаются висмутин, виттихенит, эмплектит, теннантит, энаргит, люционит, самородное золото, самородное серебро.

В *кварц-пиритовой* стадии минерализации (Джиндара, Айгедзор, Каджаран, Агарак) халькопирит имеет подчиненное значение и развит в виде вкрапленности и неправильных выделений. Местами он окаймляет и цементирует идиоморфные кристаллы пирита, образуя брекчиевидные микротекстуры.

В *кварц-халькопиритовой* стадии минерализации (Каджаран, Агарак, Анкаван, Айгедзор) халькопирит является самым распространенным минералом и представлен мономи-

неральными прожилками, гнездообразными скоплениями и вкрапленниками в жильной кварцевой массе. Он тесно ассоциирует с кварцем, пиритом, теннантитом, энаргитом, борнитом, люцитом, реже сфалеритом и молибденитом. В полях халькопирита встречаются висмутин, виттихенит, эмплектит, галеновисмутит, золото, серебро, айкинит (?), которые часто развиваются по халькопириту, образуя с ним раз-



Фиг. 21. Внутренняя структура халькопирита, выявленная травлением реактивом  $KMnO_4 + KOH$ . Джиндара. Полир. шлиф,  $\times 200$ .

личные структуры замещения. Весьма редко в сфалерите отмечается эмульсионная вкрапленность халькопирита.

В *кварц-карбонат-сфалерит-галенитовой* стадии минерализации халькопирит встречается в тесной ассоциации с пиритом, сфалеритом и галенитом. В этой парагенетической ассоциации минералов очень характерна тонкая эмульсия халькопирита в сфалерите. Местами он сериями тонких прожилков сечет зерна сфалерита и окаймляет их тонкой каемкой. По-видимому, небольшая часть халькопирита выделилась одновременно с сфалеритом, а главная—позже сфалерита, но раньше галенита, теннантита, энаргита, минералов висмута и теллура.

В *кварц-халцедон-теннантит-энаргитовой* стадии минерализации (Анкаван, Дастакерт) халькопирит является од-

ним из главных минералов и представлен несколькими генерациями в тесной ассоциации почти со всеми рудными минералами. Главная масса халькопирита в этой парагенетической ассоциации тесно сростается с энаргитом, теннантитом, борнитом и иногда тонкими прожилками пересекает сплошные поля энаргита и теннантита.

В *карбонат-алабандиновой* стадии минерализации (Дастакерт) халькопирит встречается в виде мельчайших выделений в полях карбоната и алабандина.

В *кварц-карбонатных* прожилках иногда встречаются небольшие выделения халькопирита (Джиндара, Каджаран) в тесной ассоциации с карбонатом.

Халькопирит имеет кристаллическое строение, что отчетливо выявляется структурным травлением реактивом  $KMnO_4 + KOH$  (фиг. 21). Структурное травление халькопирита в парах царской водки (20—30 сек) выявляет его аллотриоморфнозернистое строение.

Многостадийный характер формирования руд и интенсивно проявленная пострудная тектоника наложили свой отпечаток на текстуры и структуры рудных минералов. Под микроскопом местами среди крупнозернистого агрегата халькопирита образованы полоски мелкозернистой структуры с многочисленными полисинтетическими двойниками. Наличие микробрекчиевых и микроплойчатых текстур халькопирита (Каджаран, Агарак, Джиндара и др.) также свидетельствует о динамических воздействиях, которым подвергался халькопирит.

В зоне окисления халькопирит замещается лимонитом, борнитом, халькозином, ковеллином, малахитом, азурином, купритом и, реже, халькантитом и хризоколлой. Супергенные сульфиды меди обычно развиваются в халькопирите в виде тончайших жилок и нередко окаймляют зерна его тонкой каемкой. В зонах окисления (Каджаран, Агарак, Анкаван) широкое развитие имеет процесс лимонитизации. Гидроокислы железа, главным образом, образуются за счет халькопирита и окаймляют выделения его. Во многих месторождениях сплошные выделения халькопирита пересечены прожилками кварца, карбоната и лимонита.

В таблице 21 приведены содержания элементов-примесей в халькопиритах, различных стадий минерализации и генераций главнейших медно-молибденовых месторождений.

Результаты анализов показывают, что халькопириты Джиндары и Каджарана характеризуются наиболее высокими содержаниями селена и теллура; халькопириты Дастакерта, Анкавана и Каджарана—висмута; Анкавана—германия; Агарака, Каджарана, Анкавана—серебра; Анкавана, Джиндары, Каджарана—рения.

Многочисленными спектральными анализами в халькопиритах обнаружены: Pb—0,001—0,03%; Ag—0,003—0,1%; Mo—0,001—0,01%; Bi—0,003—0,03%, редко 0,1—0,3%; As—0,01—0,1%; Zn—0,03—0,1%; Mn—0,003—0,03%. В отдельных пробах: Ni—0,001—0,003%; Co—0,001—0,01%, редко 0,03—0,1% (Каджаран, Агарак, Джиндара, Дастакерт); Ti—0,0003—0,003% (Каджаран, Дастакерт), редко до 0,1% (Анкаван); Ge—0,003—0,01% (Дастакерт, Каджаран и др.); Te—0,01—0,1% (Джиндара, Каджаран, Анкаван); Au—0,001—0,01% (Джиндара, Анкаван). В единичных пробах—In—0,01% (Айгедзор) и W—0,01—0,03% (Каджаран).

Станнин (?) является нетипичным минералом для руд медно-молибденовых месторождений. Он отмечен М. П. Исаенко (1953) в рудах Каджарана в виде эмульсионных выделений в полях халькопирита.

Пирротин относится к числу очень редко встречающихся минералов. Он установлен в прожилках кварц-пиритовой (Агарак, Каджаран), кварц-халькопиритовой (Айгедзор, Агарак) и кварц-халцедон-теннантит-энаргитовой (Анкаван) стадий минерализации.

По данным М. П. Исаенко, пирротин в Каджаране встречается в виде мельчайших выделений и прожилок в полях пирита.

В рудах Агарака в виде реликтов в зернах пирита отмечается И. В. Баркановым, а в кварц-халькопиритовых прожилках установлен автором в виде мелкой вкрапленности в полях халькопирита.

В рудах Айгедзора впервые обнаружен Г. И. Гольденбергом в полях халькопирита, а в медно-мышьяковых рудах Анкавана обнаружен А. И. Карапетяном.

Исследования показали, что в медно-молибденовых месторождениях пирротин образуется в поздних (кварц-халькопиритовой и кварц-халцедон-теннантит-энаргитовой) стадиях минерализации при средне-низкотемпературных условиях. Приведенные данные подтверждают точку зрения А. Г. Бетехтина (1955) о том, что образование пирротина обусловлено не столько температурой и давлением, сколько степенью концентрации серы в растворах и наличием других компонентов, оказывающих влияние на парциальное давление серы.

В отраженном свете пирротин обладает характерным розовато-коричневым цветом и отражательной способностью порядка 38—40% для желтых лучей. При скрещенных николях сильно анизотропен с цветным эффектом в желтовато-зеленоватых и коричневато-бурых тонах. Двухотражение в воздухе слабое. Минерал обладает магнитными свойствами.

Таблица 21

Содержание элементов-примесей в халькопиритах главнейших медно-молибденовых месторождений (данные химических анализов)

№№ п/п	Месторождения	Среднее содержание элементов в %											
		Кол- во анал.	Se	Кол- во анал.	Te	Кол- во анал.	Bi	Кол- во анал.	Ge	Кол- во анал.	Ag	Кол. анал.	Re
1	Каджаран	81	0,0186	81	0,0054	10	0,014	13	0,00029	7	0,0128	11	0,00014
2	Агарак	6	0,0162	6	0,0032	5	0,0062	6	0,00045	6	0,0131	6	0,0001
3	Дастакерт	10	0,0093	10	0,0037	10	0,0331	8	0,00020	10	0,0035	6	0,00002
4	Анкаван	8	0,0114	7	0,0028	5	0,03-0,1*	10	0,00140	5	0,01- 0,03*	2	0,00036
5	Джидара	7	0,0187	6	0,0121	5	0,0079	5	0,00040	7	0,003- 0,03*	4	0,00015
6	Айгедзор	4	0,0115	4	0,0031	4	0,0091	2	0,00060	4	0,0092	2	не обл.

\* Результаты спектральных анализов. По Каджарану использованы также анализы, имеющиеся в работах А. С. Фарамазяна (Se, Te—37, Ge—5, Ag—2) и Р. Н. Зарьяна (Se, Te—25), а по Анкавану— А. И. Карапетяна (Ge—4 шт.).

Кубанит встречен только в кварц-халькопиритовых прожилках Айгедзора (Г. И. Гольденберг) и Агарака (Г. О. Пиджян) в виде мельчайших выделений (тысячные и сотые доли мм) в полях халькопирита в тесной ассоциации с пирротинном.

По оптическим свойствам кубанит занимает промежуточное положение между халькопиритом и пирротинном. В отраженном свете имеет желто-бронзовый цвет. Отражательная способность немного ниже халькопирита, но сравнительно выше пирротина. В скрещенных николях отчетливо анизотропен. Двутражение в воздухе заметно. Минерал слабо магнитен.

Штернбергит (?) встречен только в полиметаллических прожилках Каджарана (З. В. Рупасова) в виде мельчайших выделений в полях галенита. По наблюдениям Р. Н. Зарьяна штернбергит образует тесные прорастания с аргентитом и по времени образования очень близок к нему.

Ковеллин установлен в рудах Джиндаринского (Г. О. Пиджян) и Анкаванского (А. И. Карапетян) месторождений в тесной ассоциации с гипогенным халькозином, борнитом, халькопиритом и энаргитом. Как известно, ковеллин как гипогенный минерал встречается довольно редко и только на отдельных месторождениях (Бьютт, Монтана) образует гигантские кристаллы.

В рудах Джиндаринского месторождения ковеллин установлен в кварц-халькопиритовой стадии минерализации в виде мелких неправильных выделений в полях халькопирита, борнита в ассоциации с халькозином, пиритом и, реже, молибденитом. Геологическая обстановка нахождения ковеллина (отсутствие зоны окисления и других окисленных минералов), парагенетическая ассоциация минералов и структуры распада твердых растворов борнит-ковеллин и ковеллин-халькозин указывают на гипогенное образование ковеллина.

На Анкаванском месторождении ковеллин встречен в медно-мышьяковых рудах в виде неправильных, иногда таблитчатых выделений в тесной ассоциации с халькозином, борнитом, халькопиритом, пиритом, энаргитом и теннантитом.

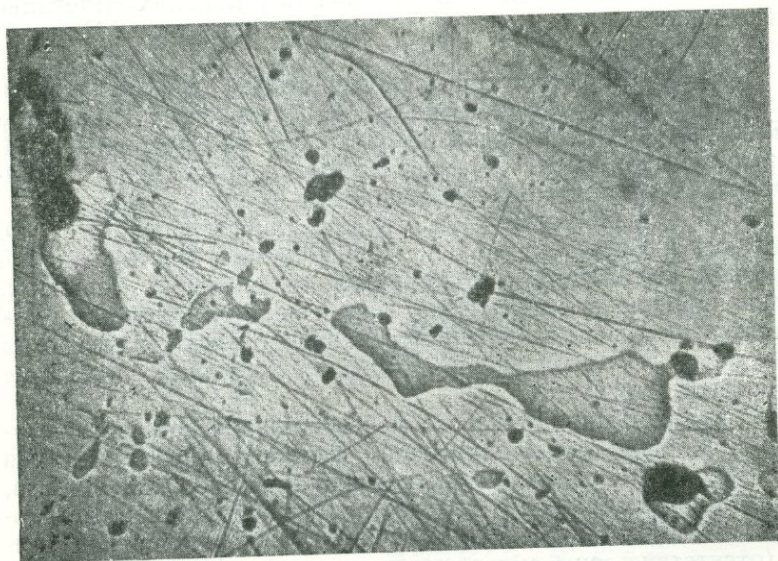
Линнеит относится к числу очень редко встречающихся минералов. В рудах Каджарана мельчайшие выделения минерала, по оптическим свойствам похожего на линнеит, были встречены в сплошных полях пирита (Е. А. Акопян, 1960).

На Анкаванском месторождении линнеит установлен А. И. Карапетяном в кварц-халцедон-теннантит-энаргитовой стадии минерализации в полях халькопирита в виде изометрических выделений размером до 0,05 мм в поперечнике.

В отраженном свете линнеит характеризуется кремово-

белым цветом, отражательной способностью порядка 46—47%, изотропностью и сравнительно более высоким рельефом, чем халькопирит. Микроспектральный анализ минерала показал много кобальта. Линнеит образовался после пирита, марказита, но раньше халькопирита борнита и энаргита.

Зигенит. В рудах Каджарана мельчайшие выделения минерала, по оптическим свойствам очень похожего на зигенит, были встречены в сплошных полях пирита (Е. А. Аюбян, 1960).



Фиг. 22. Ассоциация халькопирита (светло-серое), висмутина (серовато-белое) и виттихенита (серое). Дастакерт. Полир. шлиф,  $\times 120$ .

В Анкаванском месторождении зигенит установлен А. И. Карапетяном в прожилках кварц-теннантит-энаргитовой стадии минерализации в полях энаргита в виде оваловидных, реже изометрических (шестигранных) идиоморфных кристаллов с размерами 0,1—0,8 мм в поперечнике.

Висмутин является характерным минералом в рудах медно-молибденовых месторождений. Он установлен в Каджаране (З. В. Рупасова), Дастакерте (И. Г. Магакян), Агараке, Джиндаре, Айгедзоре, Анкаване (Г. О. Пиджян). Висмутин встречается в рудах многих стадий минерализации: кварц-молибденитовой, кварц-халькопирит-молибденитовой, кварц-пиритовой, кварц-халькопиритовой, кварц-карбонат-

сфалерит-галенитовой и кварц-халцедон-теннантит-энаргитовой в виде мельчайших удлинённых, призматических форм и иногда овальных зерен с размерами от тысячных долей мм до 0,1—0,2 мм и редко более. Сравнительно крупные выделения нами отмечены в медных рудах Дастакерта и Айгедзора.

Висмутин, главным образом, встречается в полях халькопирита, в меньшей степени—борнита, галенита, энаргита, халькозина, теннантита и, реже, сфалерита, молибденита; тесно ассоциирует с виттихенитом (фиг. 22, 23) и эмплекти-



Фиг. 23. Замещение висмутина (белое) виттихенитом (серое) в поле халькопирита (светло-серое). Дастакерт. Полир. шлиф, x115.

том, которые обычно развиваются в периферических частях выделения висмутина и обычно окаймляют, замещают его.

В полиметаллических жилах Каджарана висмутин встречается в ассоциации с галенитом, галеновисмутитом и айкинитом. Обычно галенит окаймляется висмутином, а во внутренних зонах образуются сульфовисмутиты свинца: галеновисмутит и айкинит (А. С. Фарамазян).

В Анкаванском месторождении висмутин широко развит в кварц-теннантит-энаргитовых прожилках в полях халькопирита, борнита, теннантита, энаргита, в тесной ассоциации с виттихенитом, эмплектитом и теллуридами.

Висмутин нами установлен также в Мегригетском, Казанличском месторождениях и Личк-Шорджурском и Сагкарском рудопроявлениях. Он предположительно отмечается и на Калерском месторождении (Б. М. Меликсетян и др., 1960).

В отраженном свете висмутин белый, примерно с яр-

костью галенита, однако по сравнению с ним имеет нежный желтовато-кремовый оттенок и несколько светлее его. Отражательная способность близка к халькопириту ( $R=46-49\%$ ). Измерение отражательной способности висмутита из Дастакертского месторождения на установке с фотоумножителем при оранжевом светофильтре показал  $R_g=49\%$  и  $R_p=45\%$ . В скрещенных николях висмутин отчетливо анизотропен без цветных эффектов. Двухотражение в воздухе мало заметно, в иммерсии усиливается. Рельеф низкий, примерно как у галенита. Микрохимические микроспектральные анализы на зернах висмутита (Дастакерт, Айгедзор, Каджаран) показали много висмута. Для рентгенометрических исследований из руд Дастакерта под микроскопом была отобрана проба, представляющая собой почти равную смесь из двух минералов— висмутита и эмплектита, тесно срастающихся друг с другом. Сделанный из этой пробы шарик подвергся рентгенометрическому анализу в минераграфической лаборатории ИГЕМ Г. В. Басовой. В полученной дебаеграмме очень четко выделились две фазы: висмутита (табл. 22) и эмплектита (табл. 27).

Пирит является весьма характерным и широко рас-

Таблица 22

Межплоскостные расстояния висмутита из Дастакертского месторождения

I	$d\alpha/n$	I	$d\alpha/n$
2	5,21	2	1,651
5	4,11	4	1,594
9	3,72	3	1,527
9	3,60	4	1,409
2	3,34	2	1,387
4	3,06	2	1,341
9	2,85	2	1,304
4	2,69	3	1,278
3	2,61	1	1,213
2	2,49	3	1,160
3	2,38	2	1,077
3	2,28	2	1,070
4	2,03	1	1,052
4	1,998	2	0,989
5	1,768		

Условия съемки: Fe—излучение, камера PKD/2R=57,3 мм,  $d=0,3$  мм, экспозиция—5 часов.

Межплоскостные расстояния висмутита из Дастакерта с некоторыми отклонениями совпадают с данными эталона висмутита из месторождения Персберг, Швеция (В. И. Михеев, 1958).

пространственным минералом в рудах. Он встречается во всех рудных стадиях минерализации в различных генерациях и парагенетических ассоциациях минералов, однако скопления образует в кварц-халькопиритовой, кварц-карбонат-сфалерит-галенитовой и, в особенности, кварц-пиритовой стадиях минерализации.

В рудах и гидротермально измененных породах пирит развит повсеместно в виде рассеянной вкрапленности, идиоморфных кристаллов ( в форме кубиков, пентагон-додекаэдров, октаэдров и их комбинациями), кварцево-сульфидных жил, прожилок, мономинеральных прожилок и, реже, в виде цемента обломков пород, сферических тел и шариков.

В *кварц-эпидотовой* стадии минерализации (Айгедзор) пирит является главным минералом, представлен в виде прожилок и тесно ассоциирует с эпидотом.

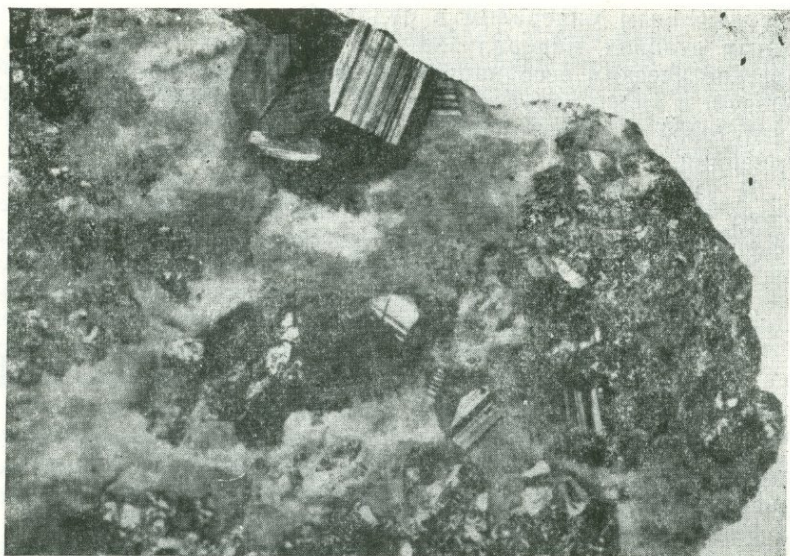
В *ранней кварц-пиритовой* стадии минерализации (Анкаван) пирит представлен жилами, прожилками, крупными кристаллами, мелкой вкрапленностью и тесно ассоциирует с магнетитом, гематитом и халькопиритом.

В *кварц-халькопиритовой, кварц-халькопирит-молибденитовой и кварц-молибденитовой* стадиях минерализации пирит имеет небольшое развитие и представлен идиоморфными кристаллами, реже прожилками, и тесно ассоциирует с халькопиритом, молибденитом, борнитом, иногда с другими сульфидами. По времени выделения пирит является наиболее ранним минералом. В Дастакерте были обнаружены кристаллы пирита, внутри которых значительное место занимал халькопирит.

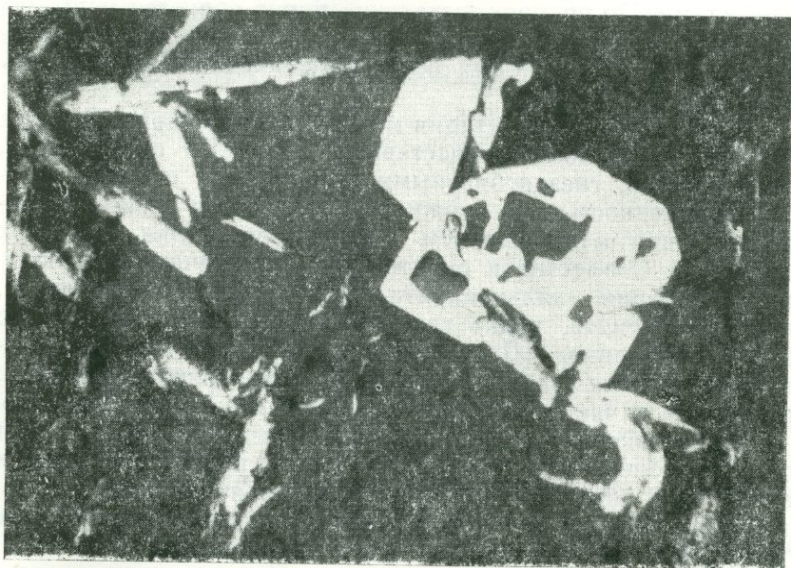
В *кварц-пиритовой* стадии минерализации пирит является главным минералом и представлен жилами, прожилками, линзовидными, гнездообразными скоплениями и, реже, мелкой вкрапленностью. В прожилках отмечается резкое преобладание пирита над кварцем и тесные срастания этих двух минералов. Совместно с пиритом здесь встречаются небольшие выделения халькопирита, молибденита, сфалерита, энаргита, борнита, редко галенита, пирротина, самородного золота, теллуридов (Дастакерт) и висмутина, которые развиваются в полях пирита, иногда по раздробленным зернам, трещинкам и часто окаймляют, разъедают и замещают его.

В Дастакерте на южном участке месторождения пирит местами тесно ассоциирует с борнитом и представлен в двух генерациях: ранний кристаллический пирит окаймлен полоской борнита и все это находится в стяжении колломорфного пирита (фиг. 26).

В *кварц-карбонат-сфалерит-галенитовой* стадии минерализации пирит является одним из главных минералов и пред-



Фиг. 24. Кристаллы пирита в ороговкованном порфирите. Дастакерт. Штуф. Натур. величина.



Фиг. 25. Пирит (белое) разъедается и замещается молибденитом (серовато-белое). В полях пирита выделение касситерита (серое). Анкаван. Полир. шлиф, х80.

ставлен прожилками, гнездообразными скоплениями, крупными, хорошо образованными кристаллами пентагондодекаэдрического габитуса (Дастакерт и др.) и мелкой вкрапленностью в тесной ассоциации с кварцем, сфалеритом, галенитом, халькопиритом и блеклыми рудами. Обычно все сульфиды разъедают и секут зерна пирита.



Фиг. 26. Выделение пирита (белое) двух генераций. Борнит (серое) окаймляет кристаллы пирита (треугольник) и развивается внутри сферического тела колломорфного пирита. Дастакерт. Полир. шлиф,  $\times 400$ .

В *кварц-халцедон-теннантит-энаргитовой* стадии минерализации пирит имеет небольшое развитие и представлен мелкими изолированными вкрапленниками, иногда тонкими прожилками в ассоциации с халькопиритом, борнитом, энаргитом и теннантитом.

В *карбонат-алабандиновой* стадии минерализации кристаллический пирит имеет весьма ограниченное развитие в виде отдельных вкрапленников. Здесь дисульфид железа представлен главным образом, мельниковит-пиритом и мельниковитом.

В *кварц-карбонатных и карбонат-халцедоновых* прожилках редко встречаются мелкие вкрапленники пирита.

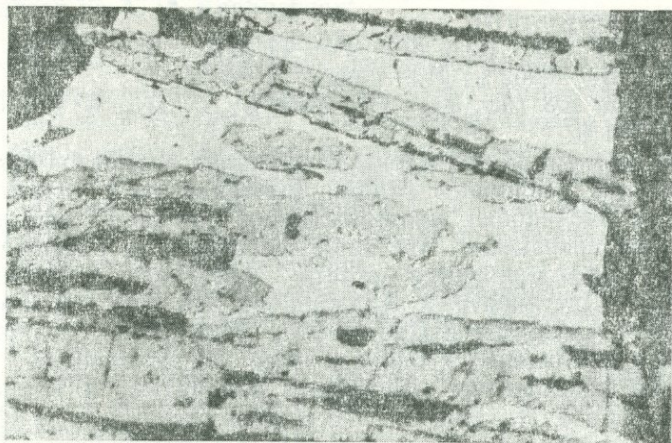
Горными работами отмечается увеличение количества пирита с глубиной (Каджаран, Агарак), что сопровождается также некоторым увеличением молибденита и уменьшением количества халькопирита.

Таблица 23

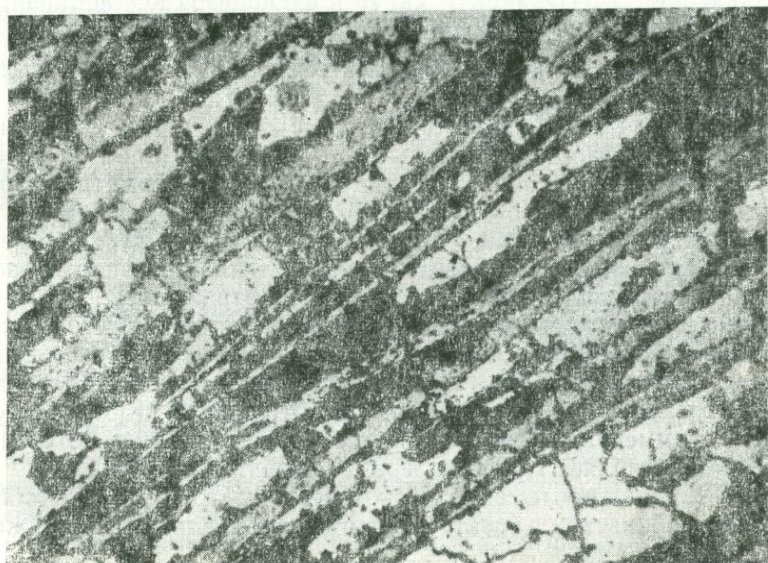
Содержание элементов-примесей в пиритах главнейших медно-молибденовых месторождений (данные химических анализов)

№№ п/п	Месторождения	Среднее содержание элементов в %											
		Кол- во анал.	Se	Кол- во анал.	Te	Кол- во анал.	Bi	Кол- во анал.	Ag	Кол- во анал.	Ge	Кол- ло анал.	Re
1	Каджаран	45	0,0071	45	0,0053	7	0,0036	7	0,0035	2	0,0001	7	0,00014
2	Агарак	3	0,0056	3	0,0016	3	0,0016	2	0,0006	3	0,00018	3	0,00008
3	Дастакерт	7	0,0083	6	0,0194	6	0,0311	7	0,0057	6	не обн.	6	0,0001
4	Анкаван	6	0,0096	6	0,0045	8	0,001— 0,003*	3	0,0001— 0,0003*	7	0,0001	3	0,00007
5	Джиндара	3	0,0119	3	0,0015	3	0,0004	3	0,001— 0,003*	—	—	3	0,0003
6	Айгедзор	2	0,0250	2	0,0010	2	0,0035	2	0,0137	—	—	2	0,00004

\* Результаты спектральных анализов. По Каджарану использованы также анализы А. С. Фарамазяна (Se, Te—17) и Р. Н. Зарьяна (Se, Te—16 анализов).



Фиг. 27. Замещение гематита (серое) халькопиритом (белое). В полях халькопирита и между пластинками гематита развиты кристаллы пирита (белое). Қаджаран. Полир. шлиф,  $\times 200$ .



Фиг. 28. Пирит (белое) пересекается и замещается пластинчатыми кристаллами гематита (серое). Анкаван. Полир. шлиф,  $\times 70$ .

Химические анализы пиритов Каджарана показали следующие результаты.

*Проба 108* (шт. 36)—Fe—44,75%; S—53,05%; Cu—0,047%; Bi—0,002%; Mo—следы; Ni—следы.

*Проба 208* (шт. 36)—Fe—44,56%; S—53,45%; Bi—0,02%; Mo—0,001%.

В таблице 23 приведены содержания элементов-примесей в пиритах различных стадий минерализации главнейших медно-молибденовых месторождений. Сравнение результатов анализов показывает, что наиболее высокими содержаниями селена характеризуются пириты Айгедзора и Джиндары; теллура—Дастакерта и Каджарана; висмута—Дастакерта; серебра—Айгедзора и Дастакерта. Небольшие содержания рения установлены в пиритах всех месторождений, среди которых повышенные содержания отмечаются в Каджаране и Дастакерте. Незначительные содержания германия обнаружены в пиритах Агарака, Анкавана и Каджарана.

Мельниковит-гель и образующийся из него мельниковит-пирит являются редкими разновидностями пирита в среднетемпературных медно-молибденовых месторождениях. Они установлены только в Дастакерте в кварц-алабандиновых прожилках в полях алабандина и родохрозита, с которыми образуют зонально-колломорфные структуры (фиг. 26). Центральные части прожилков сложены мельниковит-пиритом, а в периферических участках развит мельниковит.

Кобальтин относится к числу очень редко встречающихся минералов. Он впервые установлен автором в рудах Дастакерта и Анкавана в виде небольших изометрических отдельных кристаллов (кубиков) в полях халькопирита и теннантита. Кобальтин проявляется в кварц-халькопирит-молибденитовой (Дастакерт) и кварц-теннантит-энаргитовой стадиях минерализации (Анкаван). В отраженном свете—белый с характерным отчетливо розовым оттенком. Отражательная способность выше халькопирита и в оранжевом свете составляет 52%. При скрещенных николях эффекты анизотропии в воздухе заметны. Двуотражение не отмечается даже в иммерсии. Структурное травление реактивом  $KMnO_4 + H_2SO_4$  выявляет границы зерен в двойниковое строение.

В халькопирите, в полях которого были встречены выделения кобальтина, спектральными анализами обнаружен Co—0,03—0,1%.

Герсдорфит встречен только в кварц-халцедон-теннантит-энаргитовых прожилках Анкавана (А. И. Карапетян) в полях халькопирита в виде идиоморфных кристаллов (треугольники, кубики) с срезанными углами. Размеры отдельных

выделений не превышают 0,1 мм. Краткое описание минерала приводится по А. И. Карапетяну.

В отраженном свете минерал белый, со слабым желтоватым оттенком. Отражательная способность выше халькопирита, но ниже пирита (порядка 50—52%). Минерал изотропный и высокой твердости. Микроспектральным анализом обнаружены никель, кобальт, железо и мышьяк.

Марказит установлен только в медно-мышьяковых рудах Анкавана (А. И. Карапетян) в виде неправильных форм и таблитчатых выделений, иногда в ассоциации с пиритом, в полях теннантита и кварца.

В отраженном свете марказит характеризуется светло-желтым цветом со слабым коричневатым оттенком. Отражательная способность высокая, но заметно ниже, чем у пирита. Эффекты анизотропии очень сильные в желтых, сине-фиолетово-серых и зеленых тонах, что является наиболее характерной чертой марказита. Двуотражение в воздухе отчетливо заметно. В кварц-халцедон-теннантит-энаргитовой стадии минерализации марказит является одним из ранних минералов. Он образовался раньше халькопирита, теннантита и энаргита, но несколько позднее пирита.

Арсенопирит относится к числу редко встречающихся минералов. Он установлен в рудах Агарака (И. Г. Магакьян), Дастакерта и Анкавана (Г. О. Пиджян) в виде мельчайших идиоморфных кристаллов (часто ромбиков) в полях халькопирита, молибденита, борнита и энаргита.

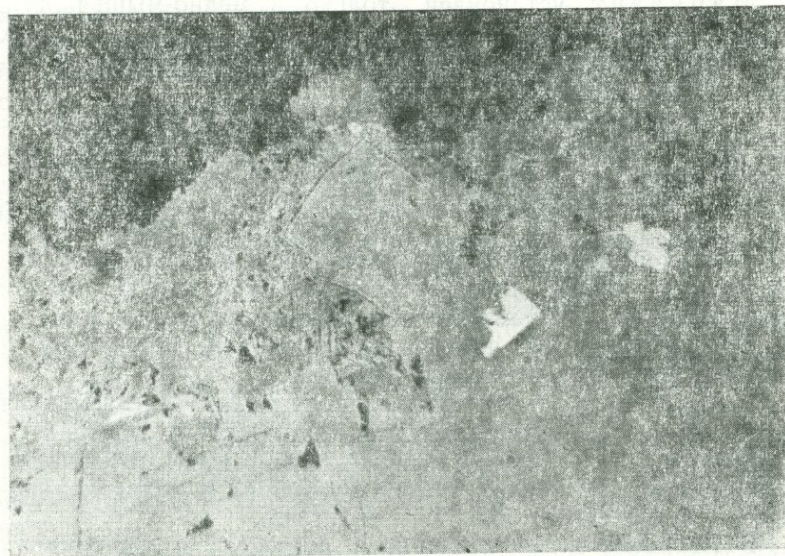
В Агаракском месторождении встречен в прожилках кварц-халькопирит-молибденитовой и кварц-халькопиритовой стадии минерализации, большей частью в полированных шлифах, изготовленных из руд штолен 57, 31, 5, в виде отдельных эвгедральных зерен, часто ромбиками, размерами от 0,001 до 0,01—0,05 мм.

В Дастакерте обнаружен в рудах кварц-халькопирит-молибденитовой стадии минерализации в виде мелких ромбических кристаллов в тесной ассоциации с халькопиритом и борнитом.

В Анкаванском месторождении установлен в кварц-молибденитовых и кварц-теннантит-энаргитовых прожилках в виде идиоморфных кристаллов в полях молибденита, халькопирита и энаргита в ассоциации с пиритом, теннантитом и борнитом (фиг. 29).

Арсенопирит в отраженном свете характеризуется белым цветом, высокой отражательной способностью, отчетливой анизотропностью и высокой твердостью. Под воздействием  $\text{HNO}_3$  медленно вскипает и неоднородно окрашивается в радужный цвет.

Молибденит является широко распространенным, весьма характерным минералом и представляет наиболее ценный компонент руды. Он встречается в различных парагенетических ассоциациях минералов и проявляется почти во всех стадиях минерализации. Крупные скопления молибденит образует в рудах кварц-молибденитовой (Каджаран, Агарак,



Фиг. 29. Тесные взаимоотношения теннантита (серое) с энаргитом (темно-серое). В теннантите выделения арсениспирита (белое). Полир. шлиф, Анкаван, х360.

Анкаван, Айгедзор) и кварц-халькопирит-молибденитовой (Дастакерт, Каджаран, Агарак) стадий минерализации.

В полевой шпат-кварц-магнетитовой и кварц-магнетитовой стадиях минерализации (Каджаран, Агарак) молибденит имеет небольшое развитие и представлен в виде крупных чешуек, кристаллов (розетки) размерами до 2—3 см и неравномерно рассеянных мелкочешуйчатых выделений в полевошпатовой и кварцевой массе породы. Особенно тесно ассоциирует с сульфидами, реже с окислами и местами прожилками пересекает сплошные поля магнетита и гематита.

В ранней кварц-пиритовой стадии минерализации (Анкаван) молибденит имеет весьма ограниченное распространение в виде мелких чешуек в полях пирита в ассоциации с халькопиритом.

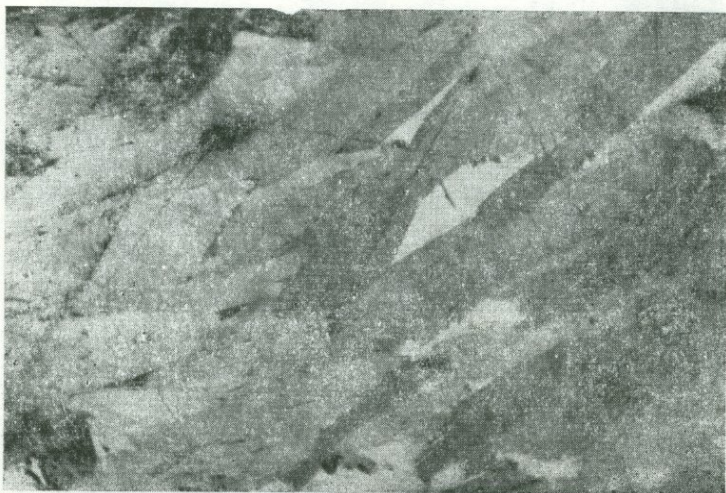


Фиг. 30. Розетка молибденита в кварце. В ассоциации с молибденитом пирит (белое) и халькопирит (серовато-белое). Айгездор. Полир. шлиф. x440.



Фиг. 31. Чешуйки молибденита (серовато-белое) в кварце (темно-серое). Агарак. Полир. шлиф, x200.

В ранней кварц-халькопиритовой стадии минерализации молибденит представлен как крупными блестящими кристаллами (розетки) и вкрапленниками от нескольких мм до 1 см и более (Дастакерт), так и в виде мельчайших чешуек, тонких прожилок в полях халькопирита (Джиндара). В первом



Фиг. 32. Халькопирит (белое) развивается по спайности молибденита (серовато-белое, серое) и замещает его. Агарак. Полир. шлиф,  $\times 200$ .

случае молибденит тесно ассоциирует с кристаллами кварца, халькопиритом и пиритом.

В ранней кварц-халькопирит-молибденитовой стадии минерализации (Дастакерт, Айгедзор) молибденит является главным минералом. Он встречается в виде прожилок, вкрапленников, примазок, а в Дастакерте, главным образом, в виде цемента обломков ороговикованных порфириров. Очень характерна ассоциация молибденита с кварцем, халькопиритом, пиритом и борнитом, с которыми образует зернистые сростания. Весьма типичным является образование оторочки молибденита по границе халькопирита с вмещающей породой (Дастакерт). Обычно чешуйки молибденита разъедены халькопиритом, борнитом и другими сульфидами, кроме пирита.

В кварц-молибденитовой стадии минерализации (Каджаран, Агарак, Анкаван и др.) молибденит имеет наиболее широкое распространение, представлен жилами, прожилками и, реже, вкрапленниками. Обычно скопления молибденита

приурочены к зальбандам кварцевых жил и прожилков, а иногда в центральной части прожилка образуют крупные кристаллы и гнездообразные выделения. Местами прожилки молибденита расположены параллельно друг другу и образуют полосчатые текстуры руд, представляя результат выполнения серий параллельных трещин (Каджаран, Айгедзор). Молибденит, как правило, образует прожилки и секущие зерна в кварце или проникает по зальбандам между кварцем и боковой породой. Нередко он выделяется также в виде мельчайших зерен изометрической и пластинчатой формы, образующих вкрапленность и скопления в кварце.

В некоторых месторождениях (Каджаран, Айгедзор и др.) встречается скрытокристаллическая форма проявления молибденита. Мельчайшие чешуйки молибденита неравномерно рассеяны в кварце, который из-за распыленности молибденита приобретает темно-серый, иногда черный цвет. Химические анализы таких образцов показывают высокие содержания молибдена (1—3%). Нередко зерна молибденита сильно смяты, раздавлены до состояния молибденитовой глины трения, образующей примазки на трещинах скольжения.

Под микроскопом молибденит представлен в виде мелкой вкрапленности, сплошных выделений, состоящих из чешуйчатых или удлиненных листоватых агрегатов размерами от тысячных долей мм до несколько мм (редко более крупных пластинок). Края зерен и кристаллов молибденита ровные, чистые, без признаков окисления. Внутренняя структура зернистая; редко зернистый агрегат представлен шестиугольными кристаллами. Местами встречаются пластинки молибденита с полисинтетическим двойниковым строением, которые иногда обнаруживают изогнутость и волнистое угасание, являющиеся следствием позднейших деформаций.

В *кварц-халькопирит-молибденитовой* стадии минерализации (Каджаран, Агарак, Анкаван) молибденит развит в виде прожилков и, реже, вкрапленности. Он обычно занимает призальбандовые участки прожилков, а халькопирит занимает центральные части его.

В остальных стадиях минерализации (кварц-пиритовой, кварц-халькопиритовой, кварц-карбонат-сфалерит-галенитовой, кварц-халцедон-теннантит-энаргитовой) молибденит встречается редко в виде мелкочешуйчатых выделений в полях пирита, халькопирита, борнита, сфалерита, теннантита и энаргита.

В Калерском месторождении в жилах гегматита и аплита, наряду с мелкими кристаллами молибденита гексагонального облика, С. С. Мкртчяном (1958) встречены крупные кристаллы молибденита в виде коротких и боченкообразных призм с размерами до 5—6 см в поперечнике.

Содержание элементов-примесей в молибденитах медно-молибденовых месторождений и проявлений (данные химических анализов)

№№ п/п	Месторождения и рудопроявления	Среднее содержание элементов в %											
		Кол-во анал.	Re	Кол-во анал.	Se	Кол-во анал.	Te	Кол-во анал.	Bi	Кол-во анал.	Ge	Кол-во анал.	Ag
1	Каджаран	96	0,0400	104	0,0323	104	0,0046	11	0,0031	10	0,00018	13	не обн. 0,003*
2	Агарак	7	0,0172	7	0,0313	7	0,0037	10	не обн. 0,001*	2	0,00015	6	не обн. 0,001*
3	Дастакерт	7	0,0212	7	0,0056	7	0,0035	7	0,0164	7	0,00007	7	0,0023
4	Анкаван	13	0,0244	10	0,0237	10	0,0081	11	не обн. 0,0030*	6	0,00012	5	не обн. 0,0003*
5	Джиндара	4	0,0971	4	0,0328	4	0,0076	—	—	2	0,0002	4	0,0001— 0,001*
6	Айгедзор	8	0,1075	8	0,0408	8	0,0044	7	0,001— 0,003*	—	—	8	0,0003— 0,003*
7	Капутдих	3	0,0450	3	0,0350	3	0,0030	—	—	—	—	—	—
8	Кефашен	3	0,0095	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
9	Варденис	3	1,66	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
10	Проши-берд	2	0,43	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

\* Данные спектральных анализов. По Каджарану использованы также анализы, имеющиеся в работах А. С. Фарамазяна (65 проб на Re, Se, Te) и Р. Н. Зарьяна (14 проб на Re и 23 на Se и Te).

В зоне окисления молибденит разлагается, а молибден окисляется до шестивалентного состояния  $(\text{MoO}_4)^{2-}$  и, главным образом, выносится грунтовыми водами. При благоприятных условиях молибденит метасоматически замещается повеллитом или ферримолибдитом, псевдоморфозы которых отмечаются в кварцевых жилах Каджарана и Айгедзора. Обычно супергенные минералы развиваются по периферии участков и прожилок. Иногда молибденит нацело выщелачивается и в породе образуются пустоты, поры.

В таблице 24 приведены содержания элементов-примесей в молибденитах различных стадий минерализации медно-молибденовых месторождений и проявлений. Сравнение результатов анализов показывает, что самыми высокими содержаниями рения характеризуются молибдениты Варденисского месторождения и рудопроявления Проши-берда, а низкими содержаниями—молибдениты Кефашенского месторождения. Высокие содержания рения и селена отмечаются также в молибденитах Айгедзора и Джидары. Сравнительно повышенные содержания теллура установлены в молибденитах Анкавана, Джиндары, а высокое содержание висмута— в молибденитах Дастакерта. Германий является нехарактерным элементом для молибденитов и обнаружен только в отдельных пробах. Повышенными содержаниями серебра характеризуются молибдениты Дастакерта.

Многочисленными спектральными анализами (десятки анализов) в молибденитах медно-молибденовых месторождений обнаружены: в большинстве проб—Fe—0,03—1,0%, Cu—0,003—0,01%, редко 0,03—0,5%; Pb—0,001—0,01; Mn—0,001—0,03% (Агарак, Анкаван); во многих пробах Ag—0,0001—0,001%, редко 0,003% (Дастакерт, Айгедзор); Bi—0,001—0,003% и только в Дастакерте 0,01—0,03%.

Креннерит (?) обнаружен А. С. Фарамазяном в прожилках кварц-карбонат-сфалерит-галенитовой стадии минерализации Каджарана в виде круглых и оваловидных выделений в полях галенита и блеклой руды, в тесной ассоциации с другими теллуридами.

В отраженном свете характеризуется кремово-белым цветом, высокой отражательной способностью и анизотропностью без цветного эффекта. Двуотражение почти незаметно. Твердость низкая.

Минерал предположительно отнесен к креннериту (?) на основании, главным образом, оптических свойств и ассоциаций теллуридов.

Минерал группы креннерит-калаверита отмечен также в рудах Калерского месторождения (Б. М. Меликсетян и др., 1960) в ассоциации с теллуровисмутитом, гесситом и другими теллуридами.

Калаверит (?) обнаружен А. И. Карапетяном (1961) в полиметаллических и медно-мышьяковых прожилках Анкавана в виде отдельных удлиненных выделений размерами в сотые и тысячные доли мм в полях галенита, пирита, блеклых руд, энаргита и халькопирита в тесной ассоциации с гесситом, петцитом и другими теллуридами.

Минерал отнесен предположительно к калавериту (?) на основании оптических свойств, характерной ассоциации теллуридов и повышенного содержания золота в минералах (халькопирит, галенит и др.), в полях которых встречается описанный минерал.

Сильванит установлен А. И. Карапетяном (1961) в прожилках кварц-халцедон-теннантит-энаргитовой стадии минерализации Анкавана в виде неправильных выделений размерами 0,05—0,2 мм в поперечнике, в полях халькопирита, энаргита и теннантита. Он тесно ассоциирует с теллуровисмутитом, гесситом, петцитом, самородным золотом, образуя с ними различные структуры замещения.

Сильванит отмечен также в рудах Калерского месторождения (Б. М. Меликсетян и др., 1960) в ассоциации с теллуровисмутитом, гесситом и креннеритом.

### 3. СУЛЬФОСОЛИ

Полибазит-пирсеит (?) относится к числу весьма редко встречающихся минералов. Он обнаружен только в полиметаллических прожилках Каджарана и Аткиза (Г. О. Пиджян, А. И. Карапетян) в виде неправильных выделений размерами тысячные и сотые доли мм в поперечнике, в полях галенита в тесной ассоциации с тетраэдритом, самородным серебром и халькопиритом.

В отраженном свете характеризуется бледно-серо-белым, нежно-зеленым цветом, обладает низкой отражательной способностью, ниже тетраэдрита, в оранжевом свете порядка 26—27%. Значительно темнее галенита, бледный, серовато-зеленый, а с тетраэдритом—несколько темнее и всегда без коричневатого оттенка. Эффекты анизотропии отчетливо заметны в воздухе, в иммерсии усиливаются в серо-зеленых и фиолетово-серых, реже сиреневых тонах. Двуотражение в воздухе едва заметно и лишь по границам зерен наблюдается хорошо. В мономинеральной пробе галенита, в полях которых были встречены выделения полибазит-пирсеита, установлены высокие содержания сурьмы (0,3—1,0%) и не обнаружен мышьяк, поэтому можно считать, что описанный минерал относится к полибазиту ( $\text{Ag}_{16}\text{Sb}_2\text{S}_{11}$ ), а не к пирсеиту ( $\text{Ag}_{16}\text{As}_2\text{S}_{11}$ ). По оптическим свойствам эти два минерала почти не отличаются.

Виттихенит является довольно часто встречающимся минералом в медно-молибденовых рудах. Он установлен в Каджаране (З. В. Рупасова), Дастакерте (И. Г. Магакьян), Джиндаре (К. А. Карамян), Агараке и Айгедзоре (Г. О. Пиджян) и Анкаване (А. И. Карапетян, 1961).

В медно-молибденовых месторождениях виттихенит встречается в рудах кварц-молибденитовой, кварц-халькопирит-молибденитовой, кварц-халькопиритовой, кварц-карбонат-сфалерит-галенитовой и кварц-теннантит-энаргитовой стадий минерализации. Он представлен большей частью в виде мельчайших неправильных, удлинённых выделений в полях халькопирита, теннантита, энаргита, борнита, реже пирита, сфалерита, галенита и молибденита. Наиболее тесно виттихенит ассоциирует с висмутином, эмплектитом, халькопиритом, борнитом, теннантитом и обычно окаймляет, замещает эти минералы. (Фиг. 22).

На Анкаванском месторождении нередко выделяется в полях борнита, халькозина, халькопирита, энаргита, теннантита, а иногда находится в тесной ассоциации с теллуридами и золотом. В отраженном свете серовато-белый с отчетливым коричневатым оттенком. Отражательная способность по сравнению с теннантитом несколько выше. Измерение отражательной способности виттихенита из Дастакертского месторождения на установке с фотоумножителем показало следующие значения в процентах: для зеленых лучей—33, оранжевых—29, красных—27. Эффекты анизотропии при скрещенных николях в воздухе и в иммерсии явно заметны. Для виттихенита из Анкавана отмечается слабый цветной эффект в фиолетово-серых и серовато-коричневатых тонах. Двухотражение слабое и заметно лишь в иммерсии. Рельеф ниже халькопирита. Полируется хорошо. Внутренние рефлексы отсутствуют. При действии концентрированной  $\text{HNO}_3$  буреет, другие стандартные реактивы не действуют. Микрoхимической реакцией в минерале установлен висмут, а микроспектральным анализом получены сильные линии висмута.

Виттихенит из Дастакертского (Г. О. Пиджян) и Анкаванского (А. И. Карапетян) месторождений подтвержден рентгенометрическим анализом. Ниже, в таблице 25, приводятся межплоскостные расстояния виттихенита из Дастакерта. Рентгенометрический анализ произведен в лаборатории минераграфии ИГЕМ Г. В. Басовой. Минерал отобран под микроскопом.

В связи с тем, что виттихенит тесно ассоциирует с халькопиритом и развивается в его полях, в дебаеграмме виттихенита отмечается фаза халькопирита слабой интенсивности.

Межплоскостные расстояния виттихенита из Дастакертского месторождения

I	d <sub>a</sub> /n	I	d <sub>a</sub> /n
1	3,90	7	1,778
4	3,37	2	1,692
1	3,20	5	1,599
10	3,05	2	1,585*
4	2,87	1	1,325*
3	2,66	3	1,205*
1	2,40	3	1,077*
2	2,06	2	1,069
2	2,01	1	1,012*
8	1,859		

Условия съемки: Fe—излучение, камера PKD (2R=57,3 мм),  
d—0,3 мм, экспозиция—5 часов

\* Межплоскостные расстояния халькопирита.

Сопоставление межплоскостных расстояний виттихенита из Дастакерта с эталоном виттихенита из месторождения Виттихен под Баденом (В. И. Михеев, 1952) показало только частичное совпадение. Рентгенометрические данные исследуемой пробы близки к дебаеграмме виттихенита по Нуффилду: (4)4,54; (8)3,07; (10)2,84; (4)2,65; (Пауль Рамдор, 1962).

Тетраэдрит является часто встречающимся минералом в рудах кварц-карбонат-сфалерит-галенитовой стадии минерализации. Он установлен в Каджаране, Дастакерте, Агараке, Джиндаре, Анкаване (Г. О. Пиджян) в виде мельчайших выделений неправильной формы и тонких прожилок в полях галенита, реже халькопирита, сфалерита, пирита. Тетраэдрит часто находится в ассоциации с теннантитом и реже с аргентитом, бурнонитом, самородным серебром, полибазит-пирсеитом (?) и теллуридами. А. С. Фарамазян в Каджаране описывает кристаллы тетраэдрита в друзовых пустотах с хорошо ограненными формами тетрагонритетраэдрического облика. В Анкаване в шт. 13 нами был обнаружен тетраэдрит, видимый невооруженным глазом в ассоциации с кварцем, галенитом, пиритом и молибденитом.

В совместных сростаниях с галенитом часто наблюдается выделение бурнонита в полях галенита и тетраэдрита, образование которого обусловлено взаимодействием этих минералов. В Каджаране и Анкаване тетраэдрит ассоциирует также с теллуридами золота и серебра, самородным серебром, аргентитом и полибазит-пирсеитом. Изучение показывает, что тетраэдрит образовался из самых поздних порций гидротер-

мальных растворов совместно с теллуридами и минералами серебра.

Исследования блеклых руд Агарака показали, что они главным образом относятся к тетраэдриту и в отраженном свете характеризуются серовато-белым цветом с буроватым, слегка коричневатым оттенком и сравнительно с теннантитом более высокой отражательной способностью. Структурное травление реактивом равных частей конц.  $KMnO_4$ , конц.  $KOH$  и  $H_2O_2$  (6%) дает положительные результаты—минерал мутнеет и слегка буреет (этот реактив действует только на тетраэдрит). Химическими и спектральными анализами в минералах, в полях которых развиты выделения тетраэдрита, обнаруживается сурьма в количестве 0,003—0,01%.

Спектральным анализом в тетраэдрите из Анкавана обнаружены следующие элементы примеси:  $Cu$ ,  $Sb$ —основа,  $Zn$ ,  $As$ — 3,0%;  $Pb$ —1,0%;  $Ag$ —0,3—1,0;  $Bi$ —0,1%;  $Mo$ —0,03;  $Te$ —0,01%;  $Cd$ —0,003%;  $Ni$ —0,001%. Химическим анализом в тетраэдрите германий не обнаружен.

Тетраэдрит из Каджаранского (А. С. Фарамазян) и Анкаванского (Г. О. Пиджян) месторождений подтвержден рентгенометрическим анализом. Ниже в таблице 26 приводятся межплоскостные расстояния тетраэдрита из Анкавана. Рентгенометрический анализ произведен в Институте геологических наук АН Арм. ССР Э. Х. Хуршудян.

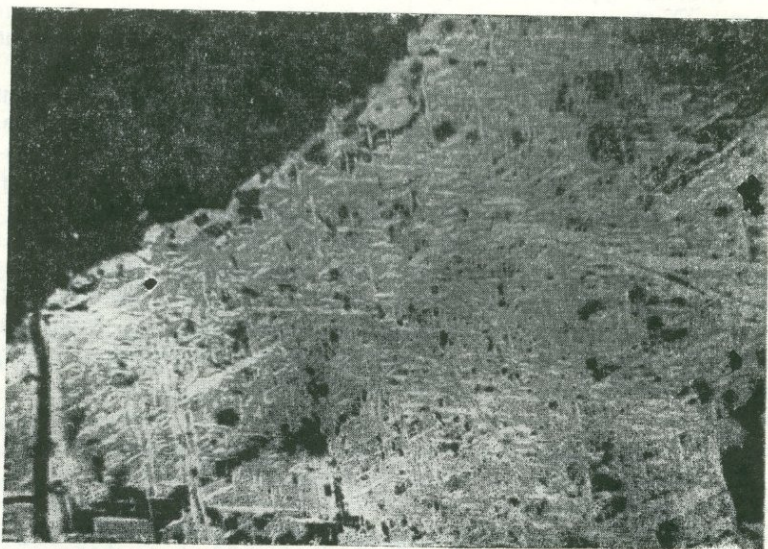
Таблица 26  
Межплоскостные расстояния тетраэдрита из Анкаванского месторождения

l	da/n	l	dz/n	l	dz/n	l	dz/n
4	3,66	10	1,835	4	1,245	3	0,973
4	3,22	3	1,784	4	1,210	2	0,957
10	2,98	4	1,686	5	1,194	3	0,942
3	2,77	8	1,568	2	1,137	3	0,927
5	2,58	2	1,539	3	1,109	3	0,899
4	2,44	1	1,499	3	1,098	2	0,879
2	2,21	2	1,470	2	1,075	3	0,861
4	2,041	3	1,303	2	1,001	2	0,820
4	1,899	3	1,280	2	0,991		

Условия съемки:  $Cu$ —излучение,  $Ni$ —фильтр, камера PKD  
( $2R=57,3$  мм),  $d=0,4$  мм, экспозиция—2,5 часа.

Сопоставление межплоскостных расстояний тетраэдрита из Анкавана с эталоном (тетраэдрит, богатый серебром) показало полную идентичность (В. И. Михеев, 1952). Следует здесь отметить, что в тетраэдрите из Анкавана также установлены высокие содержания серебра—до 1%.

Теннантит—относится к числу распространенных минералов медно-молибденовых руд. Он установлен во всех главных месторождениях, в прожилках почти всех рудных стадий минерализации в различных парагенетических ассоциациях минералов. Наиболее широко развит теннантит в кварц-карбонат-сфалерит-галенитовой и, в особенности, в кварц-халцедон-теннантит-энаргитовой стадиях минерализации, где является одним из главных минералов прожилок.



Фиг. 33. Структура распада твердого раствора теннантит (серое)—халькопирит (белое). Анкаван. Полир. шлиф. x440.

На Анкаванском месторождении впервые нами были выявлены макроскопически видимые скопления теннантита в кварц-халцедоновой массе в виде прожилок и гнездообразных выделений.

Теннантит, главным образом, представлен мелкими выделениями неправильной формы и прожилками в полях халькопирита, борнита, пирита, сфалерита, энаргита, галенита в тесной ассоциации с тетраэдритом, самородным золотом, висмутином, виттихенитом и теллуридами. В полях теннантита часто развиты мельчайшие выделения самородного золота, висмутина, медно-висмутовых минералов, теллуридов (Каджаран, Даstackерт, Анкаван и др.), а также минералов германия (Анкаван). В отдельных случаях в нерудной массе теннантит образует хорошо образованные кристаллы (Ан-

каван), которые окружаются колломорфным халькопиритом (А. И. Карапетян, 1960). В медно-мышьяковых рудах Анкавана (шт. 32 и др.) халькопирит образует решетчатые структуры распада с борнитом и теннантитом (Г. О. Пиджян, А. И. Карапетян).

В полиметаллической стадии минерализации выделения теннантита часто пересекаются и разъедаются прожилками тетраэдрита.

В медно-молибденовых рудах Дастакерта блеклая руда встречается в ассоциации с халькопиритом и борнитом и отличается от теннантита полиметаллической стадии минерализации более повышенной отражательной способностью и присутствием желтовато-коричневатого оттенка. Спектральные анализы халькопиритов, в полях которых были встречены выделения блеклой руды, показали: As—0,1—0,3% и Bi—0,013—0,1%. На основании приведенных данных можно предположить, что блеклые руды кварц-халькопирит-молибденитовой стадии минерализации Дастакерта относятся к висмутистой разновидности теннантита—аннивиту.

В отраженном свете теннантит имеет серовато-белый цвет с отчетливо выраженным зеленоватым оттенком. Отражательная способность колеблется в пределах 27—29% (Анкаван, Каджаран). В скрещенных николях минерал изотропный и характеризуется очень типичными рубиново-красными внутренними рефлексами.

Химический анализ минералов (халькопирит, сфалерит), в полях которых развиты выделения теннантита, показал мышьяк в количестве от 0,082—0,3% (Каджаран, Дастакерт). В полиметаллических прожилках Джиндары спектральным анализом обнаружено As—0,03—0,1%. Здесь блеклая руда в основном представлена теннантитом.

В теннантитах из Анкаванского месторождения химическим анализом установлено: Se—0,0264, Te—0,0260%. Высокие содержания теллура обусловлены наличием в полях теннантита мельчайших выделений различных теллуридов. Спектральными анализами обнаружены: Cu, As—основа, Bi—0,1—0,5%; Zn—1—3%, Pb—0,01—0,3%; Ag—0,01—0,05%; Sb—0,01—0,3%.

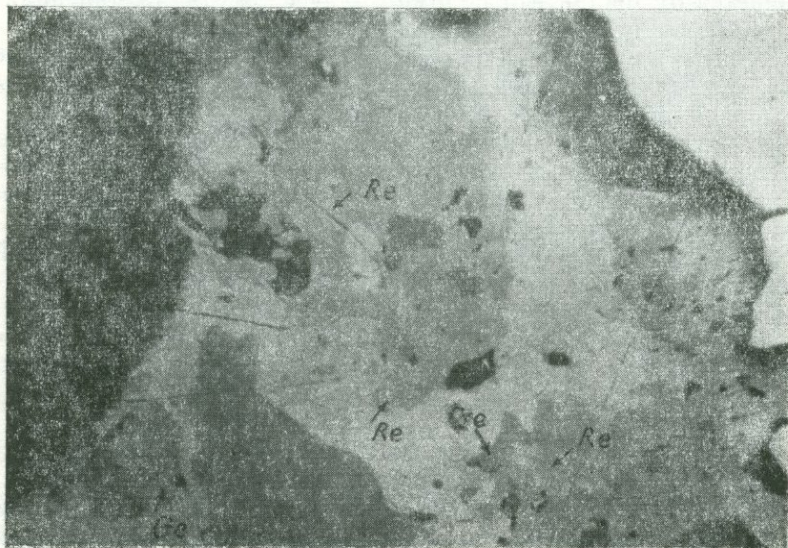
В отдельных пробах Te—0,01—0,03%; Tl—0,003—0,01%; Sn—0,001—0,03%; Ga—0,003%; In—0,001%.

Теннантит из Анкаванского месторождения подтвержден рентгенометрическим анализом, произведенным в Институте геологических наук АН Э. Х. Хуршудян на материале автора.

Германит является очень редким минералом в рудах. Он установлен в энаргитовых прожилках Дастакерта (К. А. Карамян, 1958) и в кварц-халцедон-теннантит-энаргитовых рудах Анкавана (Г. О. Пиджян) в виде мельчайших выделе-

ний в полях энаргита, теннантита, борнита, халькопирита, халькозина в ассоциации с реньеритом.

По данным К. А. Карамяна, в энаргитовых прожилках Дастакерта германит образует небольшие выделения неправильной формы (редко овальные) с размерами от 0,02 до 0,04 мм, редко до 0,5 мм в полях энаргита. Он интенсивно замещает халькопирит, борнит, а с энаргитом образует границы без признаков замещения и, редко, структуры распада твердых растворов.



Фиг. 34. Реньерит (светло-серое) и германит (темно-серое) в ассоциации с энаргитом (серое), халькопиритом (серовато-белое), борнитом (темно-серое) и кварцем (черное). Анкаван. Полнр. шлиф. x440.

В медно-мышьяковых рудах Анкавана германит представлен мельчайшими, неправильной формы, реже изометрическими, выделениями с размерами в тысячные, иногда в сотые доли мм в полях теннантита, халькопирита, борнита, энаргита, образуя с ними различные структуры замещения (фиг. 34). Иногда германит тесно сростается с реньеритом и замещается им. Местами реликты германита сохраняются в реньерите.

В отраженном свете германит характеризуется оранжево-розовым, розовато-серым цветом с фиолетовым оттенком. По цвету очень похож на борнит, но лишен характерного

коричневатого оттенка. Германит не окисляется, что дает возможность в окисленных полированных шлифах легко отличить его от борнита по своей свежести. Отражательная способность германита равна или несколько больше борнита и, по ряду измерений в оранжевом свете, колеблется в пределах 21—24%. По данным А. И. Карапетьяна, согласно измерениям на микрофотометре ПМТКО-1 отражательная способность в желтом свете составляет от 24 до 27,5%, а микротвердость по двум измерениям в пределах от 232 до 386 кг/мм<sup>2</sup>, что значительно больше микротвердости борнита. В скрещенных николях изотропен, внутренних рефлексов не имеет. Полируется хорошо, лучше, чем борнит; твердость средняя, рельеф немного выше борнита, но ниже рельефа теннантита.

И. С. Вольнский и Л. А. Логинова (1961), проводившие детальные микроскопические исследования розовых минералов на основании количественной характеристики оптических постоянных, выделяют три разновидности Тсумебского германита, отличающиеся друг от друга по цвету и отражательной способности. Наши исследования показали, что германит в отраженном свете не обладает постоянным цветом и определенной отражательной способностью; иногда даже рядом расположенные зерна резко отличаются по окраске цвета и отражательной способности. Химический состав германита из Тсумебского месторождения (Юго-Западная Африка) весьма непостоянен; содержание основных компонентов колеблется в следующих пределах в анализах четырех германитов (Геология месторождений редких элементов, выпуск 5, 1959): Си—39,44—45,40%; Fe—4,56—10,70%; Ge—6,20—10,19%; Ga—не обн.—1,85%; As—1,37—5,03%. Приведенные данные показывают, что содержания главных компонентов в различных пробах германитов изменяются на 2—6%. Такие резкие колебания химического состава, безусловно, влияют на характер оптических свойств минерала, что и обуславливает выделение по оптическим данным трех разновидностей германита.

Реньерит относится к числу очень редко встречающихся минералов. Он установлен в энаргитовых прожилках Дастакерта (К. А. Карамян, 1958) и в кварц-теннантит-энаргитовых рудах Анкавана (Г. О. Пиджан) в виде мельчайших выделений в полях борнита, халькозина, теннантита, халькопирита и энаргита, иногда в ассоциации с германитом.

По данным К. А. Карамяна, реньерит имеет весьма небольшое распространение в энаргитовых прожилках Дастакерта и образует неправильные выделения, чаще приуроченные к полям борнита, с которым имеет четкие и плавные границы. В отраженном свете характеризуется желтовато-

коричневатым цветом. Отличается от халькопирита меньшей отражательной способностью. В скрещенных николях сильно анизотропен, двуотражение отчетливое в желтовато-коричневых тонах.

Детальными исследованиями А. И. Карапетяна в энаргитовых прожилках Дастакерта были встречены два минерала, довольно четко отличающиеся друг от друга, но в целом очень похожие на реньерит.

В Анкаванском месторождении реньерит тесно ассоциирует с теннантитом, борнитом, халькозином и энаргитом, развиваясь в их полях, нередко образуя с ними зернистые сростания (фиг. 24). Реньерит, большей частью, представлен в виде мельчайших бесформенных выделений, размеры которых колеблются от 0,01—0,02 до 0,05—0,08 мм. В отраженном свете характеризуется светло-оранжевым, желто-оранжевым цветом, иногда с коричневатым оттенком. По своей отражательной способности он выше борнита, германита и близок к теннантиту. Для отдельных зерен обладает различно выраженной анизотропностью от слабой до сильной, с цветными эффектами светло-оранжево-коричневатых и голубовато-серых тонов. Реньерит полируется хорошо, твердость средняя, рельеф немного выше теннантита. Изредка встречаются сростания реньерита и германита; в этом случае реньерит обычно замещает германит и развивается по нему. По времени образования реньерит и теннантит являются почти одновременными, однако в отдельных случаях отмечаются явления замещения теннантита реньеритом, что говорит о более позднем образовании реньерита.

При сравнении с Тсумбским реньеритом устанавливается большое сходство как по оптическим свойствам, так и по парагенетической ассоциации минералов (теннантит-халькопирит-борнит-энаргит-реньерит-германит-халькозин).

Химические анализы минералов, в полях которых были встречены выделения реньерита, показали высокие содержания германита. Микроспектральным анализом в реньерите из Анкавана обнаружены Cu, Fe, Ge.

Наши исследования по изучению и сравнению реньеритов различных месторождений (Анкаван, Тсумб, Дастакерт, Ахтала) показали, что они в отраженном свете характеризуются большей частью неоднозначными оптическими свойствами. Выделение реньеритов из одного месторождения и в одном полированном шлифе несколько отличаются друг от друга по оттенку цвета, отражательной способности, степени анизотропности и двуотражения. Различия оптических свойств, на наш взгляд, обусловлены колебаниями их химического состава. Например, химические анализы шести ренье-

ритов месторождения Принц-Леопольд и Тсумеба (Vaes, 1948; Murdoch, 1953) показывают следующие колебания в содержании главных компонентов: Cu—41,10—43,81%; Fe—12,08—13,84%; Ge—5,46—7,75%; Zn—не обн.—3,94%; As—0,79—4,95%. Приведенные данные свидетельствуют об изменении содержания отдельных элементов на 2—4%, что влияет на характер оптических свойств и приводит к выделению нескольких разновидностей реньерита.

Рентгенометрические исследования смеси минералов энаргит, теннантит и реньерит, проведенные в лабораториях Института геологических наук АН Арм. ССР и ИМГРЭ, не дали положительных результатов—фазы минералов не поддались надежной идентификации.

Энаргит установлен в рудах Каджарана, Агарака (А. А. Акопян), Дастакерта (К. А. Карамян), Анкавана (Г. О. Пиджян) и Вардениса (А. Г. Акопян). Он проявляется в кварц-молибденитовой, кварц-халькопирит-молибденитовой, кварц-пиритовой, кварц-халькопиритовой, кварц-карбонат-сфалерит-галенитовой, карбонат-алабандиновой и, в особенности, в кварц-халцедон-теннантит-энаргитовой стадиях минерализации, где является одним из главных минералов прожилок.

*В кварц-пиритовой и кварц-сфалерит-галенитовой стадиях и кварц-халькопиритовой стадиях минерализации (Каджаран, Агарак, Дастакерт, Анкаван) энаргит встречается часто, но в незначительных количествах, в мощных жилах и кварц-сульфидных прожилках в виде вкрапленников, червеобразных форм выделений и, редко, тонких прожилок в тесной ассоциации с халькопиритом, люцитом и теннантитом.*

*В кварц-пиритовой и кварц-сфалерит-галенитовой стадиях минерализации энаргит имеет весьма небольшое развитие и встречается в полях пирита, халькопирита, сфалерита и галенита в виде отдельных кристаллов. Интересные взаимоотношения энаргит образует с галенитом, реже сфалеритом в виде зернистых сростаний и субграфических структур прорастания.*

*В кварц-халцедон-теннантит-энаргитовой стадии минерализации (Дастакерт, Анкаван) энаргит является одним из главных минералов прожилок и представлен макроскопически видимыми мономинеральными прожилками, вкрапленниками и идиоморфными кристаллами в тесной ассоциации с теннантитом, халькопиритом, борнитом, халькозином, люцитом, висмутином, виттихенитом, эмплектитом, золотом, теллуридами, реньеритом и германитом. Обычно халькопирит и борнит замещаются энаргитом, в этом случае в сплош-*

ных полях энаргита отмечаются разбеденные остатки указанных минералов. Энаргит тесные сростания образует с теннантитом и, будучи более ранним образованием, интенсивно замещается им. В полях энаргита Анкавана широко развиты кристаллы люционита, удлиненные, игольчатые выделения виттихенита, висмутина, пластинки теллуrowисмутита, тетрадимита, неправильные выделения гессита, петцита и других минералов.

В карбонат-алабандиновой стадии минерализации энаргит является редким минералом и образует неправильные мельчайшие выделения в полях алабандина.

В отраженном свете энаргит характеризуется различными цветами от серого до розового с фиолетовым, сиреневым оттенком. Отражательная способность средняя и колеблется в пределах 27—31% (Каджаран) и 29—32% (Анкаван, Дастакерт). В скрещенных николях обладает сильной анизотропностью с цветными эффектами. Двухотражение отчетливо заметно в воздухе, в иммерсии усиливается с цветными эффектами: Rg—розовый с фиолетовым оттенком, Rp—серый с сиреневым оттенком (Анкаван, Дастакерт).

Энаргиты Каджаранского месторождения детально были изучены А. С. Фарамазяном и Э. Х. Хуршудян (1963), по данным которых энаргит встречается также в виде мелких, хорошо ограненных короткопризматических кристаллов таблитчатого габитуса, которые иногда сростаются в радиально-лучистые агрегаты. Он обладает совершенной спайностью и микротвердостью 220—300 кг/мм<sup>2</sup>. Химическим анализом в энаргите установлены: Cu—46,91%; As—18,94%; Fe—0,38%; Zn—0,35%; S—32,30%; н. о.—1,08. Спектральным анализом обнаружены: Cu, As—основа, Fe—0,1—0,3%; Sb, Bi—0,01%; Ge, Ag—0,003%; Pb—0,001—0,003%; Mo—0,0003—0,001%.

Химический анализ энаргита Дастакертского месторождения показал Cu—48,42%; Sb—3,29%; Zn—0,29%; As—16,55%; S—32,36. Спектральным анализом в теннантит-энаргитовых прожилках обнаружено Ge—0,003—0,01%, а в отдельных пробах—до 0,1% (К. А. Карамян, 1962).

Результаты спектральных анализов энаргитов Дастакерта показывают высокие содержания Sb (до 3,0%), Ag (0,01%) и Ge (0,01—0,03%).

В энаргитах Анкавана химическим анализом установлено Se—0,1120%, Te—0,0124—0,0720%; спектральным анализом обнаружено во всех проанализированных пробах: Ni—0,005—0,3%; Co—0,003—0,1%; Mo—0,003—0,2%; Ag—0,01—0,03%; Sb—0,01—0,3%; Bi—0,03—0,3%; Zn—0,3—5,0%; Cd—0,003—0,01%; Ge—0,03—0,3, редко 0,8—1,0%. В отдельных пробах—Mn—0,003%; Pb—0,01%; Te—0,02%; Sn—0,001—

0,002%; Au—0,001—0,003%; Ga—0,003—0,02% (данные Г. О. Пиджяна и А. И. Карапетяна).

Рентгенометрическими исследованиями подтвержден энаргит из Каджарана (А. С. Фарамазян) и Анкавана (Г. О. Пиджян).

Люцит имеет сравнительно с энаргитом небольшое распространение. Он установлен в Каджаране (И. С. Вольнский), Дастакерте, Агараке (И. Г. Магакян), Анкаване (А. И. Карапетян) в виде тончайших прожилков и мелких зернистых выделений неправильной формы, в ассоциации с халькопиритом, борнитом, энаргитом и теннантитом.

Люцит проявляется в прожилках кварц-халькопирит-молибденитовой, кварц-пиритовой, кварц-халькопиритовой, кварц-карбонат-сфалерит-галенитовой и кварц-халцедон-теннантит-энаргитовой стадий минерализации. Размеры зерен люцита колеблются в широких пределах (от 0,003 до 0,1—0,2 мм). Редко встречаются удлиненные шестоватые кристаллы (Каджаран, Агараке) с размерами 0,05—0,1 мм.

В отраженном свете люцит, в отличие от энаргита, обладает более отчетливым розовым оттенком; при скрещенных николях обнаруживает полисинтетически двойниковое строение и не имеет спайности. Угол угасания относительно удлинения кристаллов и двойниковых швов составляет 25—30° (у энаргита угасание прямое). Отражательная способность средняя и несколько выше, чем у энаргита. Люцит характеризуется более сильной анизотропностью и двуотражением (сопровождающимся цветными эффектами), чем энаргит.

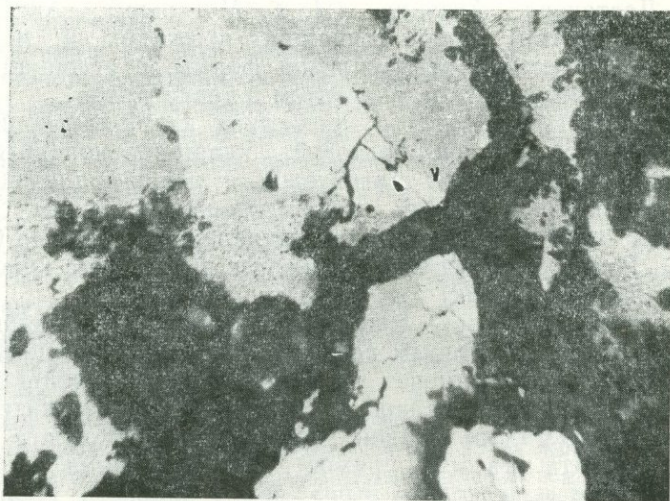
Результаты рентгенометрических исследований люцита из Каджарана показали, что величины межплоскостных расстояний минерала оказались идентичными с таковыми искусственного люцита. Индексированием дробаграммы в расчете на тетрагональную ячейку Э. Х. Хуршудян были получены параметры элементарной ячейки:  $a=5,29 \text{ \AA}$  и  $c=10,415 \text{ \AA}$ .

Изучение взаимоотношений люцита с ассоциирующими минералами показало, что он выделялся после халькопирита, борнита и несколько раньше или одновременно с энаргитом.

Бурнонит установлен в рудах Джиндары (Г. О. Пиджян), Каджарана (А. С. Фарамазян), Анкавана и Дастакерта (Г. О. Пиджян) в виде небольших неправильных выделений с размерами в сотые доли мм, редко до 0,2—0,3 мм (Анкаван) в ассоциации, главным образом, с галенитом, тетраэдритом и, реже с халькопиритом (Дастакерт).

На Дастакертском месторождении бурнонит встречается в прожилках кварц-халькопирит-молибденитовой стадии минерализации в полях халькопирита, в тесной ассоциации с медно-висмутовыми минералами—висмутином, теннантитом

и сфалеритом. В других отмеченных выше месторождениях бурнонит установлен только в полиметаллических прожилках в ассоциации с галенитом, тетраэдритом, халькопиритом и сфалеритом, с которыми образует зернистые сростания. Сравнительно часто бурнонит встречается в полиметаллических прожилках Анкавана.



Фиг. 35. Взаимоотношения галенита (белое) с бурнонитом (серовато-белое). Галенит замещается бурнонитом. Анкаван. Полир. шлиф. х440.

В отраженном свете бесцветный, со слабым зеленоватым оттенком. По отражательной способности чуть темнее галенита и светлее тетраэдрита. В сростаниях с галенитом и тетраэдритом бурнонит только можно отличить от них при внимательном наблюдении, так как контуры минералов в результате малых значений оптических констант почти сливаются. В скрещенных николях отчетливо анизотропен, без заметного цветового эффекта. Очень характерны для бурнонита пластинчатые полисинтетические двойники, наблюдаемые при скрещенных николях. Двуотражение в воздухе почти не заметно. При больших увеличениях с иммерсией наблюдаются густые красные внутренние рефлексии. Бурнонит характеризуется средней твердостью, по рельефу выше галенита, но ниже халькопирита. Выделения бурнонита, большей частью, располагаются между зернами галенита и тетраэдрита. На выделениях бурнонита из Каджарана (А. С. Фарама-

зьян) и Анкавана (Г. О. Пиджян) микроспектральным анализом обнаружены сильные линии Pb и Sb, подтверждающие принадлежность минерала к бурнониту.

Айкинит (?) встречен только в рудах кварц-халькопиритовой стадии минерализации Каджарана (А. С. Фарамазян) в виде мельчайших выделений в полях халькопирита и галеновисмутита в ассоциации с галенитом и висмутином. По данным А. С. Фарамазяна, в полях галеновисмутита игольчатые выделения айкинита четко выделяются по своей более высокой отражательной способности. Точное определение минерала затрудняется в связи с мелкими размерами выделения и близких оптических свойств в отраженном свете группы сульфовисмутитов свинца.

На основании оптических свойств, парагенезиса минералов, микрохимических и микроспектральных анализов (обнаружены Bi и Pb) условно минерал отнесен к айкиниту.

Эмплектит относится к числу редко встречающихся минералов. Он установлен впервые автором в рудах Дастакерта, Каджарана, Агарака, Айгедзора и Джиндары. В медно-мышьяковых и полиметаллических прожилках Анкавана обнаружен А. И. Карапетяном.

Встречается в прожилках кварц-молибденитовой, кварц-халькопирит-молибденитовой, кварц-халькопиритовой, кварц-карбонат-сфалерит-галенитовой и кварц-халцедон-теннантит-энаргитовой стадий минерализации в виде мельчайших удлиненных, игольчатых и неправильных форм выделения в полях халькопирита, борнита, теннантита, энаргита, галенита, халькозина и, редко, пирита и сфалерита. Эмплектит тесно ассоциирует с висмутином, виттихенитом, купровисмутитом, образуя с ними зернистые сростания и структуры замещения. Очень часто встречаются каемки эмплектита вокруг зерен висмутина, халькопирита и, реже, борнита и энаргита. На Анкаванском и Каджаранском месторождениях отмечается ассоциация эмплектита с теллуридами висмута. При этом в Анкаване вместе с виттихенитом образует концентрически-зональные выделения вокруг теллуrowисмутита и тетрадимита.

В отраженном свете эмплектит характеризуется серовато-белым цветом с желтовато-кремовым оттенком. Отражательная способность выше, чем у теннантита, энаргита, виттихенита и ниже, чем у галенита, халькопирита, висмутина; выражается для эмплектита из Дастакерта в пределах 34—37% для оранжевых лучей и 41% для зеленых лучей.

Эффекты анизотропии в воздухе и в иммерсии четко наблюдаются иногда с нежными цветами от зеленоватого до серо-бледно-желтого. Двухотражение в воздухе слабое и отчет-

ливо устанавливается в иммерсии. Рельеф ниже, чем у халькопирита и очень близок к рельефу висмутита и виттихенита. Твердость низкая, полируется хорошо, внутренние рефлексы не наблюдаются. При действии разбавленной  $\text{HNO}_3$  (1:1) в течение 2 минут слегка буреет; от концентрированной  $\text{HNO}_3$  и царской водки быстро чернеет.

Микроспектральным анализом в зернах эмплектита из Дастакерта и Анкавана обнаружены сильные линии висмута. Эмплектит относится к числу трудно диагностируемых минералов. Он особенно трудно отличается от висмутита и сульфовисмутитов свинца и меди. Наши исследования показали, что эмплектит отличается от висмутита своеобразным нежно-кремовым оттенком, более слабой анизотропностью и двуотражением. Отражательная способность в этом случае не является решающей. Эмплектит из Дастакерта подтвержден нами рентгенометрически (таблица 27). Анализ произведен в лаборатории минераграфии ИГЕМ Г. В. Басовой.

Таблица 27

Межплоскостные расстояния эмплектита из  
Дастакертского месторождения

I	$d\alpha/n$	I	$d\alpha/n$
2	3,34	3	1,527
10	3,19	4	1,409
4	3,06	2	1,341
3	2,38	1	1,213
8	2,16	2	1,087
4	1,955	2	1,077
2	1,859	2	1,070
5	1,768	1	1,044
2	1,651	2	1,009

Условия съемки: Fe—излучение, камера PKD (2R=57,3 мм),  
 $d=0,3$  мм экспозиция—5 часов

Межплоскостные расстояния эмплектита из Дастакерта весьма сходны с эталоном из месторождения Иогангеоргенштадт, Саксония (В. И. Михеев, 1952).

Купровисмутит (?) является весьма редко встречающимся минералом. Он установлен предположительно в рудах Айгедзорского и Джиндаринского месторождений (Г. О. Пиджян). Встречается в виде столбчатых, призматических, удлиненных выделений с размерами до 0,01—0,03 мм в полях халькопирита кварц-халькопиритовой стадии минерализации в ассоциации с висмутином, эмплектитом и виттихенитом.

В отраженном свете серовато-белый, переходящий в белый цвет без желтовато-кремового оттенка. Отражательная способность немного выше, чем у виттихенита и эмплектита, но заметно ниже висмутина и халькопирита. Эффект анизотропии заметен в воздухе отчетливо, а двуотражение устанавливается только в иммерсии. Микроспектральным анализом в зернах минерала обнаружены сильные линии висмута.

Козалит (?) отмечен предположительно А. И. Карапетяном в медных рудах Дастакерта в виде мельчайших выделений в полях халькопирита.

Галеновисмутит установлен в рудах Дастакерта (Г. О. Пиджян) и Каджарана (А. С. Фарамазян). Он встречается в прожилках кварц-халькопирит-молибденитовой и кварц-халькопиритовой стадий минерализации в виде мельчайших выделений неправильной и игольчатой формы (с размерами 0,002 до 0,01 мм) в ассоциации с халькопиритом, висмутином и галенитом. Границы, разделяющие галеновисмутит и халькопирит, ровные, что говорит об одновременном выделении этих минералов с образованием тонкодисперсных структур распада твердых растворов. В полях галеновисмутита отмечаются тонкие игольчатые выделения айкинита.

В отраженном свете галеновисмутит белый; по цвету и отражательной способности напоминает галенит, однако отчетливо анизотропен со слабым цветным эффектом от желтовато-коричневого до голубовато-серого. Двуотражение в воздухе еле заметно. Микрохимическим и микроспектральным анализом обнаружены сильные линии Bi и Pb.

#### 4. ОКИСЛЫ

Гематит является распространенным минералом в рудах. Он установлен во всех главнейших медно-молибденовых месторождениях, главным образом, в прожилках ранних стадий минерализации в виде удлиненных, пластинчатых, игольчатых кристаллов, гнездообразных и неправильных форм выделения, иногда тонких прожилков. Особенно тесно гематит ассоциирует с магнетитом, пиритом, кварцем, халькопиритом. Местами он образует каемки вокруг зерен магнетита и развивается по трещинкам, а нередко замещает магнетит и образует псевдоморфозы по нему. Местами пластинчатые кристаллы гематита псевдоморфно замещаются магнетитом и в этом случае образуется мушкетовит.

Наиболее широко развит гематит в скарновой зоне Анкавана в тесной ассоциации с магнетитом и гранатом.

Обычно прожилки и кристаллы гематита пересекаются зернами молибденита, халькопирита и прожилками кварца и карбонатов.

Ильменит относится к числу редко встречающихся минералов. Он впервые установлен автором в рудах Каджарана, Агарака и Джиндары, в прожилках ранних стадий минерализации (полево-шпат-кварц-магнетитовой, кварц-магнетитовой и кварц-халькопиритовой) в виде отдельных кристаллов и зерен неправильной формы в полях магнетита. Он иногда образует решетчатую структуру распада твердого раствора в магнетите (Каджаран, Джиндара). В отраженном свете характеризуется серовато-белым цветом, сильной анизотропностью, высокой твердостью и пластинчатыми двойниками. Химическими и спектральными анализами в магнетит-халькопиритовых рудах Каджарана и Джиндары установлен титан от 0,5 до 1,5%.

Магнетит является распространенным минералом в рудах. Он установлен во всех медно-молибденовых месторождениях, большей частью, в прожилках ранних стадий минерализации в виде прожилок, вкрапленников и гнездообразных массивных скоплений в тесной ассоциации с кварцем, гематитом, пиритом, халькопиритом и, реже, борнитом и молибденитом. Магнетит обычно заполняет пустоты между кристаллами полевого шпата и кварца и, в свою очередь, окаймляется и замещается всеми сульфидами. Часто магнетит интенсивно замещается также гематитом (процесс мартизации). Последний развивается по трещинкам его и иногда полностью замещает идиоморфные зерна магнетита (фиг. 36).

Сравнительно широко магнетит развит на месторождениях Каджарана, Джиндары и в скарновой зоне Анкавана, где образует небольшие линзоподобные, гнездообразные тела магнетит-халькопиритовых руд.

Рутил также редко встречающийся минерал, однако установлен автором почти во всех месторождениях в прожилках следующих стадий минерализации: полево-шпат-кварц-магнетитовой, кварц-магнетитовой (Каджаран, Агарак), кварц-пиритовой (Анкаван) и, в особенности, кварц-халькопиритовой (Каджаран, Агарак и др.). Он встречается, в основном, в виде отдельных идиоморфных удлиненных кристаллов в рудовмещающих породах и в полях халькопирита и борнита.

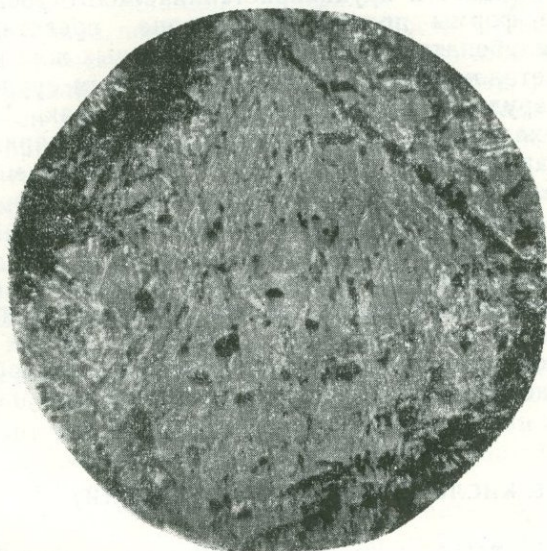
По своим диагностическим свойствам рутил легко определяется в отраженном свете. Он полупрозрачен, отчетливо анизотропен и по отражательной способности очень близок к магнетиту.

Для рутила весьма характерны пластинчатые двойники и желто-бурые, оранжевые внутренние рефлексы.

Касситерит относится к числу очень редко встречаю-

щихся минералов. Он установлен автором в прожилках кварц-молибденитовой стадии минерализации Анкавана в полях пирита в виде мельчайших короткостолбчатых идиоморфных кристаллов и коленчатых двойников.

В отраженном свете серый, бесцветный и имеет высокий



Фиг. 36. Решетчатая микротекстура замещения магнетита (серое) гематитом (серовато-белое и пластинчатое).

Джиндара. Полир. шлиф.  $\times 220$ .

рельеф. По отражательной способности значительно темнее сфалерита. Средние значения отражательной способности в воздухе колеблются в пределах 11—12%. При скрещенных николях отчетливо анизотропен и характеризуется буро-коричневыми внутренними рефlekсами. Приведенные оптические свойства позволяют однозначно диагностировать минерал.

Кварц является наиболее широко распространенным жильным минералом. Он установлен во всех медно-молибденовых месторождениях в различных генерациях и парагенетических ассоциациях минералов. Обычно слагает мощные жилы (Каджаран, Айгедзор, Капутджих), бесчисленные прожилки (Каджаран, Агарак, Анкаван и др.), несущие сульфидное оруденение; встречается также в виде хорошо образованных кристаллов, вкрапленников (Дастакерт и др.), гнездобразных выделений в тесной ассоциации с молибденитом,

халькопиритом, пиритом и другими сульфидами. По парагенетической ассоциации минералов, цвету, оттенку и структуре отмечаются многочисленные разновидности кварца в различных стадиях минерализации гидротермального этапа рудообразования. Наиболее ранний кварц большей частью, имеет молочно-белый цвет и крупнокристаллическое строение.

Поздние формы проявления кварца представлены в виде кварц-карбонатных и кварц-халцедоновых жил и прожилок с полиметаллическим и медно-мышьяковым оруденением, а также безрудных кварц-карбонатных (Агарак, Айгедзор) и карбонат-халцедоновых, халцедоновых (Каджаран, Анкаван, Джиндара) жил и прожилок. На отдельных месторождениях в поздних стадиях минерализации довольно широко представлена скрытокристаллическая разновидность кварца-халцедон.

Взаимоотношения кварца и карбоната сложны и разнообразны; в одних случаях отмечаются тесные сростания кварца и карбоната с взаимными пересечениями, в других случаях идиоморфные кристаллы кварца сцементированы карбонатом, а очень редко призматические кристаллы кварца нарастают на карбонат.

## 5. КИСЛОРОДНЫЕ СОЛИ (ОКСИСОЛИ)

Карбонаты относятся к числу широко распространенных минералов медно-молибденовых месторождений и играют важную роль в сложении прожилок более поздних стадий минерализации и, в частности, полиметаллических руд. Исследованиями установлены следующие разновидности карбонатов: анкерит, кальцит, сидерит, манган-кальцит и родохрозит. Они встречаются в виде жил, прожилок, реже гнездообразных выделений и отдельных скоплений, часто содержат сульфидное оруденение. Измененные рудовмещающие породы и кварц-сульфидные прожилки ранних стадий минерализации обычно секутся карбонатными прожилками.

Анкерит является самым распространенным минералом среди карбонатов. Он распространен во всех медно-молибденовых месторождениях в виде прожилок, реже вкрапленников, кристаллов и часто несет сульфидное оруденение. Анкерит характеризуется серовато-белым, серым цветом с различными оттенками и спайностью по ромбоэдру. Соотношение кальция, железа и магнезия колеблется в широких пределах. По данным химических анализов, в анкеритах Каджарана отмечаются следующие колебания в содержании окислов указанных элементов:  $\text{CaO}$ —18,78—32,28%;  $\text{MgO}$ —10,12—18,87% и  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ —3,25—6,33%. Спектральным анализом

в анкерите Джиндаринского месторождения обнаружены: Ca, Fe > 10%, Mg > 5%, Ba — 1—3%.

Отмечаются случаи, когда анкерит пересекается и замещается сидеритом и кальцитом.

Кальцит относится к числу распространенных минералов и установлен во всех месторождениях в различных парагенетических ассоциациях минералов и морфологических видах. Изучение показывает, что разновидности кальцита по изоморфным примесям представлены довольно широко. В карбонат-полиметаллических прожилках Дастакерта, где карбонат представлен кальцитом, в одних случаях установлены значительные примеси марганца (до 10% и более), в других случаях — магнезия (MgO — 7,06%). На основании приведенных данных можно заключить, что здесь развиты марганец-кальцит и магниезальный кальцит.

Сидерит по сравнению с анкеритом и кальцитом менее распространен. Он установлен во всех месторождениях (кроме Дастакерта) в тесной ассоциации с другими карбонатами.

Родохрозит является редко встречающимся карбонатом. Он установлен с алабандином и мельниковит-пиритом. Родохрозит характеризуется розоватым цветом и представлен как зернистыми, так и почковидными, шарообразными и сферолитовыми агрегатами.

Барит относится к числу очень редко встречающихся минералов. Он установлен только в рудах Джиндаринского месторождения в тесной ассоциации с карбонатами. Химическим анализом в карбонате обнаружен BaO 2,0%.

Гипс установлен в рудах Каджарана и Джиндары, где представлен в виде отдельных прожилок и гнездообразных скоплений. Он имеет белый, серовато-белый цвет и зернистую, сахаровидную структуру. На Джиндаринском месторождении выделяются две разновидности гипса: мелкозернистый и волокнистый. Гипс, являясь образованием наиболее поздней стадии минерализации, обычно цементирует разъеденные выделения сульфидов и кварца более ранних стадий минерализации. Изучением характера распространения и ассоциаций гипогенного ангидрита и гипса с сульфидами в месторождениях Армянской ССР занимались К. А. Карамян и А. С. Фармазян (1959).

Шеелит принадлежит к числу очень редко встречающихся минералов в рудах. Он установлен в Каджаране и в скарных зонах Анкаванского, Кефашенского и Ньюадинского месторождений, главным образом, в шлифах — в виде мелких округлых зерен.

В районе Каджаранского месторождения шеелит наибо-

лее часто встречается в измененных раздробленных породах, развитых вдоль Каджаранского разлома в полосе контакта монцонитов и порфиroidных гранитов (ущелье р. Хиар-дараси, участок Давачи), где сравнительно широко представлены прожилки полевой шпат-кварц-магнетитовой стадии минерализации.

При изучении руд кварц-молибденитовой стадии минерализации А. С. Фарамазяну удалось в одном образце кварц-молибденитовой прожилки обнаружить мелкие (0,05—0,1 мм) кристаллы шеелита дипирамидального облика в ассоциации с кварцем и молибденитом и подтвердить принадлежность минерала к шеелиту рентгенометрическим анализом.

Эпидот установлен в рудах Айгедзора и скарновых зонах Анкавана, Кефашена и Ньюади в виде отдельных прожилков, вкрапленников и гнездообразных скоплений. В Айгедзоре на участке Марал-зами эпидот тесно ассоциирует с кварцем, пиритом и широко развит в виде прожилков среди жильных пород диабаз-порфиритового состава.

Биотит является распространенным минералом пород и частично руд Джиндара, Каджарана, Агарака и Анкавана. Он проявляется в контактово-метасоматическом (Джиндара) и гидротермальном (Каджаран и др.) этапах минерализации.

Серицит широко развит в гидротермально измененных, вмещающих оруденение породах всех месторождений. Изучение показывает, что обычно по обоим зальбандам даек жильных порфириров и кварцево-рудных жил и прожилков образуется каемка серицито-кварцевых пород.

Хлорит является распространенным минералом измененных пород всех медно-молибденовых месторождений. Он обычно развивается за счет биотита и других цветных минералов.

Каолинит распространен в гидротермально измененных оруденелых зонах почти всех месторождений. Образование минералов группы каолинита, как правило, приурочивается к поздним стадиям минерализации гидротермального этапа рудообразования. Наиболее широко развита каолинизация на тех участках рудных полей месторождений (Каджаран, Джиндара, Анкаван), где отмечается наложение кварц-карбонатных, карбонат-халцедоновых жил, прожилков на более ранние кварц-сульфидные прожилки.

Калишпат встречается только на отдельных участках рудных полей Каджарана, Дастакерта и Айгедзора. Сравнительно широко он развит на участке Давачи Каджаранского месторождения, где образует прожилки, приуроченные к аплит-пегматитовым дайкам, контакту монцонитов и порфиroidных гранитов.

Адуляр установлен А. Г. Казаряном в серицитовой кайме кварц-пиритовых прожилок Каджарана в виде ромбиков и неправильных форм выделений. Он тесно ассоциирует с кварцем, серицитом и пиритом.

## Б. СУПЕРГЕННЫЕ МИНЕРАЛЫ

Медно-молибденовые месторождения Армении характеризуются различно выраженной зоной окисления, что обусловлено их положением по отношению к рельефу местности, микроклиматом района, составом вмещающих руденение пород, условиями циркуляции грунтовых вод и другими специфическими особенностями геологического строения месторождений.

Окисленные минералы наиболее широко развиты в Каджаране, Агараке и на отдельных участках Анкавана и Джиндары. В зонах окисления месторождений, среди нацело окисленных и полуокисленных, имеются участки неокисленных сульфидных руд, иногда со слабой заохренностью и частичным разрушением. Эти данные свидетельствуют о том, что местами процессы окисления и эрозии развиваются почти с одинаковой скоростью, в связи с чем нет условий для образования мощной зоны полностью окисленных руд.

На изученных месторождениях обычно небольшое развитие имеют минералы зоны вторичного сульфидного обогащения.

Супергенные минералы представлены тонкими корочками, прожилочками, налетами, примазками, дендритами и землистой охристой массой.

Поскольку автор специально не занимался изучением супергенных минералов, ниже с некоторыми дополнениями (по Джиндаре, Айгедзору, Анкавану и др.) приводится характеристика распространенности супергенных минералов по Е. А. Акопян (1960), которая детально описала все минералы зоны окисления Каджарана, Агарака, Дастакерта и Анкавана.

### І. МИНЕРАЛЫ ЗОНЫ ВТОРИЧНОГО СУЛЬФИДНОГО ОБОГАЩЕНИЯ

Халькозин является наиболее распространенным среди минералов зоны вторичного сульфидного обогащения. На тех участках месторождений, где халькопиритовые и халькопирит-молибденитовые руды подверглись интенсивному дроблению, количество халькозина значительно повышается. В Дастакерте в районе шт. 14 и 40 (карьер 2) в ороговикова-

ных порфиритах гнездообразные включения и прожилки халькопирита повсеместно покрыты пленками халькозина.

Ковеллин встречается в незначительных количествах в тесных сростаниях с халькозином, борнитом в полях халькопирита и других сульфидов. Он часто замещает ранее образовавшийся халькозин и развивается по нему. В редких случаях ковеллин развивается по галениту, пириту и сфалериту в виде тонких прожилок (Каджаран, Дастакерт, Айгедзор и др.).

Борнит тесно ассоциирует с халькозином и ковеллином, однако сравнительно с ними имеет небольшое распространение. Он обычно развивается по халькопириту в виде тонких каемок и прожилочек в качестве начального продукта окисления и сам в дальнейшем замещается халькозином и ковеллином.

## 2. МИНЕРАЛЫ ЗОНЫ ОКИСЛЕНИЯ

В составе окисленных руд медно-молибденовых месторождений Армении принимают участие самородные элементы, окислы, гидроокислы, карбонаты, сульфаты, молибдаты, водные арсенаты и силикаты.

Самородная медь обнаружена в Каджаране, Агараке, Дастакерте и Анкаване в виде мельчайших неправильных форм, дендритов и тончайших жилок в полях халькозина, ковеллина, борнита, куприта и лимонита.

Самородное золото установлено только в Анкаване (А. И. Карапетян) в полях лимонита, монтанита и других вторичных сульфидов в виде точечных, губчатых, реже червеобразных форм.

Лимониты играют существенную роль в зоне окисления всех месторождений. Они представлены весьма различными типами по составу, цвету и форме отложения. Лимониты широко развиты в Каджаране, Агараке и Анкаване. Среди всей группы лимонитов выделяются следующие разновидности: стильносидерит, гетит, гидрогетит, турьит и гидрогематит. В поверхностных условиях наиболее широко распространен стильносидерит.

Малахит является самым распространенным минералом в зоне окисления всех месторождений. Он встречается в виде налетов, примазок, прожилок, натечных образований, корочек, землистых масс и редко в виде лучистых, игольчатых агрегатов. Наиболее широко развита колломорфная разновидность малахита. Особенно тесно малахит ассоциирует с азурином и лимонитом (фиг. 37).

Азурит по количеству значительно уступает малахиту и обычно замещает малахит. Встречен во всех месторожде-

ниях, но сравнительно широко развит в Агараке и Анкаване. Отмечаются тесные сростания азурита с лимонитом и медно-марганцевыми минералами.

Повеллит установлен во всех главнейших медно-молибденовых месторождениях в виде прожилок, налетов и



Фиг. 37. Колломорфные выделения лимонита (серое) и малахита (темно-серое) с трещинами усыхания, образованные за счет халькопирита (белое). Каджаран. Полир. шлиф,  $\times 200$ .

псевдоморфоз по молибдениту в кварц-молибденитовых жилах. Наиболее широко он развит в зоне окисления Каджарана.

Ферримолибдит обнаружен во всех главнейших месторождениях в виде налетов, чешуйчатых выделений в тесной ассоциации с молибденитом, за счет которого и образуется. Наиболее часто ферримолибдит встречается в зоне окисления Агарака (район Спетринского ущелья), Каджарана и Айгедзора. В Каджаране (в шт. 32) были встречены редкие игольчатые кристаллы ферримолибдита, образовавшиеся по молибдениту.

Галлуазит обнаружен во всех главнейших месторождениях в виде тонких корочек и налетов на плоскостях трещин отдельных. Он тесно ассоциирует с хризоколлой (Каджаран), опалом (Анкаван) и с гидроокислами железа.

## V. ТИПЫ И ТЕКСТУРЫ РУД

Руды медно-молибденовых месторождений Армянской ССР характеризуются большим разнообразием особенностей

строения, что обусловлено многообразием и сложностью процессов рудообразования. Изучение строения рудных тел, текстур руд и закономерностей срastания рудообразующих минералов позволяет восстановить всю историю процесса формирования месторождения и установить последовательность образования и взаимоотношения различных по составу минеральных ассоциаций.

По минеральному и химическому составу в медно-молибденовых месторождениях Армении нами выделяются следующие основные типы руд: медные, медно-молибденовые, молибденовые, полиметаллические, медно-мышьяковые и скисленные, которые развиты весьма неравномерно на отдельных участках рудных полей и местами наложены друг на друга. Среди типов руд большое промышленное значение имеют первые три, определяющие в целом ценность месторождений.

На основании морфологических особенностей выделяют следующие главные типы руд: вкрапленные, прожилково-вкрапленные, прожилковые, жильные и брекчиевидные, среди которых широко развиты и основную ценность представляют прожилково-вкрапленные руды.

Минеральным составом руд, морфологическими особенностями оруденения и составом рудовмещающих пород обуславливается отнесение медно-молибденовых месторождений Армении к группе месторождений медно-порфирового типа (медные и медно-молибденовые руды в изверженных породах), имеющие большое распространение в Советском Союзе (Коунрад, Алмалык и др.), США (Бингхем, Ахо и др.), Мексике, Чили и играющие важную промышленную роль.

Ниже кратко остановимся на характеристике различных типов руд.

Медные руды развиты во всех главнейших месторождениях, однако наиболее широко они распространены и промышленную ценность представляют в Каджаране, Агараке, Джиндаре и Дастакерте. Медное оруденение представлено, главным образом, вкрапленностью, прожилками, гнездообразными выделениями халькопирита, борнита и, реже, халькозина и ковеллина. В Дастакерте развиты также брекчиевидные медные руды, характеризующиеся довольно высоким содержанием меди от 1—5% и редко более. Обычно в прожилково-вкрапленных медных рудах среднее содержание меди колеблется от 0,5 до 1,0%. В медных рудах отмечается небольшая примесь молибдена.

Медно-молибденовые руды большое развитие имеют в Каджаране, Агараке и Дастакерте. Медно-молибденое оруденение представлено прожилками, вкрапленностью, гнездообразными выделениями халькопирита и молибденита.

Количественные соотношения халькопирита и молибденита весьма разные как в различных прожилках, так и на отдельных месторождениях, на их разных участках. В Дастакерте кроме прожилково-вкрапленных руд вдоль зон дробления развиты также брекчиевидные руды, отличающиеся высокими содержаниями металлов. В прожилково-вкрапленных медно-молибденовых рудах различных месторождений содержание меди колеблется от 0,5 до 0,7%, а молибдена—0,05—0,07%.

Молибденовые руды широко распространены в Каджаране, Агараке, Анкаване и Айгедзоре. Молибденовое оруденение представлено кварц-молибденитовыми прожилками, жилами и вкрапленностью молибденита. Совместно с молибденитом в незначительном количестве встречаются халькопирит и пирит. В Дастакерте развиты очень богатые брекчиевидные молибденовые руды. Содержание молибдена в прожилково-вкрапленных молибденовых рудах различных месторождений колеблется в пределах 0,05—0,09%, а в жильных рудах (Каджаран, Айгедзор)—0,1—0,2%. В молибденовых рудах отмечается незначительное содержание меди.

Полиметаллические руды. Полиметаллическая минерализация отмечается во всех медно-молибденовых месторождениях, однако сравнительно широко она представлена в Каджаране (особенно на участке Аткиз) и Дастакерте. Оруденение встречается на отдельных участках и представлено прожилками, жилами, вкрапленностью и гнездобразными выделениями сфалерита, галенита, пирита, халькопирита, теннантита, тетраэдрита и, реже, молибденита и энаргита.

В полиметаллических жилах отмечаются такие содержания металлов: Zn—от 0,8 до 2—3%; Pb—от 0,5 до 3%; Cu—0,3—1,0%. Полиметаллические руды самостоятельно не представляют промышленного интереса.

Медно-мышьяковые руды. Медно-мышьяковая минерализация сравнительно широко представлена только в Анкаване. Она развита вдоль Мисханского разлома в виде кварц-халцедоновых жилоподобных, линзовидных и гнездобразных тел, содержащих вкрапленность и прожилки энаргита, теннантита, борнита, халькозина, халькопирита и пирита. В медно-мышьяковых рудах кроме меди и мышьяка были установлены также повышенные содержания германия, висмута, теллура, серебра и золота. Следует отметить, что по минеральному составу эти руды являются на редкость интересными и уникальными в Армянской ССР.

Окисленные руды широко развиты в Каджаране, Агараке и на Главном участке Анкавана. Горными работами установлено, что мощность окисленных руд в Каджаране и Агараке составляет десятки метров. На отдельных участках

вдоль крупных крутопадающих тектонических трещин окисленные руды встречаются до глубины 150—200 м от поверхности. Окисленные руды, главным образом, представлены супергенными медными и молибденовыми минералами, водными окислами железа и марганца.

В настоящее время в Каджаране и Агараке окисленные руды переносятся в отдельный отвал и пока не представляют промышленной ценности, так как не разработана технология обогащения этих руд.

В окисленных рудах развиты прожилковые, вкрапленные, колломорфные, полосчатые, друзовые, корковые, порошковатые и землистые текстуры.

Окисленные руды Каджарана и Агарака, безусловно, представляют определенный промышленный интерес в отношении меди, молибдена и ряда других ценных примесей, поэтому необходимо принять меры по разработке технологии обогащения этого ценного сырья.

На текстурных особенностях руд большое влияние имеют различные геологические и физико-химические факторы, среди которых наиболее важными являются: характер и способ отложения минерального вещества, условия кристаллизации минералов, процессы метасоматоза (химические реакции между гидротермальными растворами и вмещающими породами), изменение в растворах физико-химических условий равновесия и последующие преобразования под воздействием различных типов метаморфизма.

Тектурные особенности руд медно-молибденовых месторождений Армении нами рассматриваются по отдельным морфологическим типам руд.

Вкрапленные руды развиты в рудных полях всех месторождений и, в особенности, на тех участках, где большое распространение имеют медные и отчасти медно-молибденовые и медно-мышьяковые руды. Наиболее широко вкрапленные руды распространены в Джиндаринском, Дастакертском (эндоконтактовой зоне оруденения, на участке Мегриди, Кошюрт, Плюсек), Агаракском, Каджаранском и на Главном участке Анкаванского месторождения. Вкрапленное оруденение представлено халькопиритом, пиритом, борнитом, молибденитом, энаргитом, теннантитом, магнетитом и гематитом. Обычно вкрапленное оруденение распределено весьма неравномерно: наряду с богатыми участками находятся зоны почти безрудные или с очень убогим оруденением.

Во вкрапленных рудах большое развитие имеет главным образом, вкрапленная текстура, однако редко встречаются линзовая (обособление линзочек сульфидных минералов в массе вкрапленной руды), друзовая (выполнение кристалли-

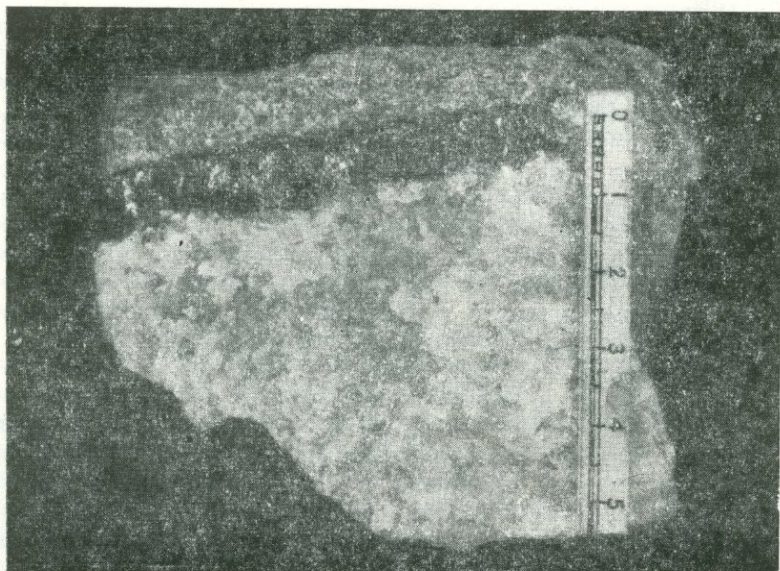
ческими щетками сульфидных и сопровождающих минералов внутренней поверхности небольших полостей) и очень редко колломорфная (округлые сферические выделения пирита в борните на южном участке Дастакертского месторождения) текстуры.

Прожилково-вкрапленные руды являются наиболее широко развитым типом руд в медно-молибденовых месторождениях Армении и, в частности, для Каджарана, Агарака и Джиндары. Они представлены густой сетью мельчайших кварц-сульфидных и сульфидных (молибденит, халькопирит, пирит и др.) прожилок и вкрапленностью рудных минералов, главным образом, сульфидов, приуроченных к гидротермально измененным интрузивным породам гранитоидного состава и, реже, их жильным дериватам и породам экзоконтакта (порфириды, роговики, кварциты). Среди прожилок выделяются чисто сульфидные, часто мономинеральные, сложенные молибденитом, халькопиритом, пиритом и другими минералами, а также кварцево-сульфидные, кварц-карбонат-сульфидные и карбонат-сульфидные. Очень характерным является пересечение прожилок одной системы другой, часто с различными минеральными ассоциациями. При этом отмечаются явления смещения и нарушенияности прожилок. Пересечение прожилок различного минерального состава является наиболее важным критерием для выделения отдельных стадий минерализации. Мощность прожилок колеблется в пределах от долей мм до 3—5 см. Длина их—от нескольких см до 2—3 м (редко до 5 и более м). Большинство кварц-сульфидных прожилок падает полого и часто образует параллельные системы по трещинам отдельности.

В прожилково-вкрапленных рудах большое развитие имеют и преобладают прожилковые текстуры, а вкрапленные имеют подчиненное значение. Кроме того, часто встречаются также полосчатые (результат выполнения серии параллельных трещин), линзовые, друзовые, крустификационные (выполнение трещин и полостей от периферии к центру в виде узких выдержанных по мощности слоев), сетчатые, гнездовые и, редко, колломорфные текстуры.

Прожилковые руды широко распространены во всех месторождениях, и, в особенности, в Анкаване и Каджаране. На отдельных участках рудных полей месторождений оруденелые зоны представлены серией кварц-сульфидных и сульфидных прожилок. По минеральному составу прожилки весьма разнообразны, наиболее широко развиты (совместно с кварцем, а иногда и без него) молибденитовые, халькопирит-молибденитовые, халькопиритовые и пиритовые; менее распространены кварц-полевой шпат-магнетитовые, кварц-магне-

титовые, кварц-гематитовые, кварц-карбонат-сфалерит-галени-  
товые, энаргит-теннантитовые; редко встречаются карбонат-  
сульфидные, гипс-сульфидные и карбонат-алабандиновые  
(фиг. 38, 39).

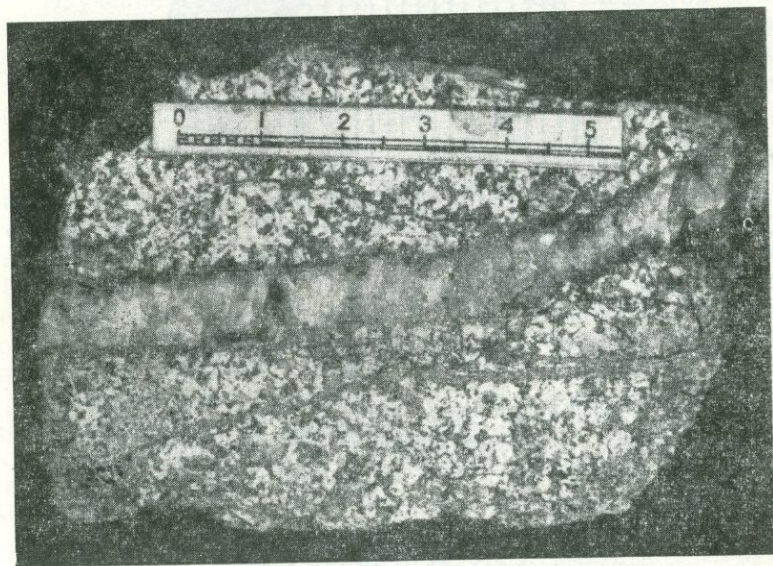


Фиг. 38. Молибденит (черное) в виде мономинеральной прожилки развит в контактовой части кварца (серовато-белое) и гранодиорита (темно-серое). Айгедзор. Штуф. Натур. величина.

В прожилковых рудах большое распространение имеют прожилковые текстуры, однако встречаются также полосчатые, друзовые, крустификационные, сетчатые, гнездовые и, редко, колломорфные текстуры. В Анкаване прожилки энаргит-теннантита иногда образуют концентрически-зональную текстуру в кварце.

Жильные руды имеют небольшое распространение и резко подчиненное значение. На отдельных месторождениях (Каджаран, Айгедзор) они образуют самостоятельные рудные тела (целая серия кварцево-молибденитовых жил), представляющие определенный промышленный интерес. В Каджаране кварц-молибденитовые, кварц-карбонат-полиметаллические и кварц-пиритовые жилы вскрыты на Центральном, Северо-восточном и Аткизском участках.

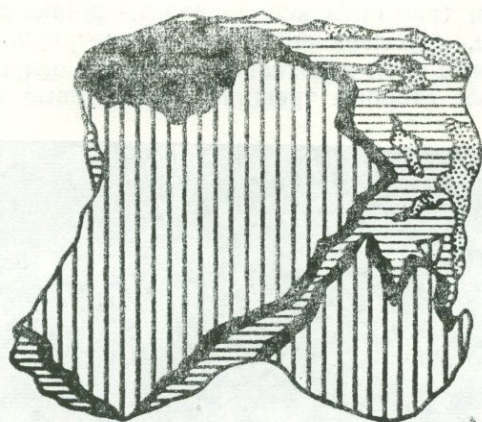
В жильном типе оруденения развиты жильные, полосчатые, гнездовые, крустификационные, симметрично крустификационные (когда слои и полоски минералов отлагались симметрично по обе стороны трещины) и друзовые текстуры.



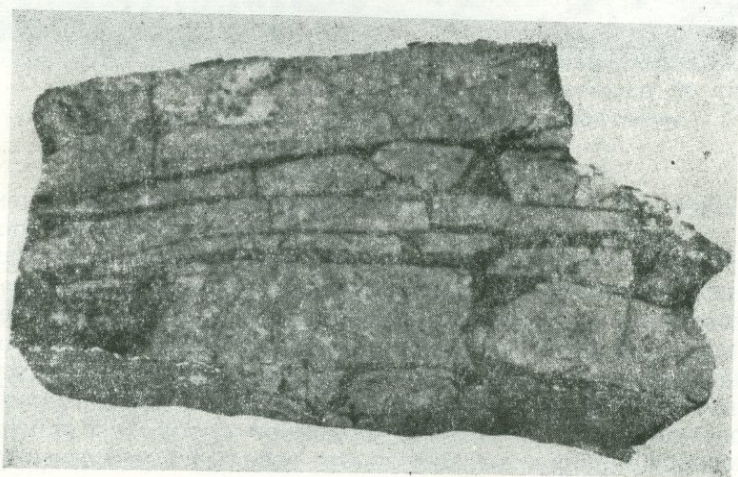
Фиг. 39. Измененный гранодиорит с кварц-молибденитовой прожилкой (серовато-белое—кварц, черное в зальбандах—молибденит). Айгедзор. Штуф. Натур. величина.

Брекчиевидные руды большое развитие имеют только в Дастакерте, иногда встречаются также в зонах дробления Каджарана, Агарака и Анкавана. Они характеризуются брекчиевидной текстурой (фиг. 40, 41), которая возникла в результате цементации молибденитом и халькопиритом (редко и другими рудообразующими минералами) угловатых обломков гидротермально измененных, осветленных, окварцованных порфиров, роговиков и интрузивных пород гранитоидного состава. Соотношение обломков пород и цемента колеблется в широких пределах—от небольшой доли цемента до его резкого преобладания.

В Каджаране и Агараке нами были встречены руды с брекчиевидной текстурой, представленные, главным образом, молибденитом. В штуфных пробах таких руд содержание молибдена составляет от 1—2 до 10 и более процентов.



Фиг. 40. Зарисовка штуфа руды. Дастакерт. 1/4 натур. величины. 1—обломки окварцованного порфирита, 2—молибденит, 3—халькопирит, 4—халькозин.



Фиг. 41. Брекчиевидная текстура. Параллельные полоски ороговикованных порфиритов (серовато-белое) сцементированы молибденитом (черное). Дастакерт. Полир. штуф. Натур. величина.

## VI. ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ РУД И ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ РЕДКИХ ЭЛЕМЕНТОВ

Изучение геохимических особенностей элементов имеет важное значение для выяснения закономерностей возникновения минеральных ассоциаций в геологических образованиях. Эти данные в совокупности позволяют правильно направить поисково-разведочные работы на месторождениях и наиболее полно извлекать из руд все ценные примеси.

На основании многочисленных химических и спектральных анализов руд, отдельных минералов и концентратов (тысячи определений), приведенных в предыдущих главах, в частности, при описании отдельных месторождений и детальных минералогических исследований, в этой главе даются геохимическая характеристика руд медно-молибденовых месторождений Армении и закономерности распределения в них редких элементов.

Исследованиями автора в рудах медно-молибденовых месторождений было выявлено более 50 химических элементов, среди которых высокие и повышенные концентрации в различных типах руд образуют: S, O, Cu, Fe, Mo, Pb, Zn, As, Sb, Bi, Re, Se, Te, Ge, Ga, Cd, In, Ag, Au. Здесь следует отметить, что за исключением небольшой группы элементов—V, Cr, Re, Cd, In, Ga, Se, Tl, для которых еще неизвестны минеральные виды, громадное большинство элементов представлено собственными минералами, образуя в то же время изоморфные примеси в отдельных сульфидах.

В рудах медно-молибденовых месторождений главными рудными элементами являются Cu и Mo, второстепенное значение имеют Fe, Zn, Pb, As, Sb, Mn, Co, Ni, W, Ti, V. Из редких и благородных элементов широко развиты Bi, Re, Se, Te, Ag, Au менее распространены Cd, In, Ga, Ge и редко встречаются Tl и Sn.

Ниже приводится геохимическая характеристика тех элементов, которые являются результатом гидротермальных процессов и играют определенную роль в формировании медно-молибденовой формации руд.

Элементы описаны с различной степенью детальности (в зависимости от их распространения, научного интереса и практического значения) в последовательности порядковых номеров периодической системы элементов Д. И. Менделеева. Наиболее детально приводится характер распределения редких и благородных элементов и, в первую очередь, рения, селена, теллура, висмута, серебра, золота, как самых ценных и широко развитых примесей.

При описании элементов вначале приводится характер распределения его в гипогенных условиях, а затем гипергенных.

Изучение минерального состава руд медно-молибденовых месторождений показало, что все главные металлогенные элементы представлены, в основном, сернистыми и частично кислородными соединениями. Поэтому можно с уверенностью сказать, что сера и кислород сыграли важную роль в формировании медно-молибденовой формации руд. Наряду с этим, стадийность развития процесса рудообразования и смена одних парагенетических ассоциаций минералов другими по ходу минералообразования указывают на последовательное изменение состава руд, обусловленное изменением режима серы и кислорода в растворах.

Кислород является одним из самых активных химических элементов и играет важную роль в процессах рудообразования. Он в виде иона  $O^{-2}$  и в меньшей степени гидроокисла  $OH^{-1}$  является главной составной частью окислов и кислородных солей. Вопросами влияния кислородного режима на процессы оруденения занимался А. Г. Бетехтин (1952, 1955), который считает, что гидротермальные растворы, поднимаемая от магматических источников, по мере приближения к земной поверхности, обогащаются кислородом. Повышение окислительного потенциала среды оказывает свое влияние на химическое равновесие в растворах и в результате возникающих реакций из растворов выпадают минералы. В различных окислительно-восстановительных условиях отмечается весьма разное поведение металлов, обусловленное особенностями строения их атомов и ионов.

В медно-молибденовых месторождениях Армении в ранних стадиях минерализации (полевой шпат-кварц-магнетитовой, кварц-магнетитовой) из растворов первыми выпадают окислы железа, титана и сульфид железа (магнетит, ильменит, рутил, гематит, пирит). При этом раньше образуется магнетит, а впоследствии—более богатая кислородом окись—гематит, что говорит о слабой окислительной обстановке среды и о повышении роли кислорода в ходе кристаллизации. В дальнейшем, в средних стадиях минерализации окислительный потенциал среды понижается и создаются условия для выпадения из растворов главных сульфидов: молибденита, халькопирита, борнита, в результате чего формируются промышленные медно-молибденовые руды. В поздних стадиях минерализации (карбонатная, карбонат-халцедоновая, ангидрит-гипсовая) снова возрастает роль окислительного потенциала среды и образуются богатые кислородом соединения: карбонаты, силикаты (кварц, халцедон), сульфаты.

Таким образом, изучение минерального состава различных стадий минерализации и парагенетических ассоциаций минералов показывает, что в медно-молибденовых месторождениях Армении, в процессе рудообразования, окислительно-восстановительный потенциал среды неоднократно менялся в зависимости от геологических и физико-химических условий гидротермальных растворов.

Важную роль имеет кислород также в гипергенных процессах.

Сера является очень интересным элементом в геохимическом отношении. Все тяжелые металлы легко дают трудно-растворимые соединения с ионами серы и именно при участии ее осуществляется концентрация подавляющего большинства металлогенных элементов.

В отличие от кислорода сера в природных условиях представлена многочисленными ионами ( $S^{2-}$ ,  $[S_2]^{2-}$ ,  $S^0$ ,  $S^{4+}$ ,  $S^{6+}$ ). В гидротермальных растворах ион серы  $S^{2-}$  обладает способностью восстановителя, поэтому чем выше концентрация его, тем более повышается восстановительный потенциал среды. Остальные ионы обуславливают различные степени окисления среды.

Исследованиями установлено, что даже в слабокислых гидротермальных растворах концентрация ионов  $S^{2-}$  сильно уменьшается, а в щелочных растворах, наоборот, увеличивается и создаются условия для выпадения сульфидов тяжелых металлов (А. Г. Бетехтин, 1955).

В медно-молибденовых месторождениях Армении в процессах рудообразования, в ранних более высокотемпературных стадиях минерализации при окислительном потенциале среды выделяются незначительные количества сульфидов. В дальнейшем, в средних стадиях минерализации по мере охлаждения растворов и повышения их щелочности, значительно повышается восстановительный потенциал среды сульфидов. При выделении сульфидов наряду с другими физико-химическими условиями очень важное значение имеет концентрация ионов серы в растворах. Обычно в зависимости от концентрации серы образуются различные сульфиды по степени сернистости. Изучение сульфидов медно-молибденовых месторождений приводит нас к выводу, что концентрация ионов серы в растворах была высокая, в результате чего образовались богатые серой сульфиды (с различными отношениями сера—металл): пирит, молибденит, халькопирит, и только на отдельных месторождениях редко встречаются сульфиды с сравнительно низкими содержаниями серы—арсенопирит, пирротин и др. На избыток серы в растворах указывает также образование гипогенного борнита. После образования пирита

и халькопирита, по всей вероятности, железа стало меньше, а в результате избытка меди и серы образовался борнит. В халькопирите соотношение железа и серы почти 1:1, а в борните—1:2.

В поздних стадиях минерализации, в явно окислительной обстановке среды, сера представлена катионом  $S^{6+}$ , который образует комплексный анион  $[SO_4]^{2-}$ , входящий в состав сульфатов.

В зонах окисления медно-молибденовых месторождений в присутствии свободного кислорода и углекислоты, сульфиды и сульфосоли становятся неустойчивыми и заменяются карбонатами, сульфатами, гидрооксидами, оксидами и, редко, самородными элементами. Большинство сульфатов совместно с другими легкорастворимыми соединениями, рудничными водами выносятся за пределы месторождения. В отличие от сульфатов гидраты окиси железа и карбонаты трудно растворимы и поэтому они образуют скопления в зоне окисления. Таким образом, только незначительная часть серы образует скопления в зоне окисления в виде ярозита, халькантита, редко брошантита, мелантерита и очень редко—самородной серы.

Титан. В кларковых содержаниях обнаружен во всех главнейших типах руд и рудовмещающих пород. Повышенные содержания титана до 1,0% отмечаются в породах монзонитовой интрузии, жильных порфирах, порфиритах (Зангезурский рудный район) и эпидотизированных метаморфических сланцах (Памбакский рудный район).

В сульфидных и окисленных рудах Каджарана и Джиндара содержание титана колеблется в пределах от 0,3 до 1,0%.

При микроскопических исследованиях руд во многих месторождениях (Каджаран, Агарак, Джиндара и др.) в прожилках кварц-магнетитового и кварц-халькопиритового состава нами установлены минералы титана-рутил и ильменит в тесной ассоциации с магнетитом, гематитом, пиритом и халькопиритом. Для сульфидных минералов медно-молибденовых месторождений по содержанию титана отмечается следующий возрастающий ряд: молибденит-галенит-сфалерит-пирит-халькопирит.

Таким образом, титан в рудах присутствует как в виде собственных минералов, так и изоморфной примеси в главных рудообразующих сульфидах. По своим физико-химическим свойствам он наиболее близко стоит к железу и поэтому сравнительно повышенные содержания титана связаны с минералами железа (магнетит, гематит, халькопирит, пирит). Титан является характерным элементом для руд, однако скопления не образует.

**Марганец.** В рудах медно-молибденовых месторождений марганец большей частью присутствует в кларковых содержаниях. В отдельных пробах руд и минералов Дастакерта, Анкавана и Каджарана отмечаются повышенные содержания марганца от 0,3—0,79 до 3 и более процентов. Наиболее высокими содержаниями марганца характеризуются окисленные руды.

Сульфиды марганца являются редкими минералами в природе, однако несмотря на это, в Дастакерте были обнаружены алабандин-родохрозитовые прожилки, представляющие результат самостоятельной карбонат-алабандиновой стадии минерализации. Последняя проявилась локально среди гранодиоритов в низкотемпературных условиях и приурочена к более поздним трещинам. В кварц-карбонат-полиметаллических прожилках и жилах Дастакерта нередко карбонат представлен также манган-кальцитом.

Исследованиями установлено, что сравнительно высокие содержания марганца отмечаются в рудах и породах Дастакерта и скарновой зоне Анкавана.

В зонах окисления медно-молибденовых месторождений и, в частности, Агарака, Каджарана широко развиты гипергенные минералы марганца: лампадит, медно-марганцевая смоляная руда, псиломелан-вад.

Марганец является характерным элементом в рудах многих медно-молибденовых месторождений (Дастакерт, Агарак, Каджаран и др.), однако промышленных скоплений не образует.

Железо является одним из самых распространенных элементов в рудах изученных месторождений и представлено многочисленными самостоятельными гипогенными минералами: магнетитом, гематитом, ильменитом, пиритом, халькопиритом, борнитом, марказитом, арсенопиритом, кубанитом и пирротинном.

В природе железо в виде двух- и трехвалентных катионов входит в состав различных минералов. При образовании минералов железа важное значение имеет окислительно-восстановительный потенциал среды, изменением которого обусловлено одновременное выпадение различных окислов и сульфидов железа.

Изучение последовательности образования минералов в рудах медно-молибденовых месторождений показывает, что из растворов первым выпадал магнетит, а несколько позже гематит, пирит, халькопирит, борнит, что свидетельствует об изменении концентрации кислорода в гидротермальных растворах в зависимости от характера химических реакций, протекающих с выделением или поглощением кислорода. Выде-

ление гематита после магнетита и широкое развитие в рудах ранних стадий минерализации процесса мартитизации (Каджаран, Агарак, Джиндара) указывает на превращение низших окислов в высшие и о временном усилении окислительного потенциала среды. В дальнейшем окислительный потенциал среды, по всей вероятности, понижается и начинается широкая пиритизация руд, пород и выпадение сульфидов железа—пирита, халькопирита и борнита. В этих условиях происходит восстановление  $Fe^{3+}$  до  $Fe^{2+}$ ; на это указывает также образование мушкетовита (псевдоморфное превращение гематита в магнетит).

В процессе рудообразования гидротермальные растворы все время выносили железо, однако наибольшее количество его приходится на кварц-магнетитовую, кварц-пиритовую и в особенности, кварц-халькопиритовую стадии минерализации. Кроме того, исследования показали, что при образовании сульфидов часть железа заимствуется из цветных минералов рудовмещающих пород.

В гипергенных условиях ионы железа совершают разнообразные и довольно сложные перемещения. При разрушении силикатов рудовмещающих пород двухвалентное железо, в зависимости от условий среды, в одном случае в виде бикарбоната переносится водами, а в другом—переходит в трехвалентное состояние и образует гидраты окиси железа. При окислении главных сульфидов медно-молибденовых месторождений (пирита, халькопирита, борнита) железо, заключенное в них, переходит в сульфат закиси, а затем сульфат окиси; последний легко гидролизуеться и образует гидраты окиси железа, которые являются конечным продуктом окисления сульфидов железа и других его природных соединений. Этими процессами можно объяснить широкое развитие различных лимонитов (гидрогетита, гетита, гидрогематита, турьита) в зоне окисления медно-молибденовых месторождений (Каджаран, Агарак, Анкаван и др.).

Кобальт встречается в рудах в виде изоморфной примеси в сульфидах железа и меди; иногда на отдельных месторождениях (Анкаван, Каджаран, Дастакерт) образует мельчайшие выделения собственных минералов—линнеита, зигенита, кобальтина, развитых в полях пирита, халькопирита, энаргита, теннантита. Химический состав кобальтовых минералов показывает, что кобальт тесно ассоциирует с железом, медью, никелем и мышьяком. Тесная связь отмеченных элементов объясняется близостью радиусов их ионов ( $Co^{2+}$ — $0,78\text{Å}$ ,  $Fe^{2+}$ — $0,80\text{Å}$ ,  $Ni^{2+}$ — $0,74\text{Å}$ ,  $Cu^{2+}$ — $0,80\text{Å}$ ,  $As^{3+}$ — $0,69\text{Å}$ ).

Многочисленными спектральными и отдельными химическими анализами установлено, что среди изученных медно-

молибденовых месторождений наиболее повышенными содержаниями кобальта характеризуются медно-мышьяковые и медные руды Анкавана. Содержание кобальта в этих рудах и их главных минералах колеблется в пределах от 0,03 до 0,1—0,3%. Главные рудообразующие сульфиды (халькопирит, пирит) Анкавана, Каджарана и Дастакерта содержат больше кобальта, чем те же сульфиды других месторождений.

Низкие содержания кобальта отмечаются в сфалеритах Дастакерта и Анкавана (0,001—0,003%; в галенитах Анкавана (0,001—0,003%) и в отдельных пробах молибденита (0,001%). Высокими содержаниями кобальта характеризуются энаргиты и теннантиты Анкавана (0,01—0,1—0,3%). Для главных сульфидов медно-молибденовых месторождений отмечается следующий возрастающий ряд по содержанию кобальта: молибденит-галенит-сфалерит-халькопирит-пирит. Распространенность кобальта в пиритах и халькопиритах обусловлена геохимическим сродством кобальта и железа; по-видимому, в силу близости физико-химических свойств,  $Co^{2+}$  в указанных минералах замещает  $Fe^{2+}$ .

В таблице 28 приводятся средние содержания кобальта и никеля в пиритах и халькопиритах медно-молибденовых месторождений по данным спектральных и химических анализов.

Таблица 28  
Содержание кобальта и никеля в пирите и халькопирите

Месторождения	Пирит			Халькопирит		
	Содерж. Co в %	Содерж. Ni в %	Отношение Co : Ni	Содерж. Co в %	Содерж. Ni в %	Отношение Co : Ni
Каджаран	0,045	0,0025	19 : 1	0,0080	0,0020	4 : 1
Агарак	0,010	0,0005	320 : 1	0,0060	0,0006	10 : 1
Джиндара	0,035	0,0020	19 : 1	0,0005	0,0005	1 : 1
Дастакерт	0,060	0,0010	60 : 1	0,0020	0,0006	3,3 : 1
Анкаван	0,050	0,0350	1,4 : 1	0,0500	0,0240	2 : 1

Изучение показывает, что в главнейших рудообразующих сульфидах (пирит, халькопирит) содержание кобальта от нескольких до десятков раз больше чем, никеля. Отношение Co : Ni особенно высоко в пиритах. В этом отношении некоторое исключение составляют пириты и халькопириты Анкавана, содержащие высокие концентрации кобальта и никеля, причем отношение Co : Ni составляет 1,5—2.

Медные и медно-молибденовые руды изученных месторождений характеризуются более повышенными содержаниями кобальта, чем никеля.

**Никель** имеет незначительное распространение в рудах и встречается, главным образом, в виде изоморфной примеси в сульфидах и сульфосолях железа, меди и редко на отдельных месторождениях (Анкаван, Каджаран) образует мельчайшие выделения собственных минералов—герсдорфита и зигенита, развитых в полях халькопирита, пирита, энаргита. Повышенные содержания никеля (0,01% и выше) отмечаются в медно-мышьяковых рудах, теннантите, энаргите Анкавана, в измененных породах района с. Личк и в отдельных пробах пирита, халькопирита Анкавана и Каджарана. Для главных сульфидов изученных месторождений отмечается следующий возрастающий ряд по содержанию никеля: молибденит-галенит-сфалерит-пирит-халькопирит. Наиболее высокими содержаниями никеля (0,1—0,3%) характеризуются пириты и халькопириты Анкавана. В рудах многих медно-молибденовых месторождений никель присутствует в нижекларковых содержаниях. Никель не характерен для руд медно-молибденовых месторождений.

**Медь** является широко распространенным элементом руд и имеет большое промышленное значение. Она представлена многочисленными самостоятельными гипогенными минералами: халькопиритом, борнитом, халькозином, энаргитом, люцитом, теннантитом, тетраэдритом, ковеллином, кубанитом, виттихенитом, эмплектитом, бурнонитом и айкинитом.

Интересно отметить то обстоятельство, что в рудных полях главнейших медно-молибденовых месторождений (Каджаран, Дастакерт и др.) в свежих интрузивных и эффузивных породах устанавливаются повышенные содержания меди (от 0,03 до 0,1—0,3%). Отмечается повсеместная зараженность медью в гранитоидах медно-молибденового пояса и, в особенности, Мегри-Ордубадского плутона.

В рудах медно-молибденовых месторождений среднее содержание меди колеблется в пределах от 0,5 до 1,0%. Главными медными минералами являются халькопирит и борнит, за счет которых происходит концентрация меди. Остальные сульфиды и сульфосоли меди имеют второстепенное значение.

С глубиной и по мере удаления от рудоконтролирующих структур и даек жильных порфиров содержание меди падает.

В процессе рудообразования, начиная от самых ранних стадий минерализации, медь все время выносилась гидротермальными растворами. Наиболее продуктивными в отношении концентрации меди являлись кварц-халькопиритовая и кварц-халькопирит-молибденитовая стадии минерализации.

Небольшие количества меди были вынесены также в кварц-карбонат-сфалерит-галенитовой и кварц-халцедон-теннаитит-энергитовой стадиях минерализации.

Спектральными и химическими анализами повышенные содержания меди устанавливаются во всех рудообразующих сульфидах и сульфосолях.

В гипергенных условиях, как известно, сульфиды меди окисляются и переходят в сульфат меди; последний, будучи легкорастворимым соединением, часто выносится грунтовыми водами за пределы месторождения. В зоне окисления в условиях карбонатно-щелочной среды сульфаты меди подвергаются гидролизу и, реагируя с бикарбонатными растворами, образуют карбонаты меди—малахит и азурит, имеющие широкое развитие во многих месторождениях. В зонах окисления медно-молибденовых месторождений редко встречаются водные сульфаты и силикаты меди. Гидроокислы железа обычно характеризуются повышенными и высокими содержаниями меди.

**Цинк** является широко распространенным элементом в рудах и на отдельных участках рудных полей; в кварц-карбонат-полиметаллических жилах и прожилках образует концентрации в виде минерала сфалерита. В незначительных количествах сфалерит встречается также в медных и медно-молибденовых рудах в тесной ассоциации с халькопиритом, борнитом, пиритом. Кроме того отмечается геохимическое сродство цинка со свинцом, медью и железом, которые образуют взаимные изоморфные примеси в соответствующих сульфидах.

Продукты отдельных стадий минерализации характеризуются различным содержанием цинка. В прожилках ранних стадий минерализации содержание цинка незначительное, в средних стадиях минерализации (кварц-халькопирит-молибденитовой, кварц-халькопиритовой) содержание цинка повышается и в более поздних полиметаллических прожилках доходит до своего максимума.

Сравнительно крупные концентрации цинка отмечаются в рудном поле Каджаранского месторождения (Аткиз, Центральный участок), где развиты мощные полиметаллические жилы, содержащие 5—10% цинка.

В большинстве молибденитов цинка не обнаружено, только в некоторых пробах отмечаются небольшие содержания цинка 0,01—0,03, редко 0,1%; высокими содержаниями цинка характеризуются халькопириты, галениты и пириты Каджарана и Дастакерта. В халькопиритах цинк встречается наиболее часто в содержаниях 0,03—0,1%. Богаты цинком халькопириты Каджарана, Дастакерта и Анкавана. Кроме

минеральной формы цинк, по-видимому, присутствует во многих сульфидах в виде изоморфной примеси.

В гипергенных условиях сульфид цинка окисляется и переходит в сульфат цинка; последний легко растворяется и обычно полностью выносится грунтовыми водами за пределы месторождения. Изредка в зонах окисления встречаются карбонат цинка—смитсонит (Каджаран, Дастакерт) и силикаты цинка—каламин и виллемит (Каджаран).

Цинк является характерным элементом для руд медно-молибденовых месторождений, однако крупных скоплений не образует и самостоятельного промышленного значения не имеет ввиду небольших размеров полиметаллических жил.

**Галлий** относится к группе элементов, имеющих широкое рассеяние в природе. К настоящему времени известен лишь один собственный минерал галлия—галлит, установленный на месторождении Тсумеб. Галлий обладает литофильными, халькофильными и сидерофильными свойствами. Исследованиями (В. В. Иванов, 1965) установлено, что литофильные свойства галлия на протяжении всего рудного процесса более сильно выражены, чем халькофильные, поэтому степень концентрации его в сульфидах обычно зависит от количества ассоциирующих с ними силикатов.

В рудовмещающих породах и рудах медно-молибденовых месторождений независимо от содержания меди и молибдена обычно отмечаются повышенные содержания галлия. Например, во всех пробах измененных ороговикованных пиритизированных порфиритов и брекчиевидных рудах Дастакерта установлен галлий в количестве 0,003—0,01%; в измененных оруденелых монцонитах, порфировидных гранитах, жильных порфирах и свежих породах монцонитовой интрузии Каджарана—0,003%; в оруденелых сиенито-гранитах Агарака—0,003—0,01%; в гранодиорит-порфирах и гранодиоритах Джиндары—0,003—0,01%; в кварцевых диоритах и жильных породах Анкавана—0,003%. Эти данные показывают, что галлий, главным образом, связан с алюмосиликатами (полевые шпаты, слюды и др.) изверженных пород, в которых он изоморфно замещает алюминий. В. М. Гольдшмидтом и К. Петерсом (1938) было доказано, что алюминий в природе всегда сопровождается галлием. Изоморфизм алюминия и галлия вполне возможен благодаря близости их ионных радиусов.

Изучение главных рудообразующих сульфидов медно-молибденовых месторождений Армении показало, что они в большинстве случаев не содержат галлий, или он устанавливается в нижнекларковых содержаниях. Только в отдельных пробах сфалерита (Анкаван, Каджаран), халькопирита

(Агарак, Джиндара) и энаргита (Анкаван) отмечаются повышенные содержания галлия в пределах 0,003—0,01 и редко 0,01—0,03% (сфалерит, энаргит).

В природе отмечается геохимическое сродство галлия, кроме алюминия и железа, также с цинком в силу большого сходства их атомных радиусов ( $Ga=1,38\text{\AA}$ ,  $Zn=1,37\text{\AA}$ ) и внутреннего строения атомов, имеющих одинаковые 18 электронных оболочек. Особенно широко связь галлия с цинком проявляется в восстановительных условиях в процессе образования сульфидных минералов, поэтому наиболее обогащенным галлием является именно сульфид цинка. Однако здесь следует отметить, что галлий весьма неравномерно распределяется в сфалеритах медно-молибденовых месторождений Армении, даже сфалериты одного месторождения резко отличаются по содержанию галлия. В большинстве проб сфалеритов Дастакерта, Каджарана и Айгедзора галлий не обнаружен, а в сфалеритах Анкавана он присутствует во всех проанализированных пробах в количестве 0,001—0,003%.

Касаясь вопроса формы вхождения галлия в сфалерите, можно считать, что более вероятен изоморфизм  $ZnS$  и  $Ga_2S_3$ , для которых Ханом и Франком (Hahn, Frank, 1955) экспериментально получена серия твердых растворов замещения.

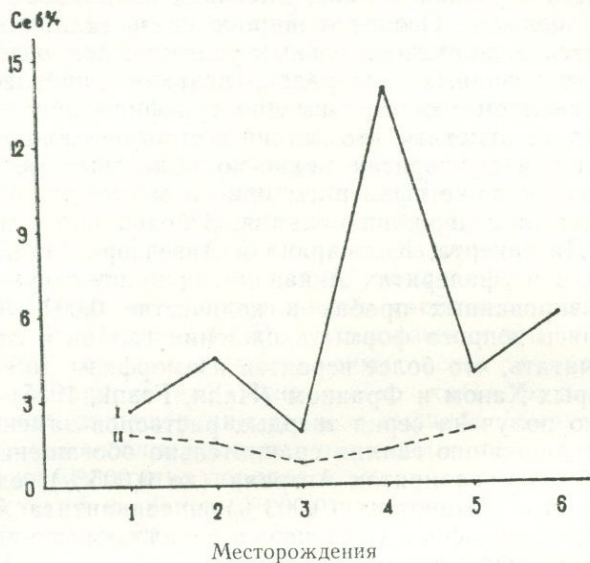
По содержанию галлия сравнительно обогащены отдельные пробы халькопиритов Агарака (до 0,005%), единичные пробы пирита Джиндара (0,003%) и теннангита Анкавана (0,003%). В сульфидных минералах галлием, по-видимому, замещается двухвалентное железо. Кроме того, Штрунцем (Strunz, 1958) предполагается изоморфизм между халькопиритом и галлитом, имеющими очень сходные кристаллические решетки.

В гипергенных условиях наиболее отчетливо проявляется связь галлия с алюминием и, отчасти, с трехвалентным железом. В частности, на это указывают результаты спектральных анализов, показывающие присутствие галлия в лимонитах, галлуазите и ярозите Каджарана и Анкавана (Е. А. Акопян, 1960).

**Германий** является широко рассеянным элементом в природе и собственные минералы образует редко. В различных процессах минералообразования поведение германия резко меняется в зависимости от условий среды; в одних процессах преобладают его литофильные свойства, а в других—сидерофильные или халькофильные. В гидротермальном процессе в средне-низкотемпературных условиях наиболее четко проявляются халькофильные свойства германия, чем и обусловлено присутствие его в виде изоморфной примеси в некоторых сульфидах и сульфосолях (тесная ассоциация с

мышьяком, медью, цинком, серебром, оловом) и образование собственных минералов (германита, реньерита, аргиродита и др.).

В рудах многих медно-молибденовых месторождений Армении (Анкаван, Агарак и др.) германий впервые выявлен и изучен автором.



Фиг. 42. Диаграмма средних содержаний германия в халькопиритах (I) и молибденитах (II), Каджарана (1), Агарака (2), Дастакерта (3), Анкавана (4), Джиндары (5) и Айгедзора (6).

Руды медно-молибденовых месторождений Армении в целом характеризуются низкими содержаниями германия.

Изучение главных рудообразующих сульфидов (молибденит, халькопирит, пирит) показывает, что в большинстве проб германий присутствует в пределах кларковых содержаний (0,0001—0,0002%), только в отдельных пробах халькопиритов поздних стадий минерализации—кварц-халькопиритовой, кварц-карбонат-сфалерит-галенитовой (Каджаран, Агарак и др.) германий присутствует в повышенных содержаниях в пределах от 0,0003—0,0007 до 0,001%. Наиболее повышенными содержаниями германия (от 0,0012 до 0,015%) характеризуются халькопириты кварц-халцедон-теннантит-энаргитовой стадии минерализации Анкавана.

Исследованиями установлено, что содержание германия в халькопиритах многих месторождений (Каджаран, Агарак,

Анкаван и др. увеличивается по ходу процесса рудообразования от ранних стадий минерализации к поздним, что, по-видимому, связано с развитием в полях халькопирита мельчайших выделений минералов мышьяка (энаргит, люцит, теннантит), являющихся главными носителями германия. На основании результатов химических анализов (табл. 21, 24) на фиг. 42 показаны средние содержания германия в халькопиритах и молибденитах медно-молибденовых месторождений. В халькопиритах содержание германия значительно выше, чем в молибденитах, причем наиболее повышенными содержаниями германия характеризуются халькопириты Анкавана, а самыми низкими—Дастакерта. В сфалеритах изученных месторождений германий, большей частью, обнаружен в кларковых содержаниях; только в отдельных пробах отмечаются повышенные содержания германия от 0,0003 до 0,0018%. По сравнению с Дастакертом и Анкаваном сфалериты Каджарана более обогащены германием (табл. 20).

Изучение разновидностей сфалеритов Каджарана показало, что содержания германия в рудах увеличиваются в ряду марматит-сфалерит-клеюфан (А. И. Карапетян).

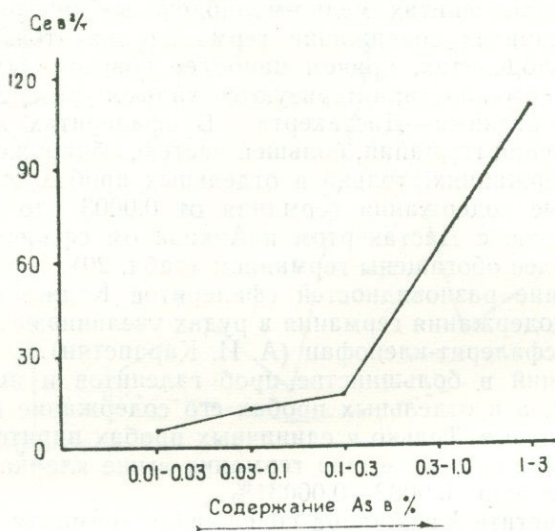
Германий в большинстве проб галенитов и пиритов не обнаружен, а в отдельных пробах его содержание не превышает кларковые. Только в единичных пробах пиритов и галенитов Анкавана содержания германия выше кларка и колеблются в пределах 0,0002—0,00034%.

В магнетите Каджарана содержания германия составляют 0,0003%, магнетите Анкавана—0,00034—0,00056, редко 0,003%; в гематите Анкавана—0,0005—0,003%, а в борните—0,0003—0,001%.

Наиболее высокое содержание германия установлено в энаргитах Анкавана, Дастакерта, Каджарана и теннантитах Анкавана. Очень высокие содержания германия в энаргитах и теннантитах обусловлены наличием мельчайших выделений аксессуарных минералов германия (реньерита, германита) в полях указанных сульфосолей. Однако в энаргитах и теннантитах германий, главным образом, присутствует в виде изоморфной примеси, что обусловлено близостью ионных радиусов четырехвалентного германия и пятивалентного мышьяка. Вышеприведенный материал дает основание выделить следующий возрастающий ряд минералов по содержанию германия: пирит-молибденит-галенит-сфалерит-халькопирит-теннантит-энаргит-реньерит-германит.

Изучение продуктов различных стадий минерализации Анкавана показывает, что в гидротермальном этапе рудообразования высокие концентрации германия приурочены именно к наиболее поздней медно-мышьяковой стадии мине-

рализации (фиг. 44); это обусловлено накоплением германия в виде примеси в минералах мышьяка, меди и наличием собственных минералов германия. Исследованиями автора и А. И. Карапетяна установлено, что в медно-мышьяковых рудах Анкавана с увеличением количества рудных минералов, в частности мышьяка и меди, повышается содержание

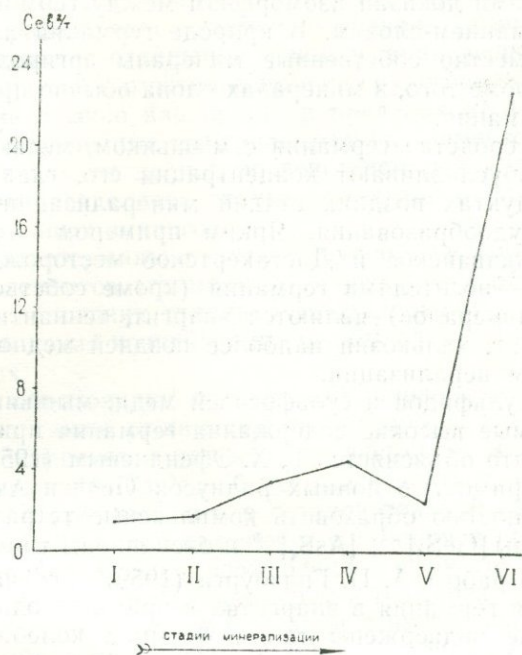


Фиг. 43. Корреляционная зависимость между содержаниями мышьяка и германия в медно-мышьяковых рудах Анкавана по данным 62 спектральных анализов.

германия. Наиболее четко выражена в рудах положительная корреляционная зависимость между мышьяком и германием (фиг. 43). Для штучных проб халькопиритового и халькопирит-энаргитового состава Каджарана А. С. Фарамазяном была отмечена положительная корреляционная зависимость между содержаниями мышьяка и германия. В рудах медно-молибденовых месторождений Армении германий тесно связан с мышьяком, отчасти медью и весьма слабо — с цинком и железом.

Геохимические свойства германия очень разнообразны и интересны в природных процессах: с одной стороны, четко проявлено сродство германия с кремнием, с другой — с мышьяком, железом, медью, цинком и тенденция, концентрироваться в гидротермальных сульфидных месторождениях в виде изоморфной примеси и собственных минералов.

По величине атомного радиуса довольно близко стоит к цинку, мышьяку, галлию и молибдену и, в меньшей мере,—к



Фиг. 44. Диаграмма изменения средних содержаний германия в рудах различных стадий минерализации гидротермального этапа рудообразования Анкавана. I—кварц-пиритовая; II—кварц-молибденитовая; III—кварц-халькопирит-молибденитовая; IV—кварц-халькопиритовая; V—кварц-сфалерит-галенитовая; VI—кварц-теннантит-энаргитовая.

кремнию, а по размеру ионного радиуса  $\text{Ge}^{2+}$  близко стоит к  $\text{Sn}^{4+}$ ,  $\text{Mo}^{4+}$ ,  $\text{As}^{3+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ , а  $\text{Ge}^{4+}$ , к  $\text{Si}^{4+}$  и  $\text{As}^{5+}$ . Сходство ионных радиусов отмеченных элементов обуславливает изоморфизм между ними. Этим самым объясняется накопление германия в сульфидах и сульфосолях мышьяка, меди, цинка, железа, олова, молибдена и в алюмосиликатах пород. Кристаллохимической близостью германия и кремния обусловлено повышение содержания германия в гранатах, слюдах, полевых шпатах и других силикатах. В скарновой зоне Анкаванского месторождения (Главный участок, Даль-

ний Дамир-магара) высокие и повышенные содержания германия приурочены к гранатам и эпидотам. Экспериментальными работами доказан изоморфизм между германием-кремнием и германием-оловом. В природе германий и олово образуют совместно собственные минералы аргиродит и канфильдит. Кроме того, в минералах олова обычно присутствует примесь германия.

Тесные сроства германия с мышьяком, медью, железом и цинком обуславливают концентрации его, главным образом, в продуктах поздних стадий минерализации гидротермального рудообразования. Ярким примером этого могут служить Анкаванское и Дастакертское месторождения, где минералами—носителями германия (кроме собственных германиевых минералов) являются энаргит, теннантит, халькопирит, борнит, халькозин наиболее поздней медно-мышьяковой стадии минерализации.

Среди сульфидов и сульфосолей меди, мышьяка, железа и цинка самые высокие содержания германия приурочены к энаргитам, что объясняется Г. Х. Эфендиевым (1957), во-первых, соизмеримостью ионных радиусов  $\text{Ge}^{4+}$  и  $\text{As}^{5+}$ , во-вторых, способностью образовать комплексные тетраэдрические сульфоанионы  $[\text{GeS}_4]^{-4}$ ,  $[\text{AsS}_4]^{-3}$  и оксианионы типа  $[\text{GeO}_4]^{-4}$ ,  $[\text{AsO}_4]^{-3}$ . В работе А. И. Гинзбурга (1959) отмечается, что «содержания германия в энаргитах в пределах одного месторождения не подвержены таким сильным колебаниям, как это имеет место в сфалерите». В связи с этим он считает, что возможно энаргит является «индикатором германиеносности» сульфидных месторождений и поэтому предлагает исследовать энаргиты всех месторождений с точки зрения германиеносности. Изучение энаргита, люционита и теннантита медно-молибденовых месторождений Армении (Анкаван, Дастакерт, Каджаран) показало, что именно они являются минералами наиболее обогащенными германием. Повышенными содержаниями германия характеризуются также халькопириты, борниты и, в меньшей степени, сфалериты и галениты. В гидротермальном процессе рудообразования обычно сфалерит (особенно низкотемпературные разновидности) является одним из благоприятных минералов для накопления германия. Однако в сфалеритах изученных месторождений повышенные содержания германия обнаруживаются в редких случаях. Низкие содержания германия установлены в пиритах и молибденитах.

Германий, будучи в природе рассеянным элементом, обнаруживает ограниченную способность к образованию собственных минералов. В значительной мере этому способствует также то, что он геохимически очень тесно связан с такими широко распространенными элементами как кремний

и железо, рассеивающими германий в решетках своих минералов.

Согласно А. И. Гинзбургу (1963), образование собственных минералов редких элементов становится возможным при определенном соотношении концентрации редкого элемента к концентрации его петрогенного или рудогенного аналога (это отношение обычно варьирует в пределах от 1:5 до 1:20), поэтому собственные минералы редких элементов образуются в тех случаях, когда под воздействием различных процессов происходит разделение редких элементов от их петрогенных или рудогенных аналогов.

В гидротермальном этапе рудообразования минералы редких элементов (германия, теллура и др.) образуются, как правило, в поздних стадиях минерализации, по-видимому, в силу повышения концентрации редких элементов в остаточных растворах.

При образовании германиевых минералов важное значение имеет также режим серы и кислорода, в зависимости от которых изменяется валентность элемента. В окислительной среде германий ( $Ge^{4+}$ ) будет рассеиваться благодаря его близости к кремнию, а в восстановительной среде он может накапливаться в двухвалентном состоянии и при благоприятных условиях кроме изоморфной примеси образовывать собственные минералы—реньеит и германит.

В медно-мышьяковой стадии минерализации Анкавана раньше образовались сульфиды и сульфосоли железа, меди, мышьяка, которые в силу своих кристаллохимических свойств весьма различно вбирали германий из растворов, в результате чего он неравномерно рассеян в решетках различных минералов. После этого, если в растворах остается германий, создаются условия для образования германита и реньеита.

Таким образом, как показали наши исследования, реньеит и германит в Анкаване образовались к концу медно-мышьяковой стадии минерализации, в средне-низкотемпературных условиях, в слабо кислой восстановительной обстановке из богатых медью, мышьяком, германием рудоносных растворов при карбонатном составе вмещающих пород.

По представлению А. И. Гинзбурга (1959), показателем концентрации германия в растворах может служить отношение  $Ge^{2+}$  к  $Fe^{2+}$ , поэтому для образования собственно германиевых минералов необходим или привнос большого количества германия, или же резкое уменьшение содержания  $Fe^{2+}$  в растворах.

Исходя из вышеизложенного, он приходит к выводу, что германиевые минералы могут образовываться в бедных железом месторождениях. А. С. Жукова (1964) считает, что

роль железа при процессах образования собственных минералов германия едва ли может являться существенной, так как помимо железа в этих процессах присутствуют мышьяк, медь, цинк, олово, которые легко могут замещаться германием.

А. И. Карапетян отмечает, что показателем концентрации германия в растворах может являться отношение  $\text{Ge}^{4+}$ ,  $\text{Ge}^{2+}$  к  $\text{Si}^{4+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$  и для образования собственных минералов германия первоначальная концентрация германия в растворах хотя и важна, но отнюдь не является решающей.

На наш взгляд, для образования германиевых минералов—реньерита и германита—самыми важными условиями являются наличие избытка германия в гидротермальных растворах, восстановительная среда минералообразования, карбонатный состав вмещающих пород и присутствие в растворах определенных концентраций меди, мышьяка и железа.

Наиболее типичными минералами-спутниками реньерита и германита на Анкаванском и Дастакертском месторождениях являются энаргит, борнит, теннантит, халькопирит, халькозин, самородное серебро и самородное золото. Этот комплекс элементов также очень характерен для крупнейшего мышьяково-медно-полиметаллического месторождения Тсумеб (Юго-Западная Африка), руды которого отличаются очень высокими концентрациями германия и наличием крупных выделений различных германиевых минералов.

В гипергенных условиях германий обладает способностью к миграции, что ярко выражено на Главном участке Анкаванского месторождения и в зонах окисления Каджарана и Агарака.

По данным многочисленных спектральных и химических анализов устанавливается, что только в единичных пробах окисленных руд и отдельных супергенных минералов (лимонит, малахит, скородит) обнаруживается германий, и то большей частью в нижекларковых содержаниях. В этом отношении исключения составляют отдельные пробы лимонитов (коллоидной структуры) из Главного участка Анкавана, где содержание германия колеблется от 0,001 до 0,01%. Повышенное содержание германия обнаружено также во вторичном минерале мышьяка—скородите (до 0,0005%).

Геохимия германия в зоне окисления медно-молибденовых месторождений Армении не изучена, если не считать некоторых результатов, полученных А. И. Карапетяном по Анкаванскому месторождению. Согласно его данным, в рудничных водах горных выработок (шт. 14, 32), где развиты медно-мышьяковые руды, установлено от 5 до 8,75 мкг/литр  $\text{Ge}^{4+}$ , а в тех выработках, где не вскрыты медно-мышьяковые руды, германий не обнаружен.

При окислении сульфидов и сульфосолей меди, железа и мышьяка, по всей вероятности, германий освобождается и в виде легкорастворимых соединений (возможно щелочных германатов) выносится за пределы рудного поля месторождения.

Таким образом, германий является характерным элементом в рудах медно-молибденовых месторождений, однако его повышенные концентрации связаны только с проявлением на месторождениях медно-мышьяковой и отчасти медной стадий минерализации. Руды промышленных кварц-молибденитовых и кварц-халькопирит-молибденитовых, а также полиметаллических стадий минерализации характеризуются в целом кларковыми содержаниями германия. При комплексной переработке руд германий, как попутный компонент, следует извлекать из медных концентратов медно-молибденовых месторождений Армении.

**Мышьяк** представляет широко распространенный элемент в рудах многих медно-молибденовых месторождений (Каджаран, Анкаван, Дастакерт и др.) и на отдельных участках рудных полей образует небольшие концентрации в виде собственных гипогенных минералов.

В ранних стадиях минерализации минералы мышьяка и изоморфная его примесь в других минералах не обнаруживаются. В средних стадиях минерализации появляются мельчайшие выделения минералов мышьяка (арсенопирит, энаргит, теннантит, люционит) в полях халькопирита, борнита, пирита и, редко, молибденита. В поздних стадиях минерализации наиболее широко проявляется мышьяк в полиметаллической и, в особенности, медно-мышьяковой стадиях минерализации в виде минералов энаргита, теннантита, люционита, реже арсенопирита и кобальтина, слагающие на отдельных месторождениях (Анкаван, Дастакерт) самостоятельные кварц-энаргит-теннантитовые прожилки.

Мышьяк, будучи типичным халькофильным элементом, наиболее тесно ассоциирует с медью, железом, германием. Тесная связь отмеченных элементов обусловлена близостью радиусов их ионов ( $As^{3+}$ ,  $As^{5+}$ ,  $Cu^{2+}$ ,  $Fe^{3+}$ ,  $Ge^{2+}$ ,  $Ge^{4+}$ ). Мышьяк, обладая средней химической активностью, в природных соединениях имеет следующие валентности:  $As^{5+}$ ,  $As^{3+}$ ,  $As^{3-}$  и редко  $As^{2+}$ .

Среди главных рудообразующих сульфидов наиболее высокие содержания мышьяка устанавливаются в халькопиритах Анкавана и Каджарана (0,03—0,3, редко до 1—3%), что обусловлено, главным образом, наличием мельчайших выделений энаргита, люционита и теннантита в полях халько-

пирита. В тех случаях, когда под микроскопом в полях халькопирита не были встречены выделения минералов мышьяка спектральными и химическими анализами в халькопиритах, мышьяк не обнаруживается или его содержание не превышает 0,01—0,03%. Спектральными анализами в большинстве проб халькопирита Агарака и Джиндары мышьяк не обнаружен. В отдельных пробах молибденитов, сфалеритов, пиритов и галенитов устанавливается мышьяк в пределах 0,01—0,03, редко 0,1%. Повышенные содержания мышьяка постоянно обнаруживаются в полиметаллических рудах Каджарана от 0,01 до 0,1%. Химическими анализами в штучных пробах этих руд установлен мышьяк—0,082—0,13%.

Наиболее обогащены мышьяком энаргит-теннантитовые руды Анкавана, где содержание его колеблется в пределах от десятых долей до целых процентов.

В зоне окисления медно-молибденовых месторождений гипогенные минералы мышьяка окисляются, разрушаются и мышьяк, большей частью, мигрирует в глубокие горизонты. В Анкаване в силу широкого развития гипогенных мышьяковых минералов в зоне окисления образуются водные арсенаты—скородит, лейкохальцит и фармакосидерит. Некоторые супергенные минералы (лимониты, малахит, ярозит и др.) зоны окисления Каджарана и Анкавана характеризуются повышенными содержаниями мышьяка.

Мышьяк является характерным элементом для руд медно-молибденовых месторождений, однако промышленного значения не имеет.

**Селен и теллур.** По своим химическим свойствам, условиям нахождения в природе и геохимическому поведению в процессах гидротермального рудообразования селен и теллур имеют много общих черт и поэтому ниже рассматриваются совместно.

В рудах медно-молибденовых месторождений Армении (Каджаран, Агарак, Дастакерт и др.) впервые селен и теллур были выявлены и изучены И. Г. Магакьяном и Г. О. Пиджяном, которые выдвинули медно-молибденовую формацию руд как наиболее интересную и перспективную в отношении концентрации селена и теллура. В дальнейшем, в работе Н. Д. Синдеевой (1959) освещены некоторые особенности поведения селена и теллура в рудообразующих минералах Каджарана, Дастакерта и Агарака. Детальные исследования по изучению закономерностей распределения селена и теллура в рудах Каджарана проводили А. С. Фарамазян и Р. Н. Зарьян.

Селен и теллур являются характерными примесями в рудах медно-молибденовых месторождений Армении и присутствуют даже в рядовых рудах в повышенных содержаниях

Весовые соотношения между селеном и теллуром для различных медно-молибденовых месторождений колеблются в пределах от 0,5 : 1 до 3 : 1. Наиболее повышенными содержаниями селена и теллура характеризуются руды Каджарана.

В рудах медно-молибденовых месторождений селен присутствует только в виде изоморфной примеси в решетках главных рудообразующих минералов. По-видимому, высокая концентрация серы и низкие содержания селена не благоприятствуют образованию собственных минералов селена, поэтому последний рассеивается в различных сульфидах и сульфосолях, изоморфно замещая в них серу.

В природе селен очень тесно связан с серой, теллуром и мышьяком, что обусловлено близостью геохимических и кристаллохимических свойств этих элементов. Из всех элементов наибольшее родство селен образует с серой, чем и характеризуется его поведение в процессах гидротермального минералообразования. В зависимости от количества серы изменяется и концентрация селена. Эти два элемента обладают способностью изоморфно замещать друг друга, при этом экспериментальными работами доказано, что изоморфизм  $S^{2-}$  и  $Se^{2-}$  имеет весьма большой диапазон, а в отдельных системах ( $PbS—PbSe$ ) имеет неограниченный характер.

В отличие от селена, теллур в медно-молибденовых рудах изученных месторождений присутствует как в виде изоморфной примеси, так и многочисленных собственных минералов: теллуровисмутита, тетрадимита, алтаита, гессита, петцита, самородного теллура, нагиагита, креннерита, калаверита, силванита и жозеита. До 1958 г. теллуриды не были известны в рудах медно-молибденовых месторождений Армении. Впервые мельчайшие их выделения были установлены в Каджаране, а в дальнейшем крупные выделения были обнаружены в Анкаване и Дастакерте. К настоящему времени почти во всех главных медно-молибденовых месторождениях Армении обнаружены мельчайшие выделения минералов теллура. Для выявления теллуридов важное значение имело применение более совершенных рудных микроскопов и других новейших методик диагностики минералов. Кроме микроскопических мелких выделений, теллуриды, по всей вероятности, также образуют дисперсно-тонкие вкрапленности в полях главных рудообразующих минералов, которые не обнаруживаются из-за низкой разрешающей способности применяемых микроскопов. Теллуриды выделяются, главным образом, в конечных стадиях минерализации гидротермального этапа рудообразования. Нередко выделение их начинается в средних стадиях минерализации и достигает максимума в полиметаллической (Каджаран) и, в особенности, медно-мышьяковой (Анкаван) стадиях минерализации.

Несмотря на то, что селен и теллур накапливаются в гидротермальных процессах, большей частью, в близких минеральных парагенезисах, они в то же время имеют ряд отличительных свойств в геохимическом поведении.

Теллур по своим кристаллохимическим свойствам довольно резко отличается от серы, чем и обусловлен весьма ограниченный изоморфизм между теллуrom и серой. В сернистой среде, при образовании сульфидов и сульфосолей, имеющийся в растворах теллур неохотно, с трудом входит в их структуры и стремится к образованию самостоятельных минералов. В отличие от серы, теллур не оказывает сильного влияния на геохимию селена. В минералах селена обнаруживаются низкие содержания теллура, а в теллуридах содержание селена колеблется в больших пределах—от следов до десятых долей процента. Селен и теллур в природе не образуют изоморфных рядов и очень редко дают общие соединения (селенистый теллур). Теллур геохимически теснее селена связан с золотом, висмутом, серебром и дает с ними многочисленные природные соединения; поэтому в золоторудных месторождениях трансильванского типа (Наггаг, Зод и др.) важное значение имеют теллур, висмут и небольшое—селен.

Изучение рудообразующих сульфидов медно-молибденовых месторождений показывает, что селен и теллур рассеяны во всех сульфидных компонентах руд. При этом их концентрации изменчивы не только для разных минералов, но и для различных стадий минерализации и генерации одного минерала. В сульфидах кварц-молибденитовой стадии минерализации Каджарана наиболее высокими содержаниями селена и теллура характеризуются молибдениты жильного типа, затем молибдениты прожилкового типа и далее—халькопириты и пириты. В минералах кварц-халькопирит-молибденитовой стадии минерализации высокие содержания селена и теллура приурочены к молибденитам, а не к халькопиритам; причем содержания селена и теллура повышаются по мере увеличения размеров чешуек молибденита. Самые высокие концентрации селена и теллура обнаруживаются в крупночешуйчатых разностях молибденитов. В рудообразующих сульфидах кварц-карбонат-полиметаллической стадии минерализации Каджарана содержание селена и теллура возрастает в следующем ряду: сфалерит-пирит-халькопирит-галенит. В главных рудообразующих сульфидах Агарака и Джиндары содержание селена увеличивается в ряду пирит-халькопирит-молибденит, а в отношении теллура халькопириты Джиндары более богаты, чем молибдениты, что объясняется наличием в их полях мельчайших выде-

лений теллуридов. В рудах Айгедзорского месторождения наиболее высокие содержания селена и теллура установлены в молибденитах.

В отличие от других медно-молибденовых месторождений в Дастакерте сравнительно высокие содержания селена приурочены не к молибденитам, а к халькопиритам, а теллура—к пиритам. В минералах полиметаллической стадии минерализации Дастакерта содержания селена и теллура увеличиваются в ряду сфалерит-халькопирит-пирит-галенит.

По данным А. С. Фарамазяна и Р. Н. Зарьяна (1964), содержание селена в халькопиритах Каджарана по мере развития гидротермальных процессов постепенно, с понижением температуры образования, повышается и достигает максимума в кварц-халькопирит-молибденитовой стадии минерализации; затем снова падает, а содержание теллура, в отличие от селена, постоянно возрастает от ранних генераций к поздним. По нашим исследованиям, содержание селена и теллура в халькопиритах Каджарана дает два максимума: селена—в кварц-халькопирит-молибденитовой и кварц-халькопиритовой стадиях минерализации, теллура—в кварц-халькопирит-молибденитовой, и резко выраженный максимум в кварц-сфалерит-галенитовой стадиях минерализации. В отношении поведения селена в молибденитах Каджарана вывод А. С. Фарамазяна и Р. Н. Зарьяна (1964) полностью подтверждается: содержание селена в молибденитах по ходу развития гидротермальных процессов повышается от высокотемпературных (ранних) стадий минерализации к среднетемпературным (средним), достигая максимума в кварц-халькопирит-молибденитовой стадии минерализации, а в поздних стадиях понижается. Содержание теллура в молибденитах дает два максимума: в кварц-пиритовой и кварц-молибденитовой стадиях минерализации, поэтому вывод А. С. Фарамазяна и Р. Н. Зарьяна о том, что содержание теллура в молибденитах повышается с уменьшением температуры образования, не подтверждается.

Нашими исследованиями устанавливается, что в рудообразующих сульфидах медно-молибденовых месторождений селен представлен высокими концентрациями в кварц-халькопирит-молибденитовой, кварц-молибденитовой, кварц-халькопиритовой и, в особенности, кварц-теннантит-энергитовой (Анкаван) стадиях минерализации, а теллур—в кварц-молибденитовой, кварц-халькопирит-молибденитовой и особенно в кварц-карбонат-сфалерит-галенитовой (Каджаран) и кварц-халцедон-теннантит-энергитовой (Анкаван) стадиях минерализации. Таким образом, в ходе рудообразующего процесса в концентрации селена и теллура отме-

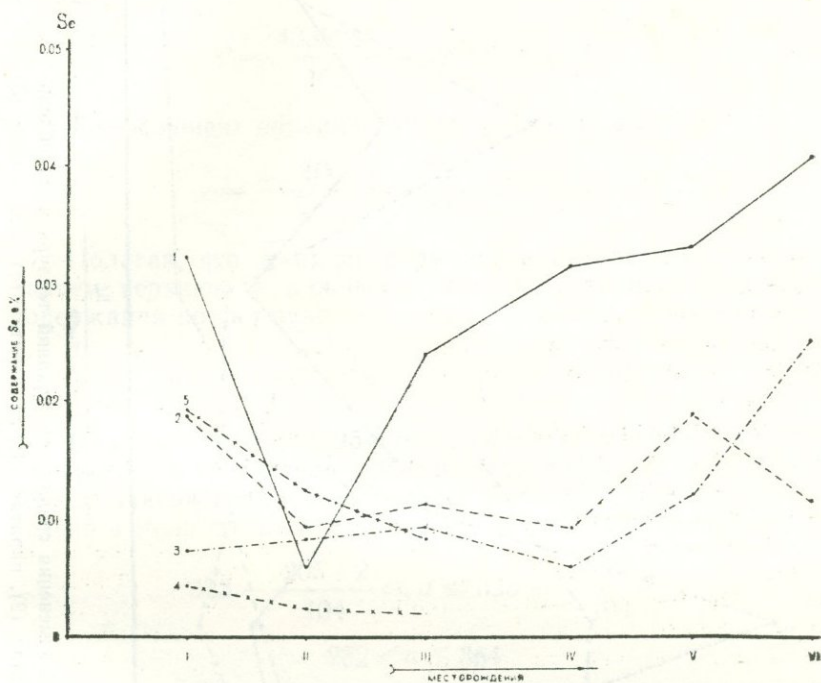
чаются два максимума: первый—в средних промышленных стадиях минерализации (кварц-халькопирит-молибденитовой, отчасти кварц-молибденитовой, кварц-халькопиритовой), и второй—в поздних стадиях минерализации (кварц-карбонат-сфалерит-галенитовой и кварц-халцедон-теннантит-энаргитовой).

Нами были подсчитаны средние содержания селена и теллура в главнейших рудообразующих сульфидах всех стадий минерализации и генераций изученных месторождений (табл. 19, 20, 21, 23, 24), в результате чего выяснилось, что наиболее высокими содержаниями селена характеризуются молибдениты Айгедзора (0,0408%), Каджарана (0,0323%), а очень низкими—Дастакерта (0,0056%). Сравнительно высокие содержания теллура отмечаются в молибденитах Анкавана (0,0081%) и Джиндары (0,0076%), а низкие—в молибденитах Дастакерта (0,0035%). Наиболее высокими концентрациями селена и теллура характеризуются халькопириты Каджарана, Джиндары, а низкими—Дастакерта и Анкавана. Повышенные содержания селена отмечаются в пиритах Айгедзора и Джиндары. Пириты Дастакерта содержат очень высокие содержания теллура, что объясняется наличием в их полях многочисленных мельчайших выделений теллуридов. В галенитах Каджарана содержания селена и теллура более высокие, чем в галенитах Дастакерта и Анкавана; причем поздняя генерация галенита, связанная с теллуридами, резко обогащена селеном и теллуrom.

На фиг. 45, 46 показаны изменения средних содержаний селена и теллура в главнейших рудообразующих сульфидах. Для большинства месторождений отмечается следующий возрастающий ряд по содержанию селена: сфалерит-пирит-халькопирит-галенит-молибденит. В этом отношении несколько другая картина в Дастакерте, где содержание селена возрастает в ряду сфалерит-молибденит-пирит-халькопирит-галенит. На каждом месторождении весьма различно проявляются теллуриды; в одних они преимущественно связаны с галенитом, в других—с халькопиритом и пиритом. В связи с этим резко изменяется содержание теллура в сульфидах, поэтому на отдельных месторождениях отмечается различная последовательность расположения сульфидов по содержанию теллура. Например, в Каджаране устанавливается следующий возрастающий ряд сульфидов по содержанию теллура: сфалерит-молибденит-пирит-халькопирит-галенит, а в Анкаване—халькопирит-сфалерит-пирит-молибденит-галенит.

В отдельных пробах молибденитов (Каджаран, Агарак), энаргитов, халькопиритов (Анкаван) и галенитов

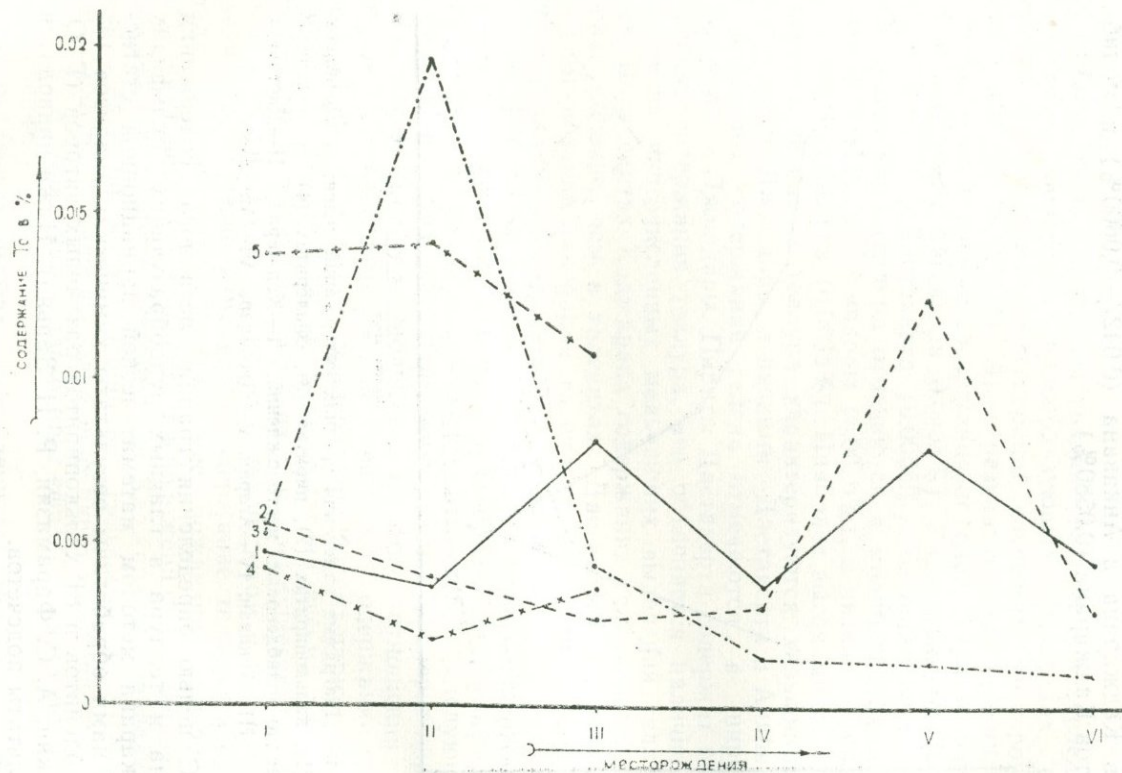
(Аткиз) обнаружены довольно высокие содержания селена—от 0,09 до 0,12%. Очень высокие содержания теллура установлены в отдельных пробах пиритов Дастакерта (0,2%), галенитов Каджарана (0,18%), халькопиритов Джиндары (0,068—0,0810%), энаргитов Анкавана (0,0720%), халькопиритов Каджарана и Анкавана (0,0427—0,0600%) и молибденитов Каджарана (0,0580%).



Фиг. 45. Диаграмма изменения средних содержаний селена в молибденидах (1), халькопиритах (2), пиритах (3), сфалеритах (4) и галенитах (5) медно-молибденовых месторождений. I—Каджаран, II—Дастакерт, III—Анкаван, IV—Агарак, V—Джиндара, VI—Айгедзор.

С целью определения границ истинного содержания селена и теллура в главных рудообразующих сульфидах Каджарана методом математической вариационной статистики нами обработаны результаты химических анализов 104 молибденитов и 81 халькопиритов различных авторов (Г. О. Пиджян, А. С. Фармазян, Р. Н. Зарьян). Ниже приводятся результаты подсчетов.

Дисперсия селена и теллура в молибденитах и халькопиритах определена по формуле:



Фиг. 46. Диаграмма изменения средних содержаний теллура в молибденитах (1), халькопиритах (2), пиритах (3), сфалеритах (4) и галенитах (5) медно-молибденовых месторождений. I—Қаджаран, II—Дастакерт, III—Анкаван, IV—Агарак, V—Джиндара, VI—Айгедзор.

$$s^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(x_i - \bar{x})^2}{n-1},$$

где  $x_i$ —частные содержания.

Среднеарифметическое содержание селена в молибдени-тах, по данным 104 химических анализов, составляет— $\bar{x}$ —323 г/т.

$$s^2 = \frac{4335084}{103} = 42087 \quad s = 205$$

Коэффициент вариации определяется по формуле

$$v = \frac{s \cdot 100}{\bar{x}} = \frac{205}{323} \cdot 100 = 63 \%$$

Полагая, что  $\bar{x}$  имеет нормальное распределение, опре-деляем верхнюю и нижнюю границы истинного среднего содержания по формуле:

$$p \left\{ \bar{x} - \frac{x \cdot S}{\sqrt{n}} \leq a \leq \bar{x} + \frac{xS}{\sqrt{n}} \right\} = 2\Phi(x)$$

Принимая  $2\Phi(x) = 0,954$ , определяем аргумент  $x = 2,0$  нор-мального распределения. Следовательно, почти достоверно можно утверждать, что истинное среднее содержание ( $a$ ) селена в молибденидах Каджарана находится в пределах

$$323 - \frac{205 \cdot 2}{104} \leq a \leq 323 + \frac{205 \cdot 2}{104}$$

$$282 \leq a \leq 364$$

Среднеарифметическое содержание теллура в молибде-нитах по данным 104 химических анализов составляет— $\bar{x}$ —46 г/т

$$s^2 = \frac{436624}{103} = 4239 \quad s = 65$$

$$v = \frac{s}{\bar{x}} \cdot 100 = \frac{65}{46} \cdot 100 = 119 \%$$

Истинное среднее содержание ( $a$ ) теллура в молибдени-тах Каджарана находится в пределах:

$$46 - \frac{2 \cdot 65}{104} \leq a \leq 46 + \frac{2 \cdot 65}{104}$$

$$33 \leq a \leq 59$$

Среднеарифметическое содержание селена в халькопиритах Каджарана по данным 81 химического анализа составляет  $\bar{X}$ —186 г/т.

$$s^2 = \frac{405224}{80} = 5065 \quad s = 71$$

$$v = \frac{S}{\bar{X}} \cdot 100 = \frac{71}{186} \cdot 100 = 38\%$$

Истинное среднее содержание ( $a$ ) селена в халькопиритах находится в пределах:

$$186 - \frac{71 \cdot 2}{81} \leq a \leq 186 + \frac{71 \cdot 2}{81}$$

$$186 - 16 \leq a \leq 186 + 16$$

$$170 \leq a \leq 202$$

Среднеарифметическое содержание теллура в халькопиритах Каджарана по данным 81 химического анализа составляет  $\bar{X}$ —54 г/т.

$$S^2 = \frac{478006}{80} = 5975 \quad s = 77$$

$$\text{Коэффициент вариации } v = \frac{s}{\bar{x}} \cdot 100 = \frac{77}{54} \cdot 100 = 142\%$$

Истинное среднее содержание ( $a$ ) теллура в халькопиритах находится в пределах:

$$54 - \frac{77 \cdot 2}{9} \leq a \leq 54 + \frac{77 \cdot 2}{9}$$

$$54 - 17 \leq a \leq 54 + 17$$

$$37 \leq a \leq 71$$

Изучение показывает, что теллур по сравнению с селеном имеет неравномерное распределение в молибденитах и халькопиритах Каджарана, поэтому для более точного определения среднего содержания теллура в рудообразующих сульфидах и рудах потребуется большее число химических анализов, чем на селен.

Обогащенные селеном и теллуrom минералы часто не определяют главную ценность руд в отношении указанных

элементов. Очень важное значение имеет наряду с содержанием примесей количество минерала-носителя редкого элемента в рудах. В медно-молибденовых месторождениях Армении, несмотря на то, что наиболее высокими содержаниями селена и теллура характеризуются молибдениты, энаргиты, пириты, галениты, крупные концентрации селена и теллура в рудах связаны с медными минералами и, в первую очередь, с халькопиритом. Поэтому наибольший практический интерес в отношении селена и теллура представляют медные руды, образованные в кварц-халькопирит-молибденитовой и кварц-халькопиритовой стадиях минерализации. В медных рудах Каджарана довольно отчетливо выражается геохимическое сродство между селеном-серой и селеном-медью. По данным Р. Н. Зарьяна, в рудах кварц-халькопиритовой стадии минерализации Каджарана коэффициент корреляции селен-сера составляет 0,57; а селен-медь несколько больше—0,75. В рудах кварц-молибденитовой стадии минерализации (по данным 75 химических анализов) отмечается положительная корреляционная зависимость между селеном и молибденом  $R(\text{Se}, \text{Mo})=0,71$ .

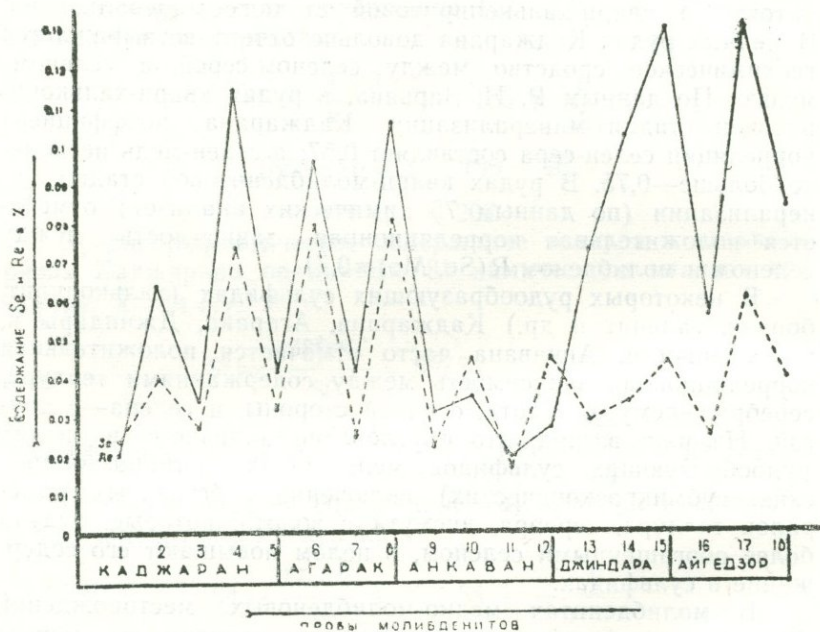
В некоторых рудообразующих сульфидах (халькопирит, борнит, галенит и др.) Каджарана, Агарака, Джиндары и, в особенности, Анкавана часто отмечается положительная корреляционная зависимость между содержаниями теллура, серебра, висмута, золота, с одной стороны, и селена—с другой. На наш взгляд, это обусловлено наличием в полях рудообразующих сульфидов мельчайших (микроскопических, субмикроскопических) включений собственных минералов теллура, серебра, висмута и золота, которые, будучи более обогащенными селеном, в целом повышают его содержание в сульфидах.

В молибденитах медно-молибденовых месторождений Армении отмечается корреляционная зависимость между содержаниями рения и селена. К этому выводу впервые пришли И. Г. Магакьян и Г. О. Пиджян при изучении молибденитов Каджарана, Агарака, Анкавана. В дальнейшем, о существовании в молибденитах связи между концентрациями рения и селена отмечается в работах Н. А. Хрушова, Б. В. Кругловой и др. (1960), А. С. Фарамазяна, К. А. Карамяна, (1962) и др.

На основании многочисленных химических анализов молибденитов Каджарана В. К. Могаровский (1963) математическими расчетами подтвердил наличие корреляционной зависимости между содержаниями рения и селена. Установление корреляционной связи позволяет, не имея химических анализов, определить содержания селена в молибденитах по

величине концентрации рения и, наоборот, рения по селену.

Нашими исследованиями устанавливается, что в отличие от других месторождений Армении в молибденитах Дастакерта не отмечается корреляционная зависимость между содержаниями рения и селена. Во многих пробах молибденитов, где имеются довольно высокие концентрации



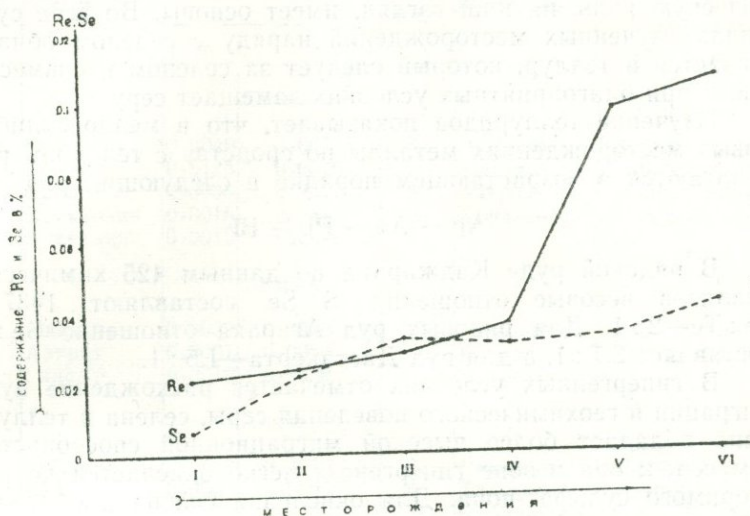
Фиг. 47. Корреляционная зависимость между содержаниями рения и селена в молибденитах Каджарана, Агарака, Джиндары и Айгедзора.

рения, селен. не обнаружен. Кроме того, часто содержания селена дают колебания в больших пределах и никак не согласуются с концентрациями рения.

На фиг. 47 показана зависимость содержания селена от содержания рения в молибденитах изученных месторождений. С увеличением концентрации рения повышаются и содержания селена. При этом в молибденитах Каджарана, Агарака и Анкавана содержания рения и селена примерно равны, поэтому отношение средних содержаний  $Re : Se$  соответствен-

но составляет: 0,92 : 1; 1,2 : 1; 1,03 : 1, а в Айгедзоре и Джиндаре—2,6 : 1 и 3 : 1, т. е. рения почти втрое больше, чем селена (фиг. 48).

Приведенный материал показывает, что в медно-молибденовых месторождениях Армении главные концентрации селе-

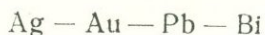


Фиг. 48. Распределение средних содержаний селена и рения в молибденитах Дастакерта (I), Анкавана (II), Каджарана (III), Агарака (IV), Джиндары (V) и Айгедзора (VI).

на приурочены к сульфидным рудам, при этом основными минералами-носителями селена являются халькопирит, молибденит, пирит и галенит. В гидротермальном этапе рудообразования селен все время находится вместе с серой, следует за ним как спутник и при кристаллизации сульфидов входит в их решетку, изоморфно замещая ионы серы различной валентности. Изоморфизм серы и селена общепризнан и доказан многочисленными экспериментальными работами, проведенными на системах  $PbS-PbSe$  (Earley, 1950, 1959; Н. Д. Синдеева и А. А. Годовиков, 1959). По данным В. А. Котовича, в медных ( $Cu_2S$  и  $Cu_2Se$ ) и серебряных ( $Ag_2S$  и  $Ag_2Se$ ) системах хотя изоморфизм серы и селена имеет ограниченный характер, тем не менее осуществляется в широких пределах, в результате чего в структуре сульфидов может входить до 20% селена. Именно широким изоморфизмом серы и селена объясняется отсутствие селенидов в рудах Каджарана, Агарака, Анкавана и других месторождений.

Изоморфизм между серой и теллуром будучи весьма ограниченным, все-таки существует, так как сульфидные соединения обычно содержат теллур в небольших количествах. Предположение В. В. Щербины (1937) о том, что при вхождении теллура в решетки сульфидов селен играет посредническую роль, на наш взгляд, имеет основы. Во всех сульфидных месторождениях наряду с селеном обнаруживается и теллур, который следует за селеном и совместно с ним при благоприятных условиях замещает серу.

Изучение теллуридов показывает, что в медно-молибденовых месторождениях металлы по сродству с теллуром располагаются в возрастающем порядке в следующий ряд:



В рядовой руде Каджарана по данным 425 химических анализов весовые отношения S:Se составляют 1437:1, Se:Te—2:1. Для рядовых руд Агарака отношение Se:Te составляет 2,7:1, а для руд Дастакерта—1,5:1.

В гипергенных условиях отмечается расхождение путей миграции и геохимического поведения серы, селена и теллура. Сера обладает более высокой миграционной способностью, чем селен; она в зоне гипергенеза легко окисляется до растворимого сульфат-иона. Для окисления селена и образования селенат-ионов необходим высокий окислительный потенциал среды. Расхождением путей миграции серы и селена обусловлены низкие содержания селена во вторичных сульфидных зонах окисления Каджарана, Агарака, Анкавана и сульфатах Агарака.

В таблице 29 приведены содержания селена и теллура в гипергенных минералах. При сравнении результатов анализов на селен и теллур супергенных минералов с гипогенными сульфидными наблюдаем довольно резкое понижение содержания теллура и, в особенности, селена в минералах зоны окисления. Изучение показывает, что в зоне гипергенеза теллур по сравнению с серой и селеном наименее подвижен, поэтому при окислении руд освобождающийся из сульфидов теллур остается в пределах зоны окисления. Содержание теллура в зоне окисления и в зоне сульфидных руд резко не изменяется.

Содержание селена в гипергенных минералах Каджарана, Агарака и Анкавана возрастает в следующей последовательности: хризоколл—азурит—гипс—малахит—лимонит—ковеллин—халькозин—борнит—повеллит—ярозит; а теллура—хризоколл—гипс—лимонит—ковеллин—азурит—повеллит—малахит—халькозин—борнит—ярозит.

Весовое отношение селена к теллuru для окисленных руд Каджарана составляет 1:1, а для Агарака 2:1.

Содержание селена и теллура в гипергенных минералах  
Каджарана, Агарака и Анкавана

Таблица 29

№№ п/п	Минералы	Содержание в %		№№ п/п	Минералы	Содержание в %	
		Se	Te			Se	Te
			Каджаран*				
1	Повеллит	0,0049	0,0014	6	Лимонит	0,0008	0,0001
2	Ярозит	0,0125	0,0020	7	Малахит	0,0005	0,0004
3	Борнит	0,0033	0,0017	8	Азурит	0,0004	0,0006
4	Халькозин	0,0016	следы	9	Хризоколла	не обн.	не обн.
5	Ковеллин	0,0012	следы				
			Агарак				
1	Малахит	0,0020	0,0055	4	Лимонит	0,0010	0,0030
2	Азурит	0,0007	0,0060	5	Борнит- халькозин	0,0022	0,0006
3	Гипс	0,0010	0,0030				
			Анкаван				
1	Малахит	0,0008	0,0012	3	Лимонит	0,0009	0,0005
2	Азурит	0,0003	0,0007	4	Халькозин (с халько- пиритом)	0,0140	0,0090

\* По Каджарану анализы заимствованы из работы А. С. Фарамазяна и Р. Н. Зарьяна (1964). Для повеллита и лимонита приведены средние содержания по 3 анализам, а для ярозита—среднее из 2 анализов.

В рудах медно-молибденовых месторождений Армянской ССР селен и теллур являются характерными элементами и представляют промышленный интерес как попутный компонент. При процессах флотации руд селен и теллур накапливаются в медных и молибденовых концентратах.

Наибольший практический интерес в отношении селена и теллура представляют медные концентраты, где накапливаются все медные минералы (халькопирит, борнит и др.) и часть пирита. Несмотря на то, что молибденовые концентраты содержат более высокие содержания селена и теллура, чем медные, они в количественном отношении резко уступают медным концентратам и из них можно извлекать лишь небольшую часть селена и теллура, имеющих в рудах. Таким образом, главная масса селена и теллура в рудах связана с медной минерализацией.

**Молибден** является очень характерным, преобладающим элементом в рудах и имеет большое промышленное значение.

В природных условиях молибден обладает очень большим сходством с серой и значительно меньшим с кислородом. В гипогенных рудах он представлен четырехвалентным сульфидным соединением—молибденитом, а в зоне окисления—шестивалентными кислородными соединениями—ферримолибдитом и повеллитом. Наиболее широко распространенным и главнейшим минералом молибдена является молибденит. В настоящее время вся добыча молибдена производится из молибденитовых руд.

В рудах медно-молибденовых месторождений Армении молибден, в основном, связан с медью и стчасти свинцом, цинком, мышьяком и, редко, вольфрамом. Содержание молибдена во многих интрузивных, жильных и отчасти эффузивных породах Памбак-Зангезурской структурно-металлогенической зоны в 2—3 раза больше кларка. В этом отношении особое место занимает Ордубадо-Мегринский плутон, где отмечается общая зараженность всех пород медью и молибденом.

Содержание молибдена в прожилково-вкрапленных рудах колеблется в пределах 0,04—0,08%, а в жильных—0,1—0,2%. В рудных полях месторождений содержание молибдена падает по мере удаления от рудоконтролирующих структур (дорудные разломы, дайки жильных пород). Разведочными работами установлено, что во многих месторождениях содержание молибдена с глубиной, в целом, выдерживается, а на отдельных рудных полях—повышается (Агарак и др.). Исследования показали, что небольшие количества молибдена выделяются в ранних и поздних стадиях минерализации, а максимальные—в средних стадиях минерализации.

Спектральными и химическими анализами примесь молибдена устанавливается в сульфидах, сульфосолях и в некоторых окислах и силикатах. На наш взгляд, присутствие молибдена во многих минералах связано, главным образом, с механической примесью молибденита (при микроскопических исследованиях встречены мельчайшие чешуйки молибденита в полях рудообразующих минералов) и только частично в форме рассеянного молибдена или субмикроскопических выделений молибденита.

Наиболее повышенными и высокими содержаниями молибдена характеризуются халькопириты (Каджаран, Дастакерт и др.) и пириты (Агарак, Анкаван). Незначительные содержания молибдена обнаружены в галенитах, сфалеритах и магнетитах.

В зоне окисления сульфид молибдена при определенных условиях окисляется и за счет его образуются ферримолибдит и повеллит; последние, являясь легкорастворимыми соединениями, выносятся грунтовыми водами за пределы место-

рождения. Повышенные и высокие содержания молибдена отмечаются в гидроокислах железа, которые имеют широкое развитие в зонах окисления Каджарана и Агарака. По-видимому, они обладают способностью адсорбировать молибден при окислении медно-молибденовых руд. Окисленные руды характеризуются низкими содержаниями молибдена, что указывает на миграцию молибдена из зоны окисления.

**Серебро и золото** в природе тесно связаны друг с другом и по условиям нахождения, геохимическому поведению имеют много общих черт.

По сравнению с золотом серебро более халькофильно и тесно ассоциирует с медью и свинцом; именно они образуют главную массу сульфосолей. Серебро характеризуется ионной формой распространения, поэтому в природе образует многочисленные минералы, а золото развито, главным образом, в самородном состоянии и очень редко представлено в виде других минеральных форм.

В гидротермальных процессах рудообразования, в зависимости от многих факторов, золото и серебро в одних случаях обладают ограниченным изоморфизмом, а в других — неограниченным. Последний четко проявляется при образовании теллуридов серебра и золота (гессит, петцит, креннерит, калаверит), в структурах которых они легко замещают друг друга.

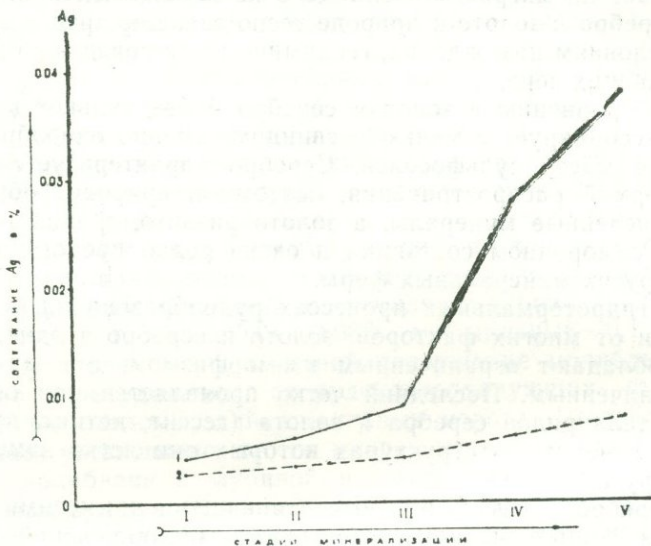
Серебро и золото являются типичными примесями в рудах изученных медно-молибденовых месторождений.

Весовые отношения золота к серебру для руд различных медно-молибденовых месторождений колеблются в пределах от 1 : 16 (в основном для медных руд) до 1 : 50 (для медно-молибденовых руд) и, в среднем, для руд промышленных месторождений составляет 1 : 35.

В рудах медно-молибденовых месторождений серебро и золото встречаются в виде изоморфных примесей (в решетках рудообразующих сульфидов), субмикроскопических самородных выделений и видимых под микроскопом самостоятельных минералов самородного золота, самородного серебра, аргентита, гессита, петцита, креннерита, калаверита, сивванита, нагиагита, электрума, штернбергита (?), полибазитпирсеита (?) Наибольшее количество минеральных видов серебра и золота установлено в рудах Анкавана и Каджарана.

Исследования показали, что обогащены золотом и серебром прожилки поздних стадий минерализации — кварц-карбонат-сфалерит галенитовой (Каджаран, Анкаван и др.) и, в особенности, кварц-халцедон-теннантит-энаргитовой (Анкаван), где и широко развиты минеральные виды золота и серебра.

В рудообразующих сульфидах концентрации золота и серебра изменчивы не только для разных минералов, но и для различных стадий минерализации и генераций одного минерала. В сульфидах кварц-карбонат-сфалерит-галенитовой стадии минерализации Каджарана наиболее высокие содержания серебра приурочены к галенитам, а низкие—к



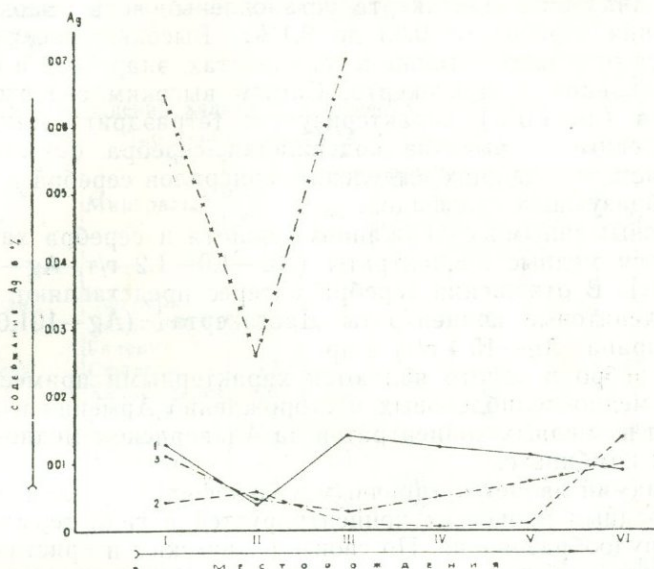
Фиг. 49. Диаграмма изменения средних содержаний серебра в халькопиритах (1) и пиритах (2) по стадиям минерализации Каджарана. I—кварц-молибденитовая, II—кварц-молибденит-халькопиритовая, III—кварц-пиритовая, IV—кварц-халькопиритовая, V—кварц-карбонат-сфалерит-галенитовая.

пиритам. Интересно то обстоятельство, что в сфалеритах несколько больше серебра, чем в халькопиритах. В сульфидах полиметаллической стадии минерализации Дастакерта содержание серебра возрастает в следующей последовательности: халькопирит-сфалерит-пирит-галенит. В целом по Дастакерту, содержание серебра возрастает в сульфидах в следующем ряду: молибденит-халькопирит-сфалерит-пирит-галенит. В рудообразующих сульфидах Анкавана высокие содержания серебра отмечаются в галените и борните, а золота—в борните и теннантите. На Джиндаринском месторождении повышенные содержания серебра отмечаются в халькопиритах (0,001—0,03%) и пиритах (0,001—0,01%).

Содержание серебра в халькопиритах Каджарана, Анкавана и пиритах Каджарана, по мере развития гидротермаль-

ных процессов, все время повышается и достигает своего максимума в поздних кварц-карбонат-сфалерит-галенитовой (фиг. 49) и кварц-халцедон-теннантит-энаргитовой стадиях минерализации.

Нами были подсчитаны средние содержания серебра в главных сульфидах всех стадий минерализации и генера-



Фиг. 50. Диаграмма изменения средних содержаний серебра в халькопиритах (1), пиритах (2), сфалеритах (3) и галенитах (4) медно-молибденовых месторождений. I—Каджаран, II—Дастакерт, III—Анкаван, IV—Агарак, V—Джиндара, VI—Айгедзор.

ций изученных месторождений (табл. 19, 20, 21, 23, 24), в результате чего выяснилось, что наиболее высокими содержаниями серебра характеризуются галениты Анкавана (0,0700%), Каджарана (0,0644%) и Дастакерта (0,0260%). Высокие концентрации серебра отмечаются в халькопиритах Анкавана, Агарака, Каджарана, а низкие—Дастакерта (0,0035%). Повышенные содержания серебра установлены в сфалеритах Каджарана, а низкие—Анкавана. За исключением Айгедзора и Дастакерта в пиритах всех других месторождений обнаружены низкие содержания серебра (от 0,0006—0,0035%). На фиг. 50 показаны изменения средних содержаний серебра в рудообразующих сульфидах медно-молибденовых месторождений. В сульфидах некоторых месторож-

дений (Каджаран, Анкаван) устанавливается следующий возрастающий ряд по содержанию серебра: молибденит-пирит-сфалерит-халькопирит-галенит. В Дастакерте и Айгедзоре в пиритах содержание серебра больше, чем в халькопиритах.

В отдельных пробах халькопиритов и галенитов Каджарана, Анкавана, Дастакерта установлены очень высокие содержания серебра от 0,03 до 0,1%. Высокие содержания серебра отмечаются также в теннанитах, энаргитах и борнитах Анкавана и Дастакерта. Самым высоким содержанием серебра (до 1,0%) характеризуется тетраэдрит Анкавана. Повышенные и высокие содержания серебра обусловлены наличием мельчайших выделений минералов серебра в полях рудообразующих сульфидов.

Повышенными содержаниями золота и серебра характеризуются медные концентраты (Au—1,0—1,2 г/т, Ag—30,0—39,4 г/т). В отношении серебра интерес представляют также молибденитовые концентраты Дастакерта (Ag—101,0 г/т), Каджарана (Ag—15,4 г/т) и др.

Серебро и золото являются характерными примесями в рудах медно-молибденовых месторождений Армении и извлекаются из медных концентратов на Алавердском медно-химическом комбинате.

**Кадмий** является типичным халькофильным элементом и в природных процессах концентрируется в гидротермальном этапе рудообразования. По своим физическим и кристаллохимическим свойствам он очень сходен с цинком и отчасти индием. По некоторым свойствам кадмий близок также к галлию, железу, свинцу, таллию и серебру. Среднее содержание кадмия в земной коре, по данным В. В. Иванова (1964), составляет  $1,1 \cdot 10^{-5}\%$  и отношение Zn : Cd (в среднем для земной коры) около 750.

В природе кадмий редко образует самостоятельные минералы (всего известно 6 кадмиевых минералов) и, большей частью, рассеивается в сфалерите, который с гриноцитом CdS образует изоморфный ряд. Геохимическое сродство цинка, кадмия и тенденции их к образованию с серой тетраэдрических структур обуславливает широкий изоморфизм этих элементов. Кроме сфалерита концентраторами кадмия являются также халькопирит, галенит, борнит и блеклые руды.

Руды медно-молибденовых месторождений Армении характеризуются невысокими содержаниями кадмия (десяти-тысячные и тысячные доли %). Несколько обогащены этим элементом (сотые и десятые доли %) руды, концентраты и минералы кварц-сфалерит-галенитовой стадии минерализации (Дастакерт, Каджаран и др.). Самые высокие содержания

кадмия установлены в сфалеритах Дастакерта (1—3%), Анкавана (до 1,0%) и Каджарана (0,3—1,0%). В довольно повышенных содержаниях (от 0,003 до 0,3%) кадмий обнаруживается также в отдельных пробах халькопирита, галенита, теннантита (Анкаван) и тетраэдрига (Каджаран). В полиметаллических рудах Дастакерта химическим анализом установлен кадмий—0,32—0,55%, а в сфалерите—1,1% (Г. О. Пиджян).

Таблица 30

Частота нахождения кадмия в минералах различных месторождений  
(по данным спектральных анализов)

Месторождения	Минералы	Кол-во анал.	Частота нахождения кадмия в %					
			не обн.	0,003-0,01	0,01-0,03	0,03-0,3	0,3-1	1-3
Каджаран	Сфалерит	10	—	—	—	60	40	—
	Халькопирит	32	82	6	12	—	—	—
	Галенит	6	—	—	83	17	—	—
Дастакерт	Сфалерит	12	—	—	—	16	48	36
	Халькопирит	16	50	6	44	—	—	—
	Галенит	4	—	—	50	50	—	—
Анкаван	Сфалерит	4	—	—	—	—	100	—
	Халькопирит	12	64	—	36	—	—	—
	Галенит	8	—	50	50	—	—	—
	Теннантит	7	28	56	16	—	—	—

Согласно данным таблицы 30 повышенными содержаниями кадмия характеризуются сульфиды Дастакертского месторождения. Обычно высокие концентрации кадмия приурочены к сфалеритам и, в особенности, к их полупрозрачным разновидностям (клеюфан). В медно-молибденовых месторождениях Армении сфалериты имеют ограниченное распространение, поэтому главным концентратом кадмия здесь являются халькопириты.

В медных концентратах Каджарана и Дастакерта содержание кадмия колеблется в пределах 30—50 г/т. Имея в виду большой объем переработки медных концентратов, можно попутно извлекать из них также кадмий.

В гипергенных условиях при разложении сульфидов, по всей вероятности, кадмий высвобождается из минералов-носителей и рудничными водами выносится за пределы зоны окисления месторождения. В частности, об этом свидетельствуют результаты спектральных анализов окисленных минералов (лимонит, малахит, азурит и др.) Каджарана, Агарака, Анкавана, не показавшие присутствия в них кадмия.

**Индий** является элементом широкого рассеяния в природе. Самостоятельные минералы индия: индит, джалиндит, сульфиндит меди и самородный индий были установлены только за последние годы (А. Д. Генкин, И. В. Муравьева, 1963; P. Picot, 1963; В. В. Иванов, 1963) и относятся к числу весьма редко встречающихся минералов. Основная масса индия в природе находится в виде изоморфной примеси в различных минералах.

По своим химическим и кристаллохимическим свойствам индий ближе всего стоит к цинку, олову, железу, меди, свинцу, кадмию и галлию. Ионный радиус  $\text{In}^{3+}$  близок к  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^{1+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$  и  $\text{Cd}^{2+}$ , а атомный радиус индия (1,57 Å) весьма близок к атомному радиусу олова (1,58 Å).

Наиболее высокие содержания индия связаны с сульфидами (станнин, сфалерит, халькопирит), имеющими тетраэдрическую координацию. По данным Андерсена (1959), индий изоморфно входит в сульфиды тетраэдрической структуры в виде  $\text{In}_2\text{S}_3$ . Экспериментальные исследования, произведенные в ИМГРЭ в системах  $\text{ZnS}-\text{InS}$  показали, что область изоморфизма лежит до состава  $\text{ZnS}$  80%,  $\text{InS}$  20% (В. В. Иванов, 1964).

В рудах изученных медно-молибденовых месторождений индий имеет весьма небольшое распространение (нижекларковые и кларковые содержания). Сравнительно обогащены индием руды, концентраты и главные сульфиды (сфалерит, галенит) кварц-карбонат-сфалерит-галенитовой стадии минерализации Дастакерта, Анкавана, Каджарана. Наиболее повышенные содержания индия обнаружены в сфалеритах Анкавана (0,003—0,01%), Дастакерта (0,001—0,003%) и Каджарана (0,001—0,003%). В одной пробе теннантита Анкавана установлен индий—0,001%. В Каджаране индий установлен в отдельных пробах галенита (0,001%), тетраэдрита (0,01—0,03%), халькопирита (0,0001—0,001%).

В связи с небольшим развитием сфалеритов в рудах медно-молибденовых месторождений Армении в количественном отношении большая часть индия связана с халькопиритом и при флотации руд накапливается в медных концентратах. В медном концентрате Каджарана содержание индия в среднем составляет 4 г/т.

В окисленных рудах и минералах Каджарана, Агарака и Анкавана индий не обнаружен.

Индий является нехарактерным элементом для руд медно-молибденовых месторождений.

**Олово** имеет весьма небольшое распространение в рудах медно-молибденовых месторождений. Самостоятельные мине-

Частота нахождения индия в сфалеритах различных месторождений

Месторождения	Количество анализов	Частота нахождения In в %			
		не обн.	до 0,001	0,001—0,003	0,003—0,01
Каджаран	10	20	60	20	—
Дастакерт	12	17	50	33	—
Анкаван	4	—	—	50	50

ралы олова встречаются очень редко в виде мельчайших выделений. Станнин (?) отмечен только в рудах Каджарана в полях халькопирита, а касситерит—в рудах Анкавана, в полях пирита.

Спектральными анализами повышенные содержания олова обнаружены в отдельных пробах халькопиритов Агарака (0,003—0,01%), Каджарана (0,001—0,01%), Дастакерта (0,001—0,003%), Анкавана и Джиндары (0,001%). В единичных пробах сфалеритов Анкавана содержание олова колеблется в пределах от 0,003 до 0,03%. В отдельных пробах сфалеритов Каджарана и Айгедзора также обнаружены повышенные содержания олова 0,001—0,003%. Среди медно-молибденовых месторождений Армении повышенными содержаниями олова характеризуются медные руды и халькопириты Агарака.

Олово—нехарактерный элемент в рудах изученных медно-молибденовых месторождений.

**Сурьма** имеет небольшое развитие в медно-молибденовых рудах изученных месторождений. Повышенными содержаниями сурьмы характеризуются руды и главные рудообразующие сульфиды кварц-карбонат-сфалерит-галенитовой и кварц-теннантит-енаргитовой стадий минерализации, где встречаются и самостоятельные минералы сурьмы—тетраэдрит, бурнонит в виде мельчайших выделений в полях галенита и, редко, халькопирита, сфалерита, теннантина. Макроскопически видимые прожилки тетраэдрита нами были встречены на Анкаванском месторождении.

Сурьма, будучи типичным халькофильным элементом, в природе тесно ассоциирует с мышьяком, висмутом, медью, серебром и свинцом. Она с  $\text{Cu}^{1+}$ ,  $\text{Ag}^{1+}$  и  $\text{Pb}^{2+}$  образует большое число сульфосолей.

Среди рудообразующих сульфидов наиболее высокие содержания сурьмы устанавливаются в галенитах от 0,01—0,1 до 0,3—1,0% (Анкаван, Каджаран, Дастакерт), теннантитах—0,03—0,3% (Анкаван), сфалеритах—0,01—0,1% (Каджаран, Анкаван), в отдельных пробах халькопирита и пирита.

та—0,003—0,03% (Каджаран, Анкаван). В отличие от других месторождений в пиритах Дастакерта обнаружены высокие содержания сурьмы (0,1—0,3%). Высокие содержания сурьмы в перечисленных сульфидах, большей частью, обусловлены наличием мельчайших выделений тетраэдрита и изредка бурнонита в их полях.

Сурьма является нехарактерным элементом для руд медно-молибденовых месторождений Армении.

**Вольфрам** имеет весьма небольшое распространение в рудах изученных медно-молибденовых месторождений. Из самостоятельных минералов вольфрама редко встречается шеелит (в шлихах, рудах), и то только на отдельных месторождениях (Каджаран, Анкаван, Кефашен). Сравнительно широко вольфрам развит в скарновых зонах Кефашен-Аджебаджа и района Анкавана (Главный участок—Дальний Дамир-Магара).

Спектральными анализами только в отдельных пробах руд Каджарана, Анкавана и Кефашена обнаруживается вольфрам—0,01—0,03%. Низкая чувствительность спектральных анализов не позволяет обнаружить в рудах и главных рудообразующих сульфидах вольфрам меньше 0,01%. В одной пробе халькопирита из Каджарана установлен вольфрам 0,01—0,03. По данным А. С. Фарамазяна, в тех пробах руд Каджарана, где отмечалось содержание вольфрама 0,01—0,03%, повторный спектральный анализ выделенной тяжелой фракции показал наличие вольфрама в количестве 0,1—0,3%. Этот факт указывает на обогащение тяжелой фракции вольфрамом в десять раз и на возможность присутствия в рудах мельчайших зернышек шеелита, за счет которого, по всей вероятности, повышается содержание вольфрама.

На Кефашенском месторождении на отдельных участках штолен были вскрыты руды с промышленным содержанием вольфрама. В шт. 1 на глубине от 8 до 17 м были вскрыты руды со средним содержанием вольфрама 0,1%. В штреке 1 на протяжении 9 м среднее содержание вольфрама составляет 0,1%. Несмотря на эти данные, в целом по шт. 1 среднее содержание вольфрама низкое—0,01%.

Вольфрам является нехарактерным элементом для руд главнейших медно-молибденовых месторождений Армении.

**Рений** является очень редким и малораспространенным элементом земной коры. К настоящему времени в природе известен только один собственный минерал рения—джезказганит (сульфид меди и рения) обнаруженный в медно-свинцовых рудах Джезказгана (Л. М. Вишневская, С. Ш. Зак, Е. М. Поплавко, 1961; Е. М. Поплавко и др., 1962). Рений обладает способностью вступать в реакции с различной

валентностью. Наиболее устойчивыми в природе являются те соединения рения, в которых он присутствует в четырех, шести и, в особенности, семивалентном состоянии.

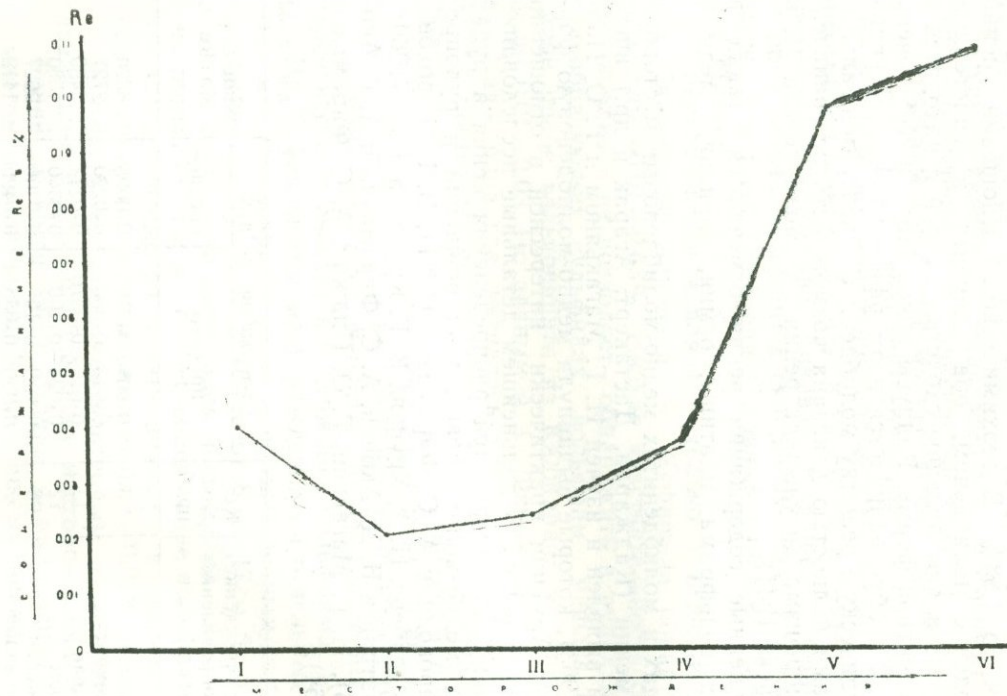
Рений установлен во многих минералах, однако среди минералов-носителей рения особое место занимает молибденит, к которому и приурочены наиболее высокие содержания рения до 1,88%. В геохимическом отношении рений очень сходен с молибденом; оба элемента в гипогенных условиях проявляют большое сходство с серой и находятся в четырехвалентной форме. Радиусы ионов  $Mo^{4+}$  и  $Re^{4+}$  очень близки, чем и обуславливается изоморфное вхождение рения в кристаллическую решетку молибденита. Экспериментальными работами полностью доказана возможность неограниченного изоморфизма дисульфида рения и молибденита (I. и W. Noddack, 1931).

Повышенные содержания рения отмечаются также в минералах вольфрама, платины, осмия, иридия, меди и железа.

В рудах и молибденитах медно-молибденовых месторождений Армении (Каджаран, Дастакерт, Агарак и др.) впервые рений выявлен и изучен И. Г. Магакьяном и Г. О. Пиджяном (1963), которые выдвинули медно-молибденовую формацию руд Армении практически интересной в отношении концентрации рения. В дальнейшем детальные исследования по изучению закономерностей распределения рения в рудах различных медно-молибденовых месторождений и рудопроявлений проводили А. С. Фарамазян (1961), В. Н. Горохова, Г. И. Гольденберг, Н. А. Хрущов, В. Г. Круглова и др. (1960); Н. С. Хачатрян и Б. Д. Акопян, А. С. Фарамазян и А. Г. Акопян (1963), И. Г. Магакьян, Г. О. Пиджян, А. С. Фарамазян (1963, 1964).

Таблица 32

№№ п/п	Месторождение, рудопоявление	Ко- лич. проб	Содержание Re в %		Отношение Mo:Re
			пределы	среднее	
1	Кефашен	3	0,008—0,0100	0,0095	6320
2	Дастакерт	8	0,013—0,030	0,0220	2727
3	Анкаван	13	0,017—0,0370	0,0244	2460
4	Агарак	12	0,024—0,100	0,0380	1580
5	Каджаран	96	0,019—0,165	0,0400	2027
6	Капутдзих	2	0,030—0,055	0,0425	1412
7	Джиндара	4	0,0827—0,1280	0,0971	618
8	Айгедзор	8	0,0472—0,1650	0,1075	558
9	Прошиберд	2	0,39—0,47	0,430	139
10	Элпин	1	0,45	0,450	133
11	Варденис	3	1,22—1,88	1,66	36



Фиг. 51. Диаграмма изменения средних содержаний рения в молибденитах медно-молибденовых месторождений. I—Каджарав, II—Дастакерт, III—Анканван, IV—Агарак, V—Джиндара, VI—Айгедзор.

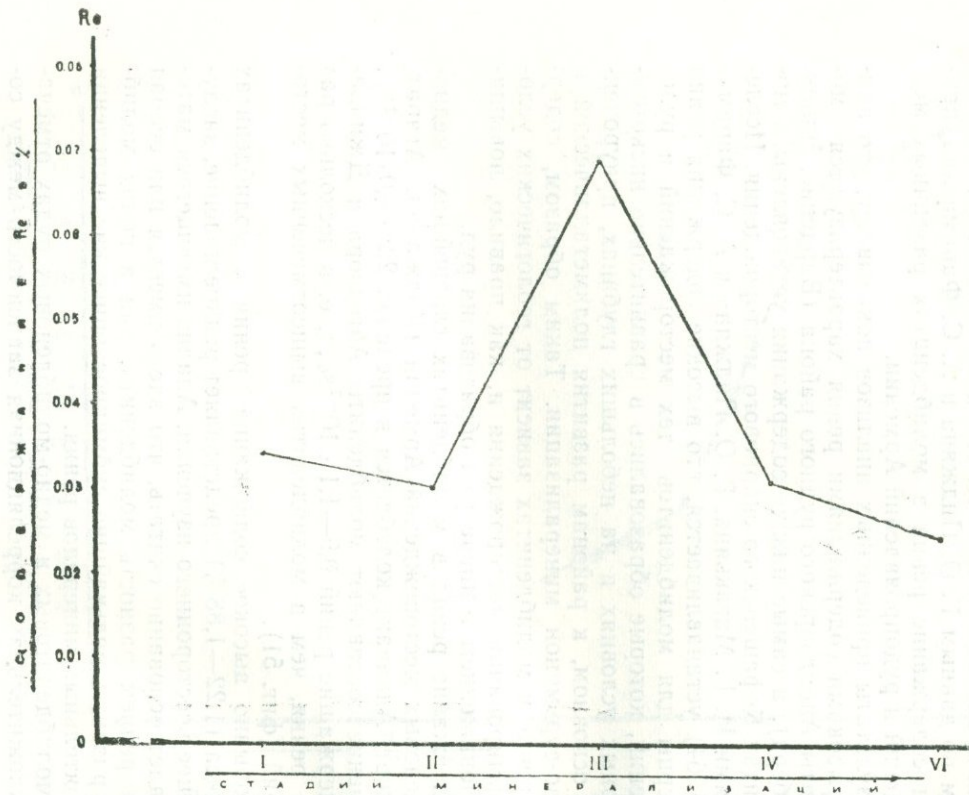
Повышенными содержаниями рения характеризуются руды Каджарана, Агарака, Дастакерта и Анкавана. Исследования показали, что в рудах главным минералом-носителем рения является молибденит; в других минералах примесь рения незначительна. Содержание рения в молибденитах различных месторождений и рудопроявлений колеблется в очень широких пределах—от 0,008 до 1,88%. В таблице 32, главным образом по данным Г. О. Пиджяна и А. С. Фарамазяна, приводится содержание рения в молибденитах различных месторождений и рудопроявлений Армении.

Результаты приведенных анализов показывают, что наиболее высокими содержаниями рения характеризуются молибдениты Айоцдзорского рудного района (Варденис, Элпин, Прошиберд), а самые низкие содержания установлены в молибденитах Кефашенского скарнового месторождения. Исследованиями И. Г. Магакьяна, Г. О. Пиджяна и А. С. Фарамазяна (1964) устанавливается, что высокие содержания рения характерны для молибденитов тех месторождений и рудопроявлений, которые образовались в сравнительно низкотемпературных условиях и на небольших глубинах, приуроченных, в основном, к районам развития полиметаллической и свинцово-сурьмяной минерализации. Таким образом, содержание рения в молибденитах зависит от геологических условий формирования месторождения и, как правило, повышается с понижением температуры образования руд.

Содержание рения в молибденитах главнейших медно-молибденовых месторождений Армении (Каджаран, Агарака, Дастакерт, Анкаван) колеблется в пределах  $2,2-4,0 \cdot 10^{-2}\%$ . Исключение составляют молибдениты Айгедзора и Джиндары, содержащие рений  $0,9-1,1 \cdot 10^{-1}\%$ , т. е. в несколько раз больше рения, чем в молибденитах вышеотмеченных месторождений (фиг. 51).

Необычно высокое содержание рения в молибденитах Вардениса ( $1,22-1,88\%$ ) представляет редкое явление, заслуживающее всестороннего изучения. Анализ имеющегося материала дает основание считать, что здесь имеется или особая богатая рением разность молибденита, или в полях молибденита развиты мельчайшие субмикроскопические выделения самостоятельных минералов рения.

В молибденитовых и медно-молибденовых рудах отмечается положительная корреляционная зависимость между содержаниями молибдена и рения. В этом отношении исключение составляют руды Варденисского месторождения, где в отдельных пробах содержание рения в несколько раз превышает молибден (А. С. Фарамазян, А. Г. Акопян, 1963). Эти данные также указывают на возможность обнаружения самостоятельных минералов рения в рудах Вардениса.



Фиг. 52. Диаграмма изменения средних содержаний рения в молибдитах по стадиям минерализации Каджаранского месторождения по данным 127 химических анализов. I—полевошпат-кварц-магнетитовая, II—кварц-молибденитовая, III—кварц-халькопирит-молибденитовая, IV—кварц-пиритовая, V—кварц-халькопиритовая.

Впервые автором было установлено, что крупночешуйчатые разности молибденитов характеризуются более высокими содержаниями рения, чем мелкочешуйчатые. В кварц-молибденитовой стадии минерализации Каджарана мелкочешуйчатые разности молибденитов содержат рений в среднем 0,022%, среднечешуйчатые—0,031%, а крупночешуйчатые—0,042%. В кварц-халькопирит-молибденитовой стадии минерализации мелкочешуйчатые разности молибденитов в среднем содержат рений—0,035%, среднечешуйчатые—0,059%, а крупночешуйчатые—0,103%. В кварц-молибденитовой стадии минерализации Агарака, Айгедзора и Анкавана мелкочешуйчатые разности молибденитов соответственно содержат рений в среднем 0,0356%, 0,0857% и 0,0205%, а крупночешуйчатые—0,0807%, 0,1570% и 0,0266%. Кроме того, молибдениты жильного типа оруденения содержат несколько больше рения, чем молибдениты прожилкового типа. Например, молибдениты жильного типа кварц-молибденитовой стадии минерализации Каджарана содержат рений в среднем—0,040% (из 12 проб), а прожилкового типа—0,032% (из 12 проб).

Детальное изучение рениеносности молибденитов различных стадий минерализации Каджаранского месторождения, проведенное А. С. Фарамазяном и автором, показало, что максимальные содержания рения приурочены к молибденитам средней кварц-халькопирит-молибденитовой стадии минерализации (0,07—0,08%), в то время как молибдениты ранних и заключительных стадий минерализации содержат сравнительно низкие концентрации рения (0,025—0,035%). На фиг. 52 приводится изменение средних содержаний рения в молибденитах по стадиям минерализации на основании 127 химических анализов.

Исследования рениеносности молибденитов Агарака, Анкавана и Дастакерта также показывают, что молибдениты кварц-халькопирит-молибденитовой стадии минерализации содержат в 1,5—2 раза больше рения, чем молибдениты более ранних кварц-молибденитовой (Агарак, Анкаван) и кварц-халькопиритовой (Дастакерт) стадий минерализации. В Айгедзоре, наоборот, молибдениты кварц-молибденитовой стадии минерализации (Центральный участок) содержат в 2,5 раза больше рения, чем молибдениты более ранней кварц-халькопирит-молибденитовой стадии минерализации (участок Марал-Зами).

Молибденит отлагается, главным образом, в кварц-молибденитовой (60—70%) и кварц-халькопирит-молибденитовой (до 20—30%) стадиях минерализации, поэтому руды именно этих стадий являются наиболее интересными в отношении концентрации рения.

Многочисленными исследованиями (С. М. Баситова,

1950, 1961; З. В. Студенникова, В. А. Золотарева, 1959; Н. А. Хрущов и др., 1960 и др.) установлено, что содержания рения в молибденитах зависят от генетического типа месторождения и закономерно повышаются от высокотемпературных молибденитов к среднетемпературным. Поэтому вывод И. и В. Ноддак (1935) о том, что высокотемпературные молибдениты пневматолитического происхождения должны быть более богаты рением, не подтверждается.

Изучение рениеносности молибденитов различных месторождений мира приводит исследователей к выводу, что кроме температуры рудообразования содержание рения в молибденитах зависит также от рениеносности интрузий, с которыми генетически связаны месторождения, и в целом от геохимической специфики провинции. Эти вопросы освещены в работах В. И. Бибикова и А. Д. Каленова (1956), А. С. Фарамазяна (1961), С. Т. Баситовой, Л. В. Годуновой (1962) и др.

Результаты 96 химических анализов молибденитов Каджарана нами были обработаны по методу математической вариационной статистики: были вычислены дисперсия (табл. 33), коэффициент вариации, а также нижняя и верхняя границы истинного содержания рения в молибденитах. Среднеарифметические содержания рения в молибденитах по данным 96 химических анализов составляют  $\bar{x} = 400$  г/т.

Таблица 33

Границы интервалов содержания рения в г/т	Число проб ( $n_i$ )	Среднее содержание Re в интервалах ( $x_i$ )	$x_i - \bar{x}$	$(x_i - \bar{x})^2$	$(x_i - \bar{x})^2 n_i$
100—200	7	194	-206	42436	297052
200—300	28	267	-133	17689	495292
300—400	28	339	-61	3721	104188
400—500	20	441	+41	1681	33620
500—600	1	530	+130	16900	16900
600—700	5	638	+238	56644	283220
700—800	1	740	+340	115600	115600
800—900	2	870	+470	220900	441800
1000—1100	1	1090	+690	476100	476100
1100	3	1333	+933	870489	2611467

Дисперсия определяется по следующей формуле:

$$s^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1} = \frac{4875239}{95} = 51318$$

$$s = 227$$

Для определения коэффициента вариации применяется следующая формула

$$v = \frac{s \cdot 100}{\bar{x}} = \frac{22700}{400} = 56,7$$

Полагая, что  $\bar{x}$  имеет приближенно нормальное распределение, вычисляем верхнюю и нижнюю границу истинного среднего содержания по формуле:

$$p \left\{ \bar{x} - \frac{x \cdot s}{\sqrt{n}} \leq a \leq \bar{x} + \frac{x \cdot s}{\sqrt{n}} \right\} = 2\phi(x)$$

Принимая  $2\phi(x) = 0,954$ , определяем аргумент  $X = 2,0$  нормального распределения. Следовательно, можно утверждать, что истинное среднее содержание рения ( $a$ ) в молибденитах Каджарана находится в пределах

$$400 - \frac{2 \cdot 227}{96} \leq a \leq 400 + \frac{2 \cdot 227}{96}$$

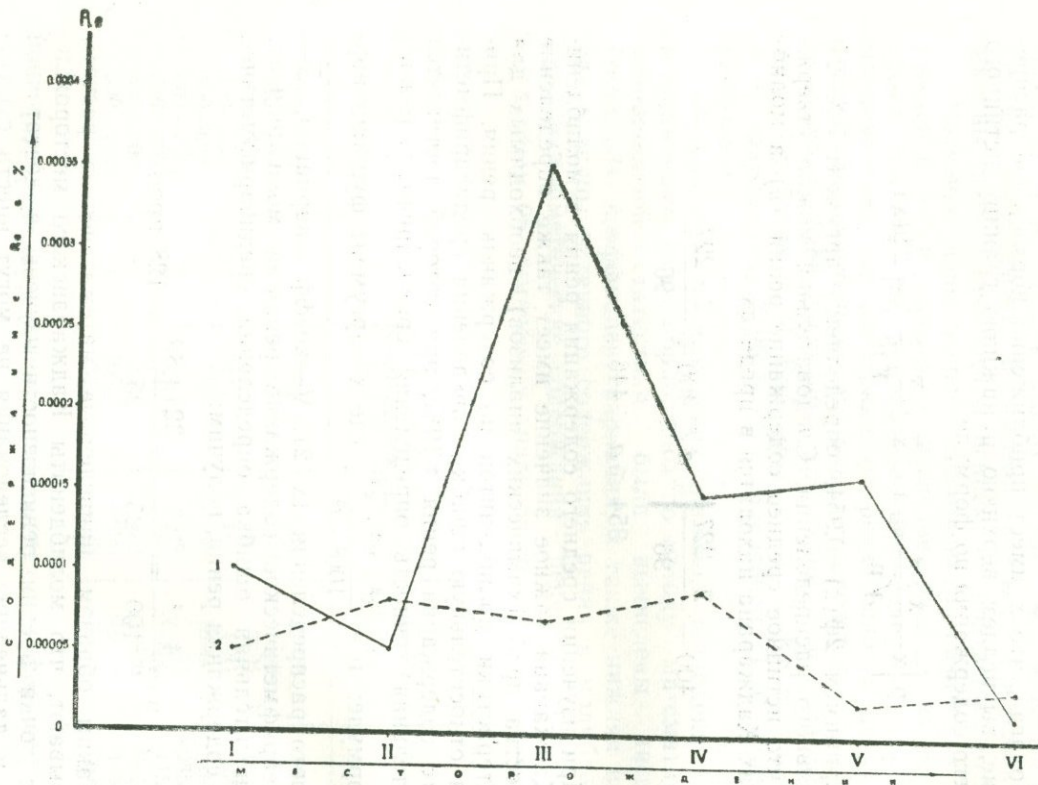
$$354 \leq a \leq 446$$

При изучении среднего содержания рения в молибденитах Каджарана важное значение имеет также определение количества проб (химических анализов), необходимых для характеристики молибденитов по содержанию рения. Принимая относительную ошибку определения среднеарифметического содержания рения  $\pm 10\%$ , при которой достигается значительная точность определения среднеарифметического по формуле:  $n = \frac{x^2 \cdot v^2 \cdot \bar{x}^2}{100^2 \cdot t^2}$ , где  $x$ —аргумент функции нормального распределения ( $x=2$ ),  $V$ —коэфф. вариации,  $\bar{x}$ —среднеарифметическое содержание рения в молибденитах;  $t$ —относительная ошибка определения среднеарифметического содержания рения, получим:

$$n = \frac{4 v^2}{100} = \frac{v^2}{25} = \frac{3214,89}{25} = 128 \text{ проб.}$$

Таким образом, приведенные математические расчеты показывают, что молибдениты Каджаранского месторождения с точки зрения рениеносности изучены в достаточной мере, и дальнейшие исследования не могут внести существенного изменения в оценку среднего содержания.

Кроме молибденита, незначительные примеси рения обнаружены также в халькопирите, пирите и других минералах (Г. О. Пиджян). Многочисленные химические анализы мономинеральных проб халькопирита и пирита различ-



Фиг. 53. Диаграмма изменения средних содержаний рения в халькопиритах (1) и пиритах (2) медно-молибденовых месторождений. I—Каджаран, II—Дастакерт, III—Анкаван, IV—Агарак, V—Джиндара, VI—Айгедзор.

ных медно-молибденовых месторождений (Каджаран, Агарак, Дастакерт и др.) показали, что содержания рения в них колеблются в пределах  $n \cdot 10^{-4}$ — $n \cdot 10^{-5}$ %. В некоторых пробах рений обнаружен и в тех случаях, когда молибден вовсе отсутствует. Эти данные дают основание считать, что минералом-носителем рения помимо молибденита являются и другие сульфиды, в частности, халькопирит и пирит. По сравнению с пиритами халькопириты более обогащены рением. Повышенные содержания рения отмечаются в халькопиритах Анкавана (3,5 г/т) и Джиндары (1,6 г/т), в пиритах Дастакерта (0,8 г/т) и Агарака (0,8 г/т). На фиг. 53 показан характер изменения средних содержаний рения в халькопиритах и пиритах изученных медно-молибденовых месторождений.

Таким образом, исследования показали, что большая часть рения в рудах связана с молибденом и между этими двумя металлами имеет место положительная корреляционная зависимость—с увеличением содержания молибдена возрастает и содержание рения; при этом отношение количества рения к молибдену колеблется в широких пределах.

В молибденитах медно-молибденовых месторождений Армении между содержаниями рения и селена, за исключением Дастакертского месторождения, имеется положительная корреляционная зависимость с отношением  $Re:Se$  в пределах 0,92—3,0. По-видимому, условия вхождения рения и селена в кристаллическую решетку молибденита, а также время выноса из очага главных их порций близки или одинаковы.

В гипергенных условиях рений окисляется до высшей валентности ( $Re^{7+}$ ) и образует легкорастворимые соли. В супергенных минералах молибдена—повеллите, ферримолибдите обычно обнаруживаются очень низкие содержания рения, поэтому отношение в них в десятки раз ниже, чем в молибдените. В зоне окисления пути миграции молибдена и рения расходятся. При окислении молибденита небольшая часть рения входит в состав супергенных минералов молибдена, а значительная часть выносится рудничными водами за пределы месторождения, вследствие чего в медно-молибденовых месторождениях Армении рудничные воды характеризуются повышенными содержаниями рения.

В рудах медно-молибденовых месторождений Армении рений является характерным элементом. В процессе флотации рений накапливается, главным образом, в молибденовых концентратах, из которых и следует в первую очередь организовать его извлечение.

**Таллий** является элементом широкого рассеяния, поэтому редко образует в природе соединения. К настоящему

времени известны всего пять собственных минералов таллия (лорандит, врбанит, гутчинсонит, круксит и авиценнит), которые относятся к числу очень редких минералов и промышленных скоплений не образуют.

Геохимически таллий ведет себя двойко: с одной стороны, он литофильный элемент и рассеян в калиевых алюмосиликатах, где замещает калий и рубидий, а с другой— халькофильный; причем наибольшие черты сходства он имеет со свинцом, серебром и цинком. В гипогенных условиях таллий обычно концентрируется в конечных стадиях кристаллизации в самых поздних стадиях гидротермального этапа рудообразования. Главная масса таллия в виде примеси рассеяна в силикатах пород и сульфидах руд.

В рудах и рудообразующих сульфидах изученных медно-молибденовых месторождений таллий имеет весьма незначительное распространение и зачастую не обнаруживается спектральными и химическими анализами. Повышенные содержания таллия отмечаются в отдельных пробах теннантита (0,003—0,01%) и халькопирита (0,001—0,003%) Анкаванского месторождения.

По данным Р. Н. Зарьяна, химическими анализами таллий установлен в отдельных пробах рудообразующих сульфидов Каджарана в следующих содержаниях: в галените—0,0009—0,0011%; халькопирите—0,0005—0,0007%; в пирите—не обн.—0,0003% и в сфалерите не обн.—0,0002%.

Исследования показывают, что сравнительно повышенные содержания таллия отмечаются в сульфидах поздних стадий минерализации—кварц-карбонат-сфалерит-галенитовой (Каджаран, Анкаван, Дастакерт) и, в особенности, кварц-халцедон-энаргит-теннантитовой (Анкаван).

Таллий нехарактерен для руд медно-молибденовых месторождений Армении.

**Свинец** является широко распространенным элементом в рудах медно-молибденовых месторождений Армении и на отдельных участках рудных полей Каджарана, Дастакерта образует концентрации в кварц-карбонат-полиметаллических жилах и прожилках в виде минерала галенита. Мельчайшие выделения галенита развиты также в медных и медно-молибденовых рудах в тесной ассоциации с халькопиритом, молибденитом, пиритом, борнитом и сфалеритом. В рудах месторождений редко встречаются также другие минералы свинца: бурнонит и алтаит (Каджаран, Дастакерт, Анкаван, Джиндара), галеновисмутит (Каджаран, Дастакерт), айкинит (Каджаран), козалит (Дастакерт), смитсонит и церуссит (Каджаран, Дастакерт).

Руды и рудообразующие сульфиды различных стадий минерализации резко отличаются содержанием свинца. В

прожилках ранних стадий минерализации содержание свинца незначительное (до 0,001%), в средней стадии содержание свинца несколько повышается (0,003—0,01%) и в более поздних полиметаллических прожилках доходит до своего максимума (целые проценты).

Сравнительно крупные концентрации свинца отмечаются в рудном поле Каджарана (Аткиз, Центральный участок), где развиты мощные (до нескольких метров) полиметаллические жилы, содержащие 2—3 и более процентов свинца.

В виде примеси свинец обнаруживается в различных рудообразующих сульфидах. Наиболее высокие содержания свинца установлены в сфалеритах Каджарана (1—3%), Дастакерта (1,0%), в халькопиритах Каджарана (0,003—0,1%), Дастакерта (0,001—0,1%), Джиндары (0,003—0,1%), где, по всей вероятности, присутствует в виде механической примеси в форме галенита в полях сфалерита и халькопирита.

Небольшие содержания свинца (0,001—0,01%) обнаружены во многих пробах молибденитов Каджарана, Агарака, Анкавана. В отличие от других месторождений, в молибденитах Дастакерта содержание свинца более высокое и колеблется в пределах 0,003—0,3%. В пиритах содержание свинца колеблется в широких пределах не обн.—0,01—0,03% и редко 0,1—0,3% (Дастакерт, Каджаран).

В гипергенных условиях галенит окисляется, разлагается и образуются труднорастворимые соединения свинца—англезит, церуссит и др., которые остаются в зоне окисления. В окисленных рудах и минералах зоны окисления Каджарана и Агарака свинец обнаруживается обычно в количестве 0,001—0,03%.

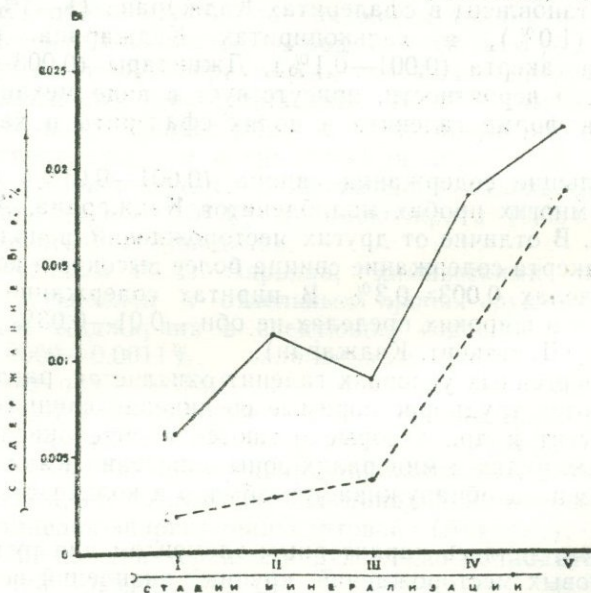
Свинец, являясь характерным элементом для руд медно-молибденовых месторождений, крупных скоплений все же не образует.

**Висмут** впервые выявлен и изучен в рудах медно-молибденовых месторождений Армении автором, который выдвинул медно-молибденовую формацию руд как перспективную и интересную в отношении концентрации висмута.

В рудах многих медно-молибденовых месторождений широко распространены висмутовые минералы (висмутин, витихенит, эмплектит, самородный висмут, теллуrowисмутит, тетрадимит, купровисмутит (?), галеновисмутит, козалит (?), айкинит (?), монтанит) в связи с чем главные рудообразующие сульфиды и рядовые руды характеризуются повышенными и высокими содержаниями висмута. Неприличие висмута в рудах нами связывается, в основном, с мельчайшими выделениями собственных минералов висмута (в полях сульфидов

и сульфосолей) и только отчасти изоморфной примеси в отдельных рудообразующих минералах.

Наибольшее количество минеральных видов висмута обнаружены в рудах Дастакерта, Каджарана и Анкавана, причем самые крупные выделения висмутита, виттихенита и эмплектита установлены в Дастакерте в полях халькопирита. Исследования показали, что обогащены висмутом прожилки средних и поздних стадий минерализации—кварц-халькопирит-молибденитовой (Дастакерт, Каджаран), кварц-халькопиритовой (Каджаран, Агарак, Айгедзор, Анкаван), кварц-карбонат-сфалерит-галенитовой (Анкаван, Каджаран,

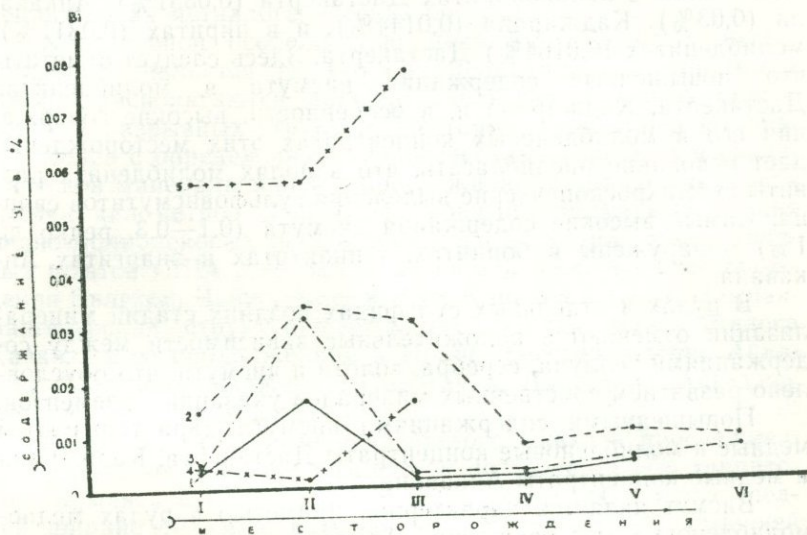


Фиг. 54. Диаграмма изменения средних содержаний висмута в халькопиритах (1) и пиритах (2) по стадиям минерализации Каджаранского месторождения. I—кварц-молибденитовая, II—кварц-халькопирит-молибденитовая, III—кварц-пиритовая, IV—кварц-халькопиритовая, V—кварц-сфалерит-галенитовая.

Дастакерт) и кварц-халцедон-теннантит-энаргитовой (Анкаван). Именно в указанных стадиях минерализации широко распространены собственные минералы висмута в тесной ассоциации с халькопиритом, борнитом, галенитом, пиритом, теннантитом, энаргитом и теллуридами. Среди минералов висмута наиболее развиты висмутин и виттихенит. На отдельных месторождениях часто встречаются эмплектит (Даста-

жерт, Анкаван, Айгедзор) и теллуриды висмута (Анкаван, Каджаран, Дастакерт).

В рудообразующих сульфидах содержание висмута изменяется не только для разных минералов, но и для различных стадий минерализации и генераций одного минерала. В сульфидах кварц-карбонат-сфалерит-галенитовой стадии минерализации Каджарана и Дастакерта наиболее высокие содер-



Фиг. 55. Диаграмма изменения средних содержаний висмута в молибденитах (1), халькопиритах (2), пиритах (3), сфалеритах (4), галенитах (5), медно-молибденовых месторождений. I—Каджаран, II—Дастакерт, III—Анкаван, IV—Агарак, V—Айгедзор, VI—Джиндара.

жания висмута приурочены к галенитам, а низкие—к сфалеритам, причем пириты Дастакерта по сравнению с халькопиритами и сфалеритами характеризуются более высокими содержаниями висмута. В главнейших рудообразующих сульфидах Каджарана и Анкавана содержание висмута возрастает в следующем ряду: молибденит-пирит-сфалерит-халькопирит-галенит (фиг. 55). В сульфидах Дастакерта отмечается следующий возрастающий ряд по содержанию висмута: сфалерит-молибденит-пирит-халькопирит-галенит, а в сульфидах Агарака, Джиндары и Айгедзора—молибденит-пирит-халькопирит (фиг. 55).

Содержание висмута в халькопиритах и пиритах Каджарана по мере развития гидротермальных процессов повышается и достигает своего максимума в кварц-карбонат-сфалерит-галенитовой стадии минерализации.

Нами были подсчитаны средние содержания висмута в главнейших рудообразующих сульфидах всех стадий минерализации изученных месторождений (табл. 19, 20, 21, 23, 24). В результате выяснилось, что наиболее высокими содержаниями висмута среди главных минералов характеризуются галениты Анкавана (0,0766%), Каджарана (0,0573%) и Дастакерта (0,0570%). Высокие концентрации висмута отмечаются также в халькопиритах Дастакерта (0,0331%), Анкавана (0,03%), Каджарана (0,0144%), и в пиритах (0,0311%), молибденитах (0,0164%) Дастакерта. Здесь следует отметить, что повышенные содержания висмута в молибденитах Дастакерта, Каджарана и, в особенности, высокие содержания его в молибденовых концентратах этих месторождений дает основание предполагать, что в полях молибденита развиты субмикроскопические выделения сульфовисмутитов свинца. Самые высокие содержания висмута (0,1—0,3, редко до 1%) обнаружены в борнитах, теннантитах и энаргитах Анкавана.

В рудах и отдельных сульфидах поздних стадий минерализации отмечаются положительные зависимости между содержаниями теллура, серебра, золота и висмута, что обусловлено развитием собственных минералов указанных элементов.

Повышенными содержаниями висмута характеризуются медные и молибденовые концентраты Дастакерта, Каджарана и медные концентраты Анкавана.

Висмут является характерной примесью в рудах медно-молибденовых месторождений Армении и должен извлекаться из медных и молибденовых концентратов.

## **VII. УСЛОВИЯ ОБРАЗОВАНИЯ И ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАЗМЕЩЕНИЯ МЕДНО-МОЛИБДЕНОВОГО ОРУДЕНЕНИЯ В АРМЯНСКОЙ ССР**

Изучением условий образования медно-молибденовых месторождений Армении в разное время и в течение многих лет занималась большая группа исследователей научно-исследовательских и производственных организаций. В результате проведенных работ был накоплен огромный фактический материал, обобщение которого И. Г. Магакьяном (1959), С. С. Мкртчяном (1958, 1960), И. Г. Магакьяном, С. С. Мкртчяном, Г. О. Пиджяном (1962) дало возможность выявить закономерности размещения медно-молибденового оруденения на территории Армянской ССР.

Ниже с дополнениями приводятся данные, полученные указанными исследователями.

Месторождения медно-молибденовых прожилково-вкрапленных руд, типичными представителями которых являются

все главнейшие медно-молибденовые месторождения Армении, относятся к широко распространенному типу и играют очень важную промышленную роль в мировой выплавке меди и молибдена. По И. Г. Магакьяну, для месторождений этого типа характерна тесная генетическая связь с умеренно кислыми гранитоидами средних этапов развития подвижных складчатых зон, ассоциация в рудах меди и молибдена и расположение в пределах меднорудных провинций (во внутренних зонах металлогенических поясов).

Характерной особенностью медно-молибденовых месторождений является то, что они проявляются группами и обычно располагаются линейно вдоль региональных складчатых и разрывных структур. Месторождения образуют рудные пояса с определенным геологическим строением и специфической минерализацией и прослеживаются на сотни, иногда тысячи километров. Наиболее яркими примерами таких медно-молибденовых поясов являются обширная зона западных штатов США с ее продолжением в Мексике (месторождения Бингхем, Чайно, Миами, Ахо, Кананеа и др.) и Памбак-Зангезурская структурно-металлогеническая зона Малого Кавказа с ее продолжением в Иране (месторождения Анкаван, Дастакерт, Каджаран, Парагачай, Джиндара, Айгедзор, Агарак, Сюнгюн, Мисхана и др.).

Медно-молибденовый пояс Малого Кавказа прослеживается с северо-запада на юго-восток почти через всю территорию Армянской ССР на протяжении более 300 км при средней ширине 40 км, охватывая частью соседние с Арменией территории. На западе и северо-западе пояс уходит под четвертичные лавы Карсской вулканической области (Турция), а на юге и юго-востоке переходит через р. Аракс в Иранский Карадаг. В пределах этого пояса к настоящему времени известны сотни месторождений и проявлений медно-молибденовых и молибденовых руд, причем наибольшее количество их и самые крупные (Каджаран, Агарак и др.) расположены на территории Армянской ССР.

За пределами медно-молибденового пояса известны лишь незначительные проявления молибденовой минерализации в Алаверди-Кафанской структурно-металлогенической зоне, залегающие в юрских вулканогенных образованиях (Дзорастан, Срашен) и в связи с гранитоидами предсенноманского (Техут) и эоценового (Агви, Спасакар и др.) возраста и Севано-Амассийской структурно-металлогенической зоне в связи с гранитоидами эоценового возраста (Дилижан—Головино, Гилют).

В структурном отношении медно-молибденовый пояс Армении представляет собой крупный Памбак-Зангезурский антиклинорий общекавказского простирання (СЗ—ЮВ), в

строении которого выделяются два главных яруса—нижний, сложенный метаморфическими и вулканогенно-осадочными породами палеозоя и верхний, представленный вулканогенной толщей эоцена. Оба яруса этой структуры прорваны умеренно-кислыми гранитоидами, образующими массивы площадью от нескольких квадратных километров до 1000 км<sup>2</sup> (Мегри-Ордубадский плутон).

Ось антиклинория ундулирует по простиранию структуры, в связи с чем в местах ее вздымания и более глубокого среза (Зангезур, Памбак) обнажаются породы нижнего яруса (докембрий—нижний палеозой, верхний девон) и интрузивные массивы гранитоидного состава, а в местах погружения структуры (Айоцзорский и Баргушатский рудные районы) широко развита вулканогенная толща эоцена, прорванная небольшими штоками гранитоидов. Отмечается определенная вертикальная зональность в распределении металлов: нижние горизонты обогащены молибденом, медью, а верхние—цинком и свинцом; поэтому в глубоко размытых участках преобладает медно-молибденовое оруденение с подчиненной ролью полиметаллов, а в слабо размытых участках широко развито полиметаллическое оруденение при подчиненной роли меди и молибдена. В связи с этим области погружения структуры и полиметаллического оруденения (Айоцзор, Сисиан) рассматриваются И. Г. Магакьяном, С. С. Мкртчяном, Г. О. Пиджяном (1962) как перспективные в отношении медно-молибденового оруденения. Определенный интерес в отношении перспектив молибденового оруденения представляют также обширные участки, расположенные между рудными районами медно-молибденового пояса, покрытые лавами четвертичных андезитов-базальтов; последние создают ложное впечатление о прерывистости рудного пояса.

В глубоких ущельях рек (Варденис, Каялу-Гегарчин и др.) из-под покрова лав обнажаются более древние толщи, характеризующиеся гидротермальным изменением и минерализацией меди и молибдена.

Пространственно и генетически медно-молибденовое оруденение тесно связано с гранитоидами верхнего эоцена—нижнего миоцена Памбак-Зангезурского антиклинория и, в особенности, с порфириовидными гранодиоритами и гранитами третьей, самой молодой фазы внедрения, абсолютный возраст которых составляет 23—24 млн. лет.

По мнению Р. Х. Гукасяна и Б. М. Меликсетяна (1965), медно-молибденовые месторождения Южной Армении относятся к двум различным возрастным группам: верхнеэоценовой и нижнемиоценовой, отличающимся друг от друга различием стадийности развития, характера, размеров минерализации, минералого-геохимических особенностей руд, гидротер-

мально измененных пород, рудоконтролирующих структур и т. д. К первой группе месторождений они относят Агаракское и Дастакертское, ко второй—Каджаранское и Джиндаринское. На наш взгляд, данные по абсолютному возрасту интрузивных пород весьма недостаточны для такого вывода, а приведенные отличительные особенности верхнеэоценовых и нижнемиоценовых месторождений не соответствуют действительности (указанные авторы этими вопросами не занимались). Главнейшие медно-молибденовые месторождения Армении, хотя и каждый в отдельности имеет свои специфические особенности, тем не менее все они в целом очень близки друг к другу как по условиям образования, характеру минерализации, стадийностью развития процесса рудообразования, минералого-геохимическим особенностям руд, так и по возрасту (нижний миоцен).

В последние годы автором и А. Г. Акопяном в Айоцдзорском рудном районе выделяется своеобразная молибденовая минерализация (Варденис, Элпин), по всей вероятности, генетически связанная с субвулканическими лакколитообразными интрузиями дацитов миоплиоценового возраста (образующие часто пластообразные тела в вулканогенных и вулканогенно-осадочных образованиях миоплиоцена). Геологическая обстановка Вардениса и Элпина и результаты минералого-геохимических исследований показывают, что молибденовая минерализация проявилась здесь в приповерхностных, низкотемпературных условиях и по характеру оруденения, парагенетической ассоциации минералов и геохимическим особенностям руд (ничтожной роли меди и исключительно высокому содержанию рения) резко отличается от медно-молибденовых месторождений пояса. Молибденовая минерализация, связанная с интрузиями дацитов, весьма слабо изучена и перспективы ее неясны. На наш взгляд, следует произвести широкие комплексные поисково-съемочные работы в районах развития субвулканических интрузий дацитов с целью выявления участков с интенсивной молибденовой минерализацией.

Медно-молибденовые месторождения Армении располагаются среди интрузивных пород гранитоидного состава (Каджаран, Агарак, Анкаван, Джиндара и др.), местами в породах кровли (Дастакерт) и скарнах экзоконтакта (Анкаван, Кефашен и др.).

Среди факторов, благоприятствующих локализации оруденения, важнейшим является структурный фактор. Крупные концентрации медно-молибденовых руд контролируются разломами, зонами дробления и брекчирования, вдоль которых имеют место гидротермальные изменения пород (окварцева-

ние, серицитизация, пиритизация, хлоритизация, и другие типы изменения). Нередко наблюдается прямая зависимость интенсивности медно-молибденового оруденения от степени дробления пород. Сильно раздробленные, перетертые, брекчированные порфириты, гранодиориты Дастакерта и монцититы Каджарана являлись наиболее благоприятной средой для локализации оруденения. Господствующее направление рудоносных структур северо-западное, близширотное, редко северо-восточное. Обычно оруденение концентрируется не в самих разломах, а в сопряженных с ними структурах северо-восточного, юго-восточного и широтного простираания.

В процессе рудообразования очень важную контролирующую роль играли также дайки, которые часто служили путями для циркуляции гидротермальных растворов. Вдоль даек жильных порфиров местами вытягиваются зоны с промышленным медно-молибденовым оруденением (Каджаран).

В рудных полях медно-молибденовых месторождений наиболее широко развитым и промышленно важным является прожилково-вкрапленный тип минерализации (Каджаран, Агарак, Джиндара и др.), который представлен мелкой вкрапленностью и густой сетью прожилков кварц-сульфидного и кварц-карбонат-сульфидного состава среди раздробленных, измененных пород.

Изучение показывает, что прожилковый тип обычно превалирует над вкрапленным типом, поэтому в промышленных медно-молибденовых рудах преобладают прожилковые текстуры. Мощность прожилков разная и колеблется от долей миллиметра до нескольких сантиметров. В прожилках соотношение меди и молибдена колеблется в широких пределах.

Жильный тип оруденения имеет небольшое развитие и резко подчиненное значение по отношению к прожилково-вкрапленному типу. На отдельных месторождениях (Каджаран, Айгедзор, Капутджих) жильный тип образует самостоятельные рудные тела, прослеженные по простираанию на сотни метров при мощности 0,5—1 до 6 м (целая система кварц-молибденитовых жил), представляющие определенный промышленный интерес.

Большой интерес представляют брекчиевидные руды Дастакерта, которые по текстуре, структуре и по богатству оруденения молибдена не имеют себе подобных. Брекчиевидные руды развиты вдоль зон дробления среди порфиритов и роговиков, в которых обломки породы сцементированы молибденитом и халькопиритом. В зонах дробления Каджарана, Агарака, Анкавана также встречаются руды, характеризующиеся брекчиевидной текстурой.

Главным генетическим типом медно-молибденовых и молибденовых месторождений Армении является гидротермальный высоко-среднетемпературный тип, к которому относятся все основные месторождения, обладающие значительными запасами меди и молибдена: Каджаран, Агарак, Анкаван, Дастакерт, Джиндара, Айгедзор и др. Небольшое значение имеют скарновые (Анкаван, Кефашен, Ньюади, Мичи-мат) и пегматитовые (Калер, Мюльк и др.) месторождения и проявления молибдена в ассоциации с медью. В скарновом типе молибден, наряду с медью, ассоциируется также с вольфрамом (шеелит).

В медно-молибденовых месторождениях Армении отмечаются прерывистость в рудоотложении и многостадийность рудообразующего процесса. На основании изучения и обобщения большого фактического материала многочисленных исследователей по взаимоотношениям прожилок различного состава, текстур и структур и минералого-геохимическим особенностям руд нами для всей медно-молибденовой формации руд Армении (в порядке последовательности образования) выделяются 17 различных стадий минерализации, из которых на каждом месторождении четко проявляются 6—8 стадий минерализации (фиг. 56). Во многих месторождениях (Каджаран, Агарак, Айгедзор, Анкаван) последовательность образования главнейших рудных стадий минерализации одинакова и выражается в следующем виде: кварц-молибденитовая, кварц-халькопирит-молибденитовая, кварц-пиритовая, кварц-халькопиритовая, кварц-карбонат-сфалерит-галенитовая. В Анкаване кварц-пиритовая стадия минерализации проявилась раньше всех отмеченных стадий минерализации и поэтому она была названа нами ранней кварц-пиритовой.

Другая картина наблюдается в Дастакерте и Джиндаре, где раньше всех проявилась кварц-халькопиритовая стадия минерализации (ранняя кварц-халькопиритовая), затем в Дастакерте образуется кварц-халькопирит-молибденитовая, а в Джиндаре кварц-молибденитовая, и в дальнейшем сохраняется та последовательность образования остальных стадий минерализации (кварц-пиритовой, кварц-карбонат-сфалерит-галенитовой и др.), которая отмечена для Каджарана и Агарака.

Различные стадии минерализации довольно отчетливо обособляются в пределах рудных полей отдельных месторождений и местами создают картину горизонтальной зональности оруденения по отношению к рудоконтролиру-

Проявление различных стадий минерализации  
в главнейших медно-молибденовых месторождениях  
АРМЯНСКОЙ ССР

Составил ГО ПИДЖАН

СТАДИИ МИНЕРАЛИЗАЦИИ (в порядке последовательности образования)	Месторождения					
	Каджаран	Аграк	Дастакерт	Анкаван	Джиндара	Айгедзор
I Полевой шпат-кварц-магнетитовая	▬					
II Кварц-магнетитовая		▬				
III Кварц-пирит-эпидотовая						▬
IV Кварц-пиритовая (ранняя)				○		
V Кварц-халькопиритовая (ранняя)			●		●	
VI Кварц-халькопирит-молибденитовая (ранняя)			●			▬
VII Кварц-молибденитовая	●	●		●	▬	●
VIII Кварц-халькопирит-молибденитовая	●	●		▬		▬
IX Кварц-пиритовая	▬	▬	▬		○	○
X Кварц-халькопиритовая	●	●		▬		▬
XI Кварц-карбонат-сфалерит-галенитовая	▬	△	▬	△	△	▬
XII Кварц-халцедон-теннантит-энергитовая			△	▬		
XIII Карбонат-алабастровая			△			
XIV Кварц-карбонатная		▬				▬
XV Карбонатная			▬			
XVI Карбонат-халцедоновая	○			▬	▬	
XVII Ангидрит-гипсовая	▬				▬	

Условные обозначения

- Широко проявлена и имеет промышленный интерес
- Широко проявлена
- ▬ Проявляется только на отдельных участках и может представлять некоторый практический интерес
- ▬ Проявляется только на отдельных участках
- △ Очень слабо проявлена

щим структурам. В Каджаране по мере удаления от локального дорудного разлома (с запада на восток) и даек жильных порфиров увеличивается сначала роль меди, затем цинка и свинца (при уменьшении содержания молибдена), однако эта последовательность не всегда выдерживается.

При картировании рудных полей выделение участков развития различной интенсивности отдельных стадий минерализации имеет важное практическое значение для правильного направления поисково-разведочных и эксплуатационных работ.

На каждом месторождении обычно широко проявлены 2—3 рудных стадий минерализации, образующие промышленные руды.

Из магматического очага порядок выноса главных металлов для большинства месторождений следующий: молибден, медь, цинк, свинец. В Джиндаре молибден выделился одновременно с медью и несколько позднее ее, что, по-видимому, обусловлено, во-первых, бедностью магматического очага молибденом и резким преобладанием меди над ним и, во-вторых, тесной ассоциацией молибдена именно с медными минералами (халькопирит, борнит), а не с кварцем, который выпадал раньше всех сульфидов. Изучение показало, что во всех стадиях минерализации из данной порции раствора главные рудообразующие минералы обычно выпадают в следующей последовательности: пирит, молибденит, халькопирит, сфалерит и галенит. Руды поздних стадий минерализации обогащаются мышьяком, сурьмой, серебром, золотом, теллуrom, висмутом и германием.

Руды медно-молибденовых месторождений характеризуются большим многообразием минеральных видов и постоянным преобладанием халькопирита и молибденита при подчиненной роли пирита, борнита, сфалерита, галенита и других минералов. Из редких минералов во всех месторождениях установлены самородное золото, самородное серебро, многочисленные теллуриды (тетрадимит, теллуrowисмутит, алтаит и др.), минералы висмута и серебра (висмутин, виттихенит, эмплектит, аргентит и др.), а на отдельных месторождениях—минералы германия.

В медно-молибденовых рудах Армении помимо меди и молибдена большой практический интерес представляют также золото, серебро, рений, селен, теллур, висмут, а на отдельных месторождениях перспективны также германий, кадмий, индий.

## VIII. СРАВНЕНИЕ МЕДНО-МОЛИБДЕНОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ АРМЕНИИ СО СХОДНЫМИ ПО ТИПУ МЕСТОРОЖДЕНИЯМИ СОВЕТСКОГО СОЮЗА И МИРА

Медно-молибденовые месторождения Армянской ССР имеют очень много общих черт с месторождениями медно-порфирового типа, представителями которых являются в Советском Союзе Коунрадское и Алмалыкское месторождения, а за рубежом в США—месторождения Бингхем, Ахо, Миами, Санта-Рита, Эли, Чайно; в Мексике—Кананеа; в Чили—Чукикамата, Браден и др.

На Малом Кавказе к этому типу относятся кроме медно-молибденовых месторождений Армянской ССР многочисленные небольшие месторождения Нахичеванской АССР (Парагачайское и др.) и Иранского Карадага (Гуланское и др.), которые слагают единую медно-молибденовую металлогеническую провинцию.

Все отмеченные месторождения приурочены к верхним апикальным частям крупных интрузивных массивов гранитоидного состава (монцититы, гранодиориты, сиенито-диориты и др.) и характеризуются прожилково-вкрапленными и жильными медно-молибденовыми рудами. Интрузивные и частично эффузивные породы, непосредственно заключающие рудные прожилки, жилы и вкрапленность сульфидов обычно обладают порфировой структурой, которая обуславливает своеобразный характер оруденения.

По морфологическим особенностям оруденения, минеральному составу руд, характеру изменения рудовмещающих пород и геохимическим особенностям руд медно-молибденовые месторождения Армении (Каджаран, Агарак, Дастакерт, Анкаван и др.) сходны с Коунрадским и Алмалыкским месторождениями. Основное отличие между ними—это возраст как рудовмещающих интрузивных пород, так и оруденения.

Во всех медно-порфиновых месторождениях процесс рудообразования является многостадийным. Рудообразующие стадии минерализации выделяются, главным образом, на основании многочисленных пересечений прожилок различных парагенетических минеральных ассоциаций, которые часто разобщены в пространстве и приурочены к определенным тектоническим структурам.

Местами образованы интенсивно дробленные зоны с разнообразной минерализацией, что обусловлено многократным наложением тектонических подвижек и поступлением новых порций рудоносных растворов. Интенсивность тектонических движений накладывала свой отпечаток на харак-

тер оруденения. Как правило, сильное раскрытие трещин и меньшая пористость интрузивных пород способствовали развитию кварц-сульфидных прожилков в одних месторождениях большей мощности (Каджаран и др.), чем в других (Коунрад и др.) и преобладанию прожилкового типа оруденения над вкрапленным.

Тектурно-структурные особенности руд, характерные срastания главных рудообразующих минералов и основные парагенетические минеральные ассоциации различных медно-молибденовых порфировых месторождений очень близки, нередко однообразны и отличаются только в деталях.

Ниже приводится краткое описание наиболее крупных и характерных медно-молибденовых порфировых месторождений Советского Союза, США и Чили.

Коунрадское месторождение расположено в Центральном Казахстане, к северу от озера Балхаш. Описание месторождения приводится по К. С. Газизовой (1957). В геологическом строении рудного поля месторождения принимают участие серицитовые и серицито-андалузитовые вторичные кварциты, которые образовались при гидротермальном метасоматозе за счет гранодиорит-порфиров и эффузивных порфиров.

Гранодиорит-порфиры представляют собой часть крупного интрузивного тела гранитоидного состава среднепалеозойского возраста. Эффузивные порфиры в рудном поле образуют покровы, дайковые тела и формировались позже гранодиорит-порфиров. Тектонические движения, имевшие место после образования гранодиорит-порфиров, создали пути для поднятия магмы и гидротермальных растворов, в результате чего вначале формировались дайки эффузивных порфиров, а затем образовались вторичные кварциты и молибденово-медное оруденение.

Рудовмещающими породами являются серицитовые кварциты, которые сложены, в основном, из кварца, серицита и содержат неравномерную, мелкую вкрапленность и тонкие прожилки сульфидов. Главными рудными минералами месторождения являются пирит, халькопирит, молибденит. Второстепенное значение имеют в рудах энаргит, борнит, сфалерит, блеклые руды, галенит и арсенопирит.

Главная масса промышленных медных руд локализована в пределах зоны окисления и вторичного сульфидного обогащения, где основными рудными минералами являются халькозин, ковеллин и пирит, наряду с которыми особенно в верхних горизонтах широко развиты гидроокислы железа, карбонаты меди и сульфаты меди.

Гипогенные руды характеризуются низкими содержа-

ниями меди и молибдена, но продолжают на большую глубину.

Руды Коунрада представлены, главным образом, прожилково-вкрапленной и изредка брекчиевидной текстурой. Часто во вторичных кварцитах отмечается густая сеть кварц-сульфидных прожилков, однако в целом густота и мощность кварц-сульфидных прожилков и вкрапленности сульфидов неравномерная. В прожилках кварца обычно встречаются довольно крупные выделения молибденита, тогда как в основной массе породы развиты вкрапленники пирита и халькопирита. Эта закономерность очень характерна и для медно-молибденовых месторождений Армении (Каджаран, Агарак и др.). Выделения сульфидов часто образуют совместные сростания и в форме коротких прожилковидных выделений располагаются между зернами кварца.

Структурно-текстурные особенности руд Коунрадского месторождения указывают на более раннее образование молибденита и кварц-молибденитовых прожилков по отношению к халькопириту. Жилки халькопирита секут деформированные агрегаты молибденита, а мелкие вкрапленники халькопирита обычно располагаются по спайности или между пластинками молибденита. Приведенные взаимоотношения молибденита и халькопирита очень характерны также для Каджарана, Агарака и Анкавана.

В рудном поле Коунрадского месторождения К. С. Газизовой выделяются три основные парагенетические ассоциации минералов, соответствующие трем стадиям минерализации. В первую стадию отлагалась главная масса кварца, пирита и молибденита. Во вторую—совместно с кварцем и пиритом отлагаются также медные сульфиды, энаргит, блеклые руды, сфалерит и галенит. В третью стадию формировались брекчиевидные руды и более мощные кварц-сульфидные прожилки.

В отношении молибдена наибольший интерес представляет нижняя зона гипогенных сульфидных руд.

Молибденово-медные руды Коунрада содержат примесь рения, селена, теллура, золота, серебра и др. элементов.

По прожилково-вкрапленному характеру оруденения, минеральному составу и геохимическим особенностям руд, тесной ассоциации меди и молибдена в рудах и генетической связи с интрузией гранитоидов Коунрадское месторождение весьма сходно с главнейшими медно-молибденовыми месторождениями Армении. Отличительными особенностями Коунрада являются убогое содержание металлов (меди и молибдена) в гипогенных рудах, более резкое преобладание меди над молибденом, важная роль процессов окисления вторич-

ного сульфидного обогащения в формировании промышленных руд и возраст оруденения.

Кальмакырское медно-молибденовое месторождение находится в Узбекской ССР, к северу от Ташкента, в Алмалыкском рудном районе. Описание месторождения приводится, главным образом, по С. Т. Бадалову (1960, 1962).

В Алмалыкском рудном районе по времени образования медно-молибденовое оруденение является одним из ранних, а по масштабам наиболее значительным. Среди известных месторождений района самым крупным является Кальмакырское, которое располагается в сиенито-диоритах, прорванных штоком гранодиорит-порфиров. Гипогенные прожилково-вкрапленные медно-молибденовые руды развиты в пределах конусообразного тела вторичных кварцитов. Морфология рудного тела, главным образом, обусловлена развитием зон дробления и конфигурацией штока гранодиорит-порфира. Размещение оруденения вблизи гранодиорит-порфиров объясняется геолого-структурными условиями рудоотложения: растворы проникали в ослабленные, тектонически наиболее подвижные участки. В этом отношении Кальмакыр очень сходен с Каджараном, где богатое медно-молибденовое оруденение располагается вдоль даек гранодиорит-порфиров среди измененных монзонитов, причем сами дайки жильных порфиров большей частью слабо изменены и практически безрудны.

В отличие от вторичных кварцитов Коунрада, в Кальмакыре в гидротермально измененных породах наряду с кварцем широко развит поздний ортоклаз. Из жильных минералов на отдельных участках большое распространение имеет ангидрит в виде прожилок и гнездообразных скоплений.

Главными рудообразующими минералами являются кварц, ортоклаз, серицит, халькопирит, пирит, молибденит, магнетит, ангидрит, гематит, халькозин (гипергенный); второстепенное значение имеют сфалерит, пирротин, биотит, хлорит, барит, карбонаты, теллуриды золота и серебра.

Приведенный список показывает, что минеральный состав гипогенных руд хотя в целом довольно сходен с рудами медно-молибденовых месторождений Армении, однако имеет и некоторые отличительные особенности. В медно-молибденовых рудах Алмалыка более широко распространены магнетит, гематит, ангидрит (на отдельных месторождениях отмечается наличие вульфенита); вместе с тем отсутствуют энаргит, висмутин, медно-висмутовые минералы, многочисленные теллуриды и германиевые минералы. Текстуры руд прожилково-вкрапленные. Обычно чаще встречаются мономинеральные

халькопиритовые прожилки, чем кварц-халькопиритовые. Размеры прожилок и вкрапленности халькопирита колеблются от десятых долей мм до нескольких миллиметров. Молибденит, кроме рассеянной вкрапленности в измененном сиенито-диорите, нередко образует прожилковидные скопления вдоль трещин или тонких зон трещиноватости в кварц-серицитовой породе. Очень характерна для руд вкрапленность магнетита, зерна которого обычно замещены гематитом.

Согласно данным С. Т. Бадалова (1960) и С. Р. Рузмотова, молибденово-медные руды Кальмакыра формировались в следующие последовательные стадии минерализации: 1) прерудного изменения вмещающих пород; 2) кварц-молибденит-магнетитовую; 3) кварц-молибденит-пирит-халькопиритовую; 4) кварц-пирит-халькопиритовую с золотом; 5) кварц-халькопирит-пиритовую; 6) кварц-полиметаллическую (сфалерит-галенитовую с серебром); 7) кварц-ангидрит-барит-апофиллитовую. Как и в Каджаране, Агараке и Анкаване, образование главной массы молибденита происходило раньше халькопирита.

Среднее содержание меди в гипогенных рудах составляет 0,86%, но процессы вторичного обогащения привели к образованию более богатых медью зон цементации и окисления. Содержание молибдена в руде низкое (0,004—0,006%).

По геохимическим особенностям руд и характерной примеси определенной группы редких элементов (рения, селена, теллура, золота и др.). Кальмакырское месторождение проявляет большое сходство с медно-молибденовыми месторождениями Армении. Содержания рения, селена, теллура в главных рудообразующих сульфидах Кальмакыра и Каджарана, в целом, довольно близки. По данным С. Т. Бадалова, С. М. Баситовой, Л. И. Годунова (1962), содержание рения в молибденитах Кальмакыра по 15 химическим анализам колеблется в пределах  $0,5—2 \cdot 10^{-1}\%$  и в среднем составляет  $9,5 \cdot 10^{-2}\%$ . а в Каджаране—по 96 химическим анализам—колеблется в пределах  $0,19—1,6 \cdot 10^{-1}\%$  и в среднем составляет  $4,0 \cdot 10^{-2}\%$ . Приведенные данные показывают, что в молибденитах Кальмакыра средние содержания рения вдвое больше, чем в Каджаране. По среднему содержанию рения молибдениты Кальмакыра приближаются к молибденитам Джиндары ( $9,7 \cdot 10^{-2}\%$ ) и Айгедзора ( $11,0 \cdot 10^{-2}\%$ ). Содержание селена и теллура в молибденитах Кальмакыра и Каджарана примерно одного порядка.

В юго-западной части США на территории штатов Колорадо, Юта, Аризона и Нью-Мексико выделяется богатейшая в мире молибденовая и медно-молибденовая провинция, связанная с магматической деятельностью третичного времени. В

штате Колорадо огромные запасы молибденовых руд заключены в уникальном месторождении Клаймакс, расположенном в северной части Скалистых гор на высоте 3700 м. Важным источником молибдена в этой провинции являются также месторождения медно-порфировых руд. Наиболее крупное месторождение Бингхем (штат Юта) расположено к северо-западу от месторождения Клаймакс и к югу от Большого Соленого озера. В геологическом строении месторождения принимает участие известково-сланцевая толща карбона, которая прорвана штоком кварцевого монзонита. Медно-молибденовое оруденение сосредоточено в интрузивных породах монзонитового состава. Оруденение занимает площадь 1—1,5 км в поперечнике и прослеживается на глубину 0,8—1,0 км. Сульфиды (халькопирит, пирит, молибденит) представлены мелкой вкрапленностью и прожилками. Наиболее широко развиты кварцевые и кварц-полевошпатовые прожилки с минерализацией сульфидов, пересекающие измененные монзонит-порфиры. Медно-молибденовая минерализация усиливается в зонах дробления и брекчирования. Содержание молибдена в рудах низкое (0,02—0,04%), а меди довольно высокое—0,8—1,0%. На отдельных участках месторождения встречаются мощные кварцевые жилы с богатой минерализацией молибдена, что характерно для Каджарана и Айгедзора. На месторождении хорошо представлена зона вторичного сульфидного обогащения (халькозиновая зона), которая в настоящее время имеет большую промышленную ценность. Из руд месторождения Бингхем наряду с медью, золотом и серебром ежегодно получают до 5000 т молибденовых концентратов. Содержание рения в молибденитах Бингхема по сравнению с молибденитами медно-молибденовых месторождений Армении низкое и колеблется в пределах 0,0031—0,0044%. Запасы месторождения крупные и оцениваются в 3720 тысяч т. меди и 100 тысяч т. молибдена. Месторождение Бингхем имеет много общих черт с месторождениями Каджарана и Агарака.

Медно-молибденовые порфировые месторождения Миами, Ахо, Коппер-Крик, Эли, Чайно, связанные с гранитоидами третичного возраста, по характеру минерализации, типу и минералого-геохимическим особенностям руд имеют много общих черт с медно-молибденовыми месторождениями Армении. По содержанию рения наиболее близким к Каджарану и Агараку является месторождение Миами, где наличие этого элемента в молибденитах колеблется в пределах 0,015—0,069%. В молибденовых концентратах Миами среднее содержание рения составляет 0,03%.

Среди медно-порфировых месторождений Чили наиболее крупными и интересными являются Чукикамата и Бра-

ден, в рудах которых содержание молибдена колеблется от 0,006 до 0,012%. Медно-молибденное оруденение на месторождении Чукикамата сосредоточено в окварцованном, серицитизированном гранодиорите третичного времени, приурочено к зоне разлома и прослеживается на несколько км в длину при ширине до 1 км. Минерализация представлена тонкими прожилками и вкрапленностью сульфидов меди и молибдена. Главными рудными минералами являются халькопирит, пирит, борнит, молибденит, энаргит и сфалерит. По геологическим и минералого-геохимическим особенностям месторождения Чукикамата очень сходно с Каджараном и Агараком. Месторождение обладает значительными запасами меди и молибдена.

В Мексике попутное извлечение молибдена из медно-порфировых руд производится на месторождении Кананеа. В молибденитах Кананеа содержание рения колеблется в пределах 0,01—0,015%, т. е. в несколько раз ниже, чем в молибденитах Каджарана и Агарака.

## IX. ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ И НАПРАВЛЕНИЕ ДАЛЬНЕЙШИХ РАБОТ

Обобщение большого фактического материала, изложенного в предыдущих главах, позволяет сделать следующие главные выводы и рекомендации по комплексному использованию руд и направлению дальнейших работ.

1. В Армянской ССР рудные районы с молибденовым оруденением приурочены к Памбак-Зангезурской структурно-металлогенической зоне и образуют единый медно-молибденовый пояс северо-западного простирания (с протяженностью более 300 км и шириной в среднем 40 км), характеризующийся общностью геологического строения, магматизма и металлогении. Исследованиями установлено, что в Памбак-Зангезурской зоне медь и молибден часто встречаются вместе и образуют крупные скопления в виде промышленных медно-молибденовых месторождений. Это обстоятельство, по-видимому, обусловлено металлогенической специализацией широко развитых в этой зоне умеренно-кислых, гипабиссальных гранитоидных интрузий верхнеэоцен-нижнемиоценового возраста, с которыми пространственно и генетически тесно связано медно-молибденное оруденение. Свежие породы этих гранитоидных интрузий характеризуются, по сравнению с кларком, повышенными содержаниями молибдена (0,003—0,01%) и меди (0,03%). В других структурно-металлогенических зонах Армении вышеуказанные молибденоносные гранитоидные интрузии отсутствуют, поэтому молибденное оруденение имеет весьма слабое развитие и представлено в виде

отдельных проявлений, не имеющих практического значения.

2. Характерной особенностью медно-молибденовых месторождений является многостадийность рудообразующего процесса. Для всей медно-молибденовой формации руд, в порядке последовательности образования, нами выделяются 17 стадий минерализации, из которых на отдельных месторождениях довольно четко проявляются 6—8 стадий минерализации. В большинстве месторождений (Каджаран, Агарак, Айгедзор и др.) последовательность образования главных рудных стадий минерализации аналогичная и выражается в следующем виде: кварц-молибденитовая, кварц-халькопирит-молибденитовая, кварц-пиритовая, кварц-халькопиритовая и кварц-карбонат-сфалерит-галенитовая. В отличие от отмеченных месторождений в Анкаване кварц-пиритовая стадия минерализации проявилась раньше. Несколько другая картина наблюдается в Дастакерте и Джиндаре, где процесс рудообразования начинается с кварц-халькопиритовой стадии минерализации (ранняя кварц-халькопиритовая), а затем, в целом, сохраняется та последовательность образования остальных стадий минерализации, которая отмечается для других месторождений.

На каждом месторождении широко проявлены 2—3 рудных стадий минерализации, образующие промышленные руды.

Различные стадии минерализации иногда довольно отчетливо обособляются в пределах рудных полей и местами создают картину горизонтальной зональности оруденения по отношению к рудоконтролирующим структурам.

3. Руды медно-молибденовых месторождений характеризуются большим разнообразием минеральных видов. В составе руд принимают участие 119 минералов, из них 72 гипогенных и 47 супергенных. В результате применения новейших методов диагностики минералов нам удалось значительно пополнить список гипогенных минералов, и в рудах отдельных месторождений (Каджаран, Агарак, Айгедзор, Джиндара, Дастакерт, Анкаван) установить от 5 до 15 (всего более 65) новых для указанных месторождений минералов. Из выявленных минералов многие (эмплектит, самородный висмут, купровисмутит, галеновисмутит, самородное серебро, полибазит-пирсеит, бурнонит, касситерит, кобальтин и др.) не были известны в медно-молибденовой формации руд до наших работ, а некоторые являются новыми для руд Армении. Многие рудные и жильные минералы проявляются неоднократно в различных стадиях минерализации, а иногда и в нескольких генерациях.

В гипогенных рудах резко преобладают сульфиды, причем наиболее широко развиты сернистые соединения меди,

молибдена, железа, цинка, свинца; менее распространены—мышьяка, висмута, редко встречаются теллуриды и соединения сурьмы, серебра, никеля, кобальта и германия. В сложении руд важное значение имеют также окислы (кварц, магнетит), карбонаты, силикаты (серицит, хлорит, биотит, каолинит и др.) и самородные элементы (золото, серебро). В рудах весьма небольшую роль играют сульфаты (гипс, барит) и вольфраматы (шеелит).

Гипогенные рудные минералы представлены зернистыми структурами отложения и метасоматического замещения. Во многих месторождениях развиты также структуры распада твердых растворов, а на отдельных участках встречаются колломорфные структуры.

4. Главнейшие сульфиды характеризуются примесями определенных групп редких элементов.

Для халькопиритов характерны высокие содержания селена, теллура, висмута, серебра, золота и небольшие примеси германия, рения, кадмия. Причем наиболее высокие содержания селена и теллура отмечаются в халькопиритах Джиндары и Каджарана.

Для молибденитов весьма типичны очень высокие содержания рения, селена и небольшие примеси теллура, висмута, серебра, германия.

Для сфалеритов характерны высокие концентрации кадмия и повышенные содержания индия, селена, теллура, висмута, серебра.

Для галенитов типичны очень высокие содержания висмута, теллура, серебра и повышенные содержания селена, золота, кадмия.

Примеси редких и благородных элементов в главнейших минералах значительно повышают ценность руд и открывают перспективы извлечения из них целого ряда редких элементов.

5. В медно-молибденовых месторождениях по минеральному и химическому составу нами выделяются следующие основные типы руд: медные, медно-молибденовые, молибденовые, полиметаллические, медно-мышьяковые и окисленные, которые весьма неравномерно развиты на отдельных участках рудных полей и часто наложены друг на друга. Среди отмеченных типов руд большое промышленное значение имеют первые три типа, определяющие в целом ценность месторождений.

6. В рудах выявлено более 50 химических элементов, среди которых высокие и повышенные концентрации в различных типах руд образуют медь, молибден, железо, цинк, свинец, мышьяк, сурьма, висмут, рений, селен, теллур, кад-

мий, серебро и золото. За исключением небольшой группы элементов (V, Cr, Re, Cd, In, Ga, Se, Tl), для которых еще не обнаружены минеральные виды, большинство представлено собственными минералами, образуя в то же время изоморфные примеси в отдельных сульфидах и сульфосолях. Все металлогенные элементы представлены, в основном, сернистыми и частично кислородными соединениями, что говорит о важной роли серы и кислорода в формировании медно-молибденовой формации руд.

При изучении геохимических особенностей руд нами впервые выявлены многие ценные редкие элементы (рений, селен, теллур, германий, висмут) и изучены закономерности их распределения.

Редкие и благородные элементы распределены весьма неравномерно как по отдельным месторождениям, так и по различным стадиям минерализации, типам руд и минералам. Установлено, что руды и сульфиды ранних стадий минерализации обычно бедны, а в отдельных случаях вовсе лишены примесей редких и благородных элементов. Максимальные их концентрации, как правило, приурочены к рудам и минералам средних и поздних стадий минерализации, продукты которых представляют промышленную ценность и по главным металлам.

7. Медно-молибденовые месторождения Армянской ССР содержат значительные концентрации редких металлов (рений, селен, теллур, висмут, кадмий, индий и др.), которые должны комплексно извлекаться наряду с молибденом, медью, серебром и золотом. Необходимо принять решительные меры по организации извлечения указанных редких металлов, в первую очередь, из медных и молибденовых концентратов действующих горнорудных предприятий—Каджарана, Агарака и Дастакерта.

8. Основным генетическим типом медно-молибденовых месторождений является гидротермальный высоко-среднетемпературный тип, к которому относятся все главнейшие месторождения, обладающие значительными запасами меди и молибдена (Каджаран, Агарак, Анкаван и др.). Небольшое значение имеют скарновые (Анкаван, Кефашен и др.) и пегматитовые (Калер, Мюльк) месторождения и проявления. В скарновом типе молибден наряду с медью ассоциирует также с вольфрамом.

Генетически и пространственно медно-молибденовое ору-денение тесно связано с гранитоидами верхнего эоцена—нижнего миоцена и, главным образом, с порфирированными гранодиоритами и гранитами третьей, самой молодой фазы внедрения, абсолютный возраст которых составляет 23—24 млн. лет.

Молибденовое оруденение Вардениса и Элпина генетически связывается нами с субвулканическими лакколитообразными интрузиями дацитов миоплиоценового возраста. Молибденовая минерализация здесь проявилась в приповерхностных, сравнительно низкотемпературных условиях и по характеру оруденения, парагенетической ассоциации минералов и геохимическим особенностям руд (ничтожной роли меди и исключительно высокому содержанию рения) резко отличается от других медно-молибденовых месторождений пояса.

По минеральному составу руд, парагенетическим ассоциациям минералов, морфологии оруденения, характеру изменения рудовмещающих пород и геохимическим особенностям руд медно-молибденовые месторождения Армении имеют много общих черт с месторождениями медно-порфирирового типа, представителями которых являются: в Советском Союзе—Коунрад, Алмалык; в США—Бингхем, Ахо, Мнами, Санта-Рита, Чайно; в Мексике—Кананеа; в Чили—Чукикамата, Браден.

9. Минералого-геохимические исследования показали, что главные медно-молибденовые месторождения Армении наряду с некоторыми отличительными особенностями, в целом, очень близки по минеральному составу, стадиям минерализации, последовательности образования минералов и геохимическими особенностями руд.

Таким образом, доказывается единство медно-молибденовой формации руд Армении не только по типу минерализации, генезису и возрасту оруденения, но также по характеру и последовательности стадийного развития процесса рудообразования и минералого-геохимическим особенностям руд.

10. На основании проведенных исследований направление дальнейших поисково-разведочных работ и перспективы медно-молибденового оруденения по отдельным рудным районам представляются следующим образом.

**Зангезурский рудный район.** В рудном поле Каджарана поисково-съёмочными работами следует схватить породы вулканогенной толщи (порфириды, роговики), характеризующиеся повышенными содержаниями меди, свинца, серебра и молибдена.

Участки измененных минерализованных пород, развитых в районе с. Личк (правый склон ущелья р. Мегри и в 0,8 км к западу от с. Личк) и ущелья р. Гоз-Гоз (3,5 км к юго-востоку от с. Личк) заслуживают внимания для проведения поисково-разведочных работ.

**Баргушатский рудный район.** Повышенные содержания меди, молибдена, свинца и серебра в гидротермально изме-

ненных породах, развитых вдоль Дастакерт-Мурхузского разлома и сопряженных с ним структур дает основание рекомендовать проведение детальных поисковых работ с целью выявления среди порфиров и гранодиоритов этой зоны новых участков с медно-молибденовым оруденением. В этом отношении наиболее перспективными являются бассейны рр. Чичаглы и Софулу.

**Айоцзорский рудный район.** Наибольший интерес представляют рудные поля Вардениса и Элпина, которые слабо изучены и заслуживают развертывания поисково-съёмочных и разведочных работ. Имея в виду то обстоятельство, что молибденовая минерализация указанных рудопроявлений генетически связана с экструзиями дацитов миоплиоцена, целесообразно проведение поисково-съёмочных работ также в районах их развития (Варденисский хребет, район Сисианского перевала и др.).

**Памбакский рудный район.** Измененные породы, развитые вдоль Мисханского разлома, являются наиболее интересными в отношении молибдена, меди, висмута, теллура и золота. Поэтому широкими поисково-разведочными работами следует охватить полосу измененных пород как в рудном поле Анкавана, так и к западу, северо-западу и востоку от него.

Шлиховыми исследованиями в бассейнах рек Мармарик, Мисхана, Ким-дараси, Оджахан-дараси, Адам-дараси и их небольших притоках нами были установлены золото, молибденит, монацит, ортит, висмутин и шеелит. Согласно полученным результатам наибольший интерес в отношении молибдена представляет бассейн р. Мармарик, а по золоту—бассейны рр. Оджахан-дараси и Ким-дараси, где и следует организовать поисково-разведочные работы.

Для правильного направления поисково-съёмочных и разведочных работ необходимо составить геохимические карты для наиболее интересных перспективных участков и рудных полей медно-молибденовых месторождений.

Систематические и целеустремленные научно-исследовательские и поисково-разведочные работы в рудных районах медно-молибденового пояса и, в частности, рудных полях месторождений безусловно приведут к обнаружению новых рудоносных зон, перспективных участков и, тем самым, к значительному расширению сырьевой базы медно-молибденовых руд Армянской ССР.

## ЛИТЕРАТУРА

- Абих Г.* Геология Армянского нагорья. Восточная часть. Орографическое и геологическое описание. Записки Кавказ. отд. русского географ. общества, кн. XXIII, 1902. Перевод Б. З. Коленко.
- Адамян А. И.* Петрография щелочных пород Мегринского района Армянской ССР. Изд. АН Арм. ССР, 1955.
- Азизбеков Ш. А. и Абдуллаев Р. Н.* Основные черты геологии и петрографии Ордубадского плутона и вмещающих его пород. Изв. АН СССР (серия геолог.), № 6, 1947.
- Азизбеков Ш. А.* Эоценовые отложения юго-западной части Конгуро-Алангезского хребта. Изв. АН Азерб. ССР, № 11, 1947.
- Азизбеков Ш. А., Магакьян И. Г., Твалчрелидзе Г. А., Харчук Л. П.* Металлогения Кавказа. Закономерности размещения полезных ископаемых, том VII. Изд. «Наука», 1964.
- Акопян В. Т.* Стратиграфия юрских и меловых отложений юго-восточного Загезура. Изд. АН Арм. ССР, 1962.
- Акопян Е. А.* Минералогия зоны окисления главнейших медно-молибденовых месторождений Армении. Изд. АН Арм. ССР, 1960.
- Акопян Е. А., Пиджян Г. О.* Висмут. В кн.: «Геология Армянской ССР», т. VI, Металлические полезные ископаемые. Изд. АН Арм. ССР, Ереван, 1967.
- Амирян Ш. О.* К минералогии золоторудных месторождений. Доклады АН Арм. ССР, том XXXI, № 1, 1960.
- Амирян Ш. О., Карапетян А. И.* Минералого-геохимическая характеристика руд Меградзорского золоторудного месторождения. Изв. АН Арм. ССР, «Науки о Земле», № 2, 1964.
- Андерсен Дж. С.* Геохимия индия. В кн.: «Геохимия редких элементов», ИЛ, 1959.
- Аракелян Р. А., Пиджян Г. О.* Новые данные о генезисе и возрасте оруденения Кафанской группы месторождений. Доклады АН Арм. ССР, № 1, 1956.
- Аракелян Р. А.* Стратиграфия древнего метаморфического комплекса Армении. Изв. АН Арм. ССР, серия геолог., № 5—6, 1957.
- Арапов Ю. А.* Особенности генезиса и минералогии скарнов некоторых

- районов Арм. ССР. Изв. АН Арм. ССР, серия физ.-мат., технич. и естеств. наук, № 2, 1946.
- Арутюнян Л. А., Хуршудян Э. Х.* Синтез дисульфида молибдена из тиомолибдатных растворов при высокой температуре. «Геохимия», № 6, 1966.
- Аслаян А. Т.* Тектонические проблемы металлогении Армении. Изв. АН Арм. ССР, серия геол. и географ. наук, № 4, 1957.
- Аслаян А. Т.* Региональная геология Армении. Изд. «Айпетрат», 1958.
- Багдасарян Г. П.* Новые данные о возрасте некоторых интрузивных массивов Армении. Докл. АН Арм. ССР, № 2, 1959.
- Багдасарян Г. П., Гукасян Р. Х., Мнацаканян А. Х.* Новые данные к геохронологической шкале в абсолютном летоисчислении по материалам Армянской ССР, 1961 г. Доклады АН Арм. ССР, № 4, 1961.
- Бадалов С. Т.* О сульфатах в рудах эндогенных месторождений. «Геология рудных месторождений», № 2, 1960.
- Бадалов С. Т., Рузматов С. К.* К геохимии селена и теллура в рудных месторождениях Алмалыка. Труды ИМГРЭ, вып. 4, 1960.
- Бадалов С. Т., Баситова С. М., Годунова Л. И.* Распределение рения в молибденитах Средней Азии. «Геохимия», № 9, 1962.
- Бадалов С. Т., Пиджян Г. О.* Сравнительная минералого-геохимическая характеристика медно-молибденовых месторождений Кальмакыр (Узб. ССР) и Каджаран (Арм. ССР). Изв. АН Арм. ССР, № 6, 1968.
- Баласаян С. И.* Интрузивный магматизм Сомхето-Кафанской зоны. Изд. Ер. гос. университета, 1963.
- Баситова С. М.* Распространение рения в молибденитах. Сборник «Рений». Изд. АН СССР, 1961.
- Белов Н. В.* Некоторые особенности кристаллохимии сульфидов. Вопросы петрографии и минералогии. Изд. АН СССР, 1953.
- Белов Н. В.* Очерки по структурной минералогии. IV Минер. сб., № 7, Львовского геолог. об-ва, 1953.
- Бетехтин А. Г.* Минералогия. Госгеолтехиздат, 1950.
- Бетехтин А. Г.* Гидротермальные растворы, их природа и процессы рудообразования. В книге: «Основные проблемы в учении о магматогенных рудных месторождениях». Изд. АН СССР, 1955.
- Бетехтин А. Г., Генкин А. Д., Филимонова А. А., Шадлун Т. И.* Текстуры и структуры руд. Госгеолтехиздат, 1958.
- Бетехтин А. Г., Генкин А. Д., Филимонова А. А., Шадлун Т. И.* Структурно-текстурные особенности эндогенных руд. Изд. «Недра», 1964.
- Билибин Ю. А.* Металлогенические провинции и металлогенические эпохи. Госгеолтехиздат, 1955.
- Бокий Г. Б.* Введение в кристаллохимию. Изд. Московского университета, 1954.
- Ванцян Г. М.* К методике геофизических исследований рудных месторождений Армянской ССР. Изв. АН Арм. ССР, серия геол., № 1, 1961.
- Вартапетян Б. С.* Закономерности распределения медного оруденения на территории Армянской ССР. Изд. АН Арм. ССР, 1965.
- Везуни А. Т.* О вулканогенном олигоцене южной Армении. Докл. АН Арм. ССР, № 3, 1960.

- Вернадский В. И.* Очерки геохимии. Изд. АН СССР, 1934.
- Виноградов А. П.* Среднее содержание химических элементов в главных типах изверженных горных пород земной коры. «Геохимия», № 1, 1962.
- Вишневская Л. И., Зак С. Ш., Поплавко Е. М.* О рениеносных свинцово-медных рудах Джекказганского месторождения. «Геология рудных месторождений», № 6, 1961.
- Власов К. А.* Основные генетические типы редкометалльных месторождений и факторы их образования. Изв. АН СССР, серия геол., № 12, 1957.
- Волынский И. С.* Определение рудных минералов под микроскопом, тт. I, II, III. Госгеолтехиздат, 1949.
- Волынский И. С.* К методике измерения оптических постоянных рудных минералов. Труды ИМГРЭ, вып. 3, Изд. АН СССР, 1959.
- Волынский И. С., Логинова Л. А.* Сравнительная количественная характеристика оптических постоянных розовых сульфидов. Труды ИМГРЭ, вып. 6, 1961.
- Вольфсон Ф. М.* Проблемы изучения гидротермальных месторождений. Госгеолтехиздат, 1962.
- Габриелян А. А., Тахтаджян А. Л.* К вопросу о возрасте угленосных отложений Мегринского района Армянской ССР. Доклады АН Арм. ССР, т. I, № 1—2, 1944.
- Габриелян А. А.* Основные вопросы тектоники Армении. Изд. АН Арм. ССР, 1959.
- Габриелян А. А.* Палеоген и неоген Армянской ССР. Изд. АН Арм. ССР, 1964.
- Газизова К. С.* Геолого-структурные и генетические особенности медного месторождения Коунрад. Госгеолтехиздат. 1957.
- Генкин А. Д., Королев Н. В.* К методике определения небольших зерен минералов в рудах. «Геология рудных месторождений», № 5, 1961.
- Генкин А. Д., Муравьева И. В.* Индит и джалиндит—новые минералы индия. Зап. ВМО, вып. 4, 1963.
- Геохимия, минералогия и генетические типы месторождений редких элементов. тт. I, II, III, Труды ИМГРЭ, Изд. «Наука» 1964.
- Гинзбург А. И.* Генетические типы месторождений редких элементов. «Разведка и охрана недр», № 6, 1957.
- Гинзбург А. И., Смирнов Ф. Л., Чернышева Л. В., Шманенков И. В., Можджи Г. С., Григорьев В. М.* Минералы германия и их месторождения. Геология месторождений редких элементов. ВИМС, вып. 5, 1959.
- Гинзбург А. И.* Особенности концентрации и рассеяния редких элементов в эндогенных процессах. Химия земной коры, том II. Труды геохим. конф., посвященной столетию со дня рождения В. И. Вернадского. Изд. «Наука», 1964.
- Гольдмидт В. М.* Сборник статей по геохимии редких элементов. ГОНТИ, 1938.
- Горохова В. Н.* О распределении рения в молибдитах Каджаранского медно-молибденового месторождения. Труды ИМГРЭ, вып. 4, 1960.

- Григорян Г. О.* Рудоносность экстрюзивно-эффузивных комплексов Армянской ССР. В кн.: «Закономерности размещения полезных ископаемых», том VII, Изд. «Наука», 1964.
- Григорян Ж. М.* Казанличское медно-молибденовое месторождение. Изв. АН Арм. ССР, серия геол., № 5—6, 1957.
- Григорьев Д. П.* Закономерности образования сульфидов меди в колчеданных месторождениях Среднего Урала. Зап. ВМО, № 1, 1948.
- Грушевой В. Г.* Медные месторождения Закавказья. Труды 4-ой Всесоюзной конференции по цветным металлам, вып. 2, 1932.
- Грушевой В. Г.* Интрузивные породы Зангезура и связи с ними оруденения. Матер. ВСЕГЕИ, сборн. 5, 1940.
- Гукасян Р. Х., Меликсетян Б. М.* Об абсолютном возрасте и закономерностях формирования сложного Мегринского плутона. Сообщение первое и второе. Изв. АН Арм. ССР, «Науки о Земле», № 3, 4, 5, 1965.
- Гульян Э. Х.* Измененные породы северного склона Баргушатского хребта и их поисковое значение. Изв. АН Арм. ССР, «Науки о Земле», № 5—6, 1967.
- Гююмджян О. П.* Об обнаружении пермских отложений в Зангезуре (Арм. ССР). Доклады АН Арм. ССР № 5, 1963.
- Додин А. Л.* Геологическое строение и рудоносность Зангезурского района (Армения). Труды ВСЕГЕИ, вып. 133, 1940.
- Долуханова Н. И.* Опыт применения гидрохимической съемки на медно-молибденовых месторождениях Армянской ССР. Изд. АН Арм. ССР, 1958.
- Дэна Д. Ж., Дэна Э. С., Пелач Ч., Берман Г., Фрондель К.* Система минералогии, т. I—II. ИЛ., 1950—1954.
- Жукова А. С.* К геохимии германия. Труды ИМГРЭ, АН СССР, вып. 3, 1959.
- Жукова А. С.* Германий. В кн.: «Геохимия, минералогия и генетические типы месторождений редких элементов». Труды ИМГРЭ АН СССР. Изд. «Наука», 1964.
- Заварицкий А. Н.* Введение в петрохимию изверженных горных пород. Изд. АН СССР, 1950.
- Замятин П. М., Чирков И. Н.* Пирдоуданское медно-молибденовое месторождение в Армянской ССР. «Цветные металлы», № 1, 1937.
- Заридзе Г. М.* Магматизм и металлогения Грузии. Труды конф. по вопросам региональной геологии Закавказья. Изд. АН ГрузССР, 1952.
- Зарьян Р. Н.* К минералогии руд Аткизского участка Каджаранского месторождения. Зап. Арм. отд. ВМО, вып. 2, 1963.
- Иваницкий Т. В.* Геология, минералогия и геохимия свинцово-цинковых и полиметаллических месторождений Грузии. Изд. АН Груз. ССР, 1963.
- Иванов В. В.* Кадмий. Индий. Таллий. В кн.: «Геохимия, минералогия и генетические типы месторождений редких элементов», т. I, Изд. «Наука», 1964.
- Иванов Д. В.* Геологический очерк Карадага. Сборник «Карадагские рудные месторождения», 1902.

- Казарян А. Г.* Гидротермальные изменения вмещающих пород Джиндаринского медно-молибденового месторождения. Записи Арм. отд. ВМО, вып. 1, 1959.
- Казарян А. Г.* Закономерности проявления стадий минерализации в различных формациях руд на территории Армянской ССР. Зап. ВМО, вып. 4, 1963.
- Карамян К. А.* Некоторые особенности развития тектоники и минерализации Личкской группы месторождений. Зап. Арм. отд. ВМО, вып. 1, 1959.
- Карамян К. А.* Германит и реньерит в рудах Дастакертского медно-молибденового месторождения. Зап. Арм. отд. ВМО, № 1, 1959.
- Карамян К. А., Фармазян А. С.* Стадии минерализации Каджаранского медно-молибденового месторождения. Изв. АН Арм. ССР, № 3—4, 1960.
- Карамян К. А.* Структура и условия образования Дастакертского медно-молибденового месторождения. Изд. АН Арм. ССР, 1961.
- Карамян К. А.* О корреляции рения, селена и теллура в молибденитах Каджаранского медно-молибденового месторождения. «Геохимия», № 2, 1962.
- Карамян К. А., Пиджян Г. О., Хачатурян Э. А.* Научные основы поисков руд на территории Армянской ССР. Труды ИГН АН Арм. ССР, Изд. АН Арм. ССР, 1963.
- Карамян К. А., Аревшатян Т. А., Авакян А. М.* Пегматитовые образования Каджаранского рудного поля. Зап. Арм. отд. ВМО, вып. 2, 1963.
- Карамян К. А.* Особенности структуры и минерализации Айгедзорского молибденового месторождения. Вопросы геологии Кавказа. Изд. АН Арм. ССР, 1964.
- Карапетян А. И., Гольденберг Г. И.* Особенности минерализации Айгедзорского молибденового месторождения. Изв. АН Арм. ССР, серия геол., № 3, 1959.
- Карапетян А. И.* Количественная характеристика оптических постоянных реньерита и германита. Доклады АН Арм. ССР, № 3, 1961.
- Карапетян А. И.* Характер оруденения золота на одном медно-молибденовом месторождении. Изв. АН Арм. ССР (серия геол.) № 4, 1961.
- Карапетян А. И.* Теллуриды в рудах Анкаванского месторождения. Изв. АН Арм. ССР, серия геол., № 6, 1961.
- Карапетян А. И.* Сульфовисмутиты меди в рудах Анкаванского месторождения. Зап. Арм. отд. ВМО, вып. 2, 1963.
- Конюшевский Л. К.* Отчет о геологических исследованиях месторождений медных руд в Зангезурском уезде Елизаветпольской губернии. Матер. для геологии Кавказа. Сер. 3, кн. 10, 1911.
- Коржинский Д. С.* Очерк метасоматических процессов. В кн.: «Основные проблемы в учении о магматогенных рудных месторождениях». Изд. АН СССР, 1955.
- Котляр В. Н.* Интрузивы Даралагеза и Сисиана. «Советская геология», № 7, 1940.

- Котляр В. Н. Структура и генезис Мисханского молибденово-медного месторождения в Армении. Изв. АН Арм. ССР, № 2, 1946.
- Котляр В. Н. Памбак. Изд. АН Арм. ССР, 1958.
- Котович В. А. К вопросу об изоморфизме и вынужденной кристаллизации соединений со структурой цинковой обманки и вюртцита. Диссертация на соиск. уч. степ. канд. геол.-минер. наук, Ленинград, 1954.
- Кочарян В. Г., Таян Р. Н. К вопросу о направлении движений по зоне Дебаклинского разлома. Изв. АН Арм. ССР, серия геол., № 4—5, 1963.
- Лазаренко Е. К. О блеклых рудах. Минер. сборник Львовского университета, № 10, 1956.
- Лебедева С. И. О микротвердости минералов. Труды ИМГРЭ, вып. 6, 1961.
- Леонтьев Л. И., Хаин В. Е. К истории складкообразования и интрузивной деятельности на Малом Кавказе. Изв. АН СССР, серия геол., № 5, 1951.
- Логинова Л. А. Опыт измерения оптических постоянных германита и реньерита. Труды ИМГРЭ, вып. 4, 1960.
- Луценко В. И., Акмаева С. С. О балансе распределения рассеянных металлов в продуктах обогащения. Доклады АН Арм. ССР, том XXX, № 2, 1960.
- Магакьян И. Г., Ароян-Иашили. В. Х. Новые данные по геологии и рудоносности Баргушатского хребта. Изв. АН Арм. ССР, серия естествен. наук, № 10, 1946.
- Магакьян И. Г., Мкртчян С. С. Взаимосвязь структуры, магматизма и металлогении на примере Малого Кавказа. Изв. АН Арм. ССР, серия геол., № 4, 1957.
- Магакьян И. Г. Основные черты металлогении Армении. «Советская геология», № 7, 1959.
- Магакьян И. Г., Мкртчян С. С., Пиджян Г. О. Условия образования и размещения медно-молибденовых порфирировых месторождений Армянской ССР. Закономерности размещения полезных ископаемых, том V. Изд. «Наука», 1962.
- Магакьян И. Г., Пиджян Г. О., Фармазян А. С. Рений в медно-молибденовых месторождениях Армянской ССР. Доклады АН Арм. ССР, № 2, 1963.
- Магакьян И. Г., Пиджян Г. О., Фармазян А. С. Особенности поведения рения в молибденитах месторождений медно-молибденового пояса Армянской ССР. Труды II Всес. совещания по рению. В сб. «Рений», 1964.
- Магакьян И. Г. Армения в системе Центрального Средиземноморья. Доклады АН АрмССР, № 4, 1966.
- Магакьян И. Г., Пиджян Г. О., Фармазян А. С. и др. Редкие и благородные элементы в рудных формациях Армянской ССР. Изд. АН Арм. ССР, Ереван, 1972.
- Малхасян Э. Г. Петрография интрузивных пород Даралагеза. Изд. АН Арм. ССР, 1958.

- Малюга Д. П.* Опыт биогеохимических поисков молибдена в Армении. «Геохимия», № 3, 1958.
- Меликсетян Б. М., Фарамазян А. С., Хуршудян Э. Х.* Теллуровисмутит и некоторые другие теллуриды из Калерского месторождения молибденита. Доклады АН Арм. ССР, № 4, 1960.
- Михеев В. И.* Рентгенометрический определитель минералов. Госгеолиздат, 1957.
- Мкртчян С. С.* Каджаранское медно-молибденовое месторождение. Изв. АН Арм. ССР, 1943.
- Мкртчян С. С.* Новые данные о геологическом строении южной части Армянской ССР. Изд. АН Арм. ССР, 1948.
- Мкртчян С. С.* Зангезурская рудоносная область Армянской ССР. Изд. АН Арм. ССР, 1958.
- Мкртчян С. С.* Калерское месторождение молибденита. Зап. Арм. отд. ВМО, вып. I, 1959.
- Мкртчян С. С.* К проблеме поисков скрытых колчеданных и медно-молибденовых рудных тел на Малом Кавказе. «Геология рудных месторождений», № 4, 1960.
- Мкртчян С. С., Карамян К. А., Аревшатын Т. А.* Каджаранское медно-молибденовое месторождение. Изд. АН Арм. ССР, Ереван, 1969.
- Мовсесян С. А.* Пирдоуданское медно-молибденовое месторождение. Изд. Арм. ФАН СССР, 1941.
- Мовсесян С. А.* Интрузии центральной части Зангезурского (Конгуро-Алангезского) хребта и связанные с ними полезные ископаемые. Изд. АН Арм. ССР, 1953.
- Могаровский В. К.* О связи рения и селена в молибденитах Каджаранского месторождения (Армянская ССР). «Геохимия», № 6, 1963.
- Николаев В. А.* К вопросам теории процессов эндогенного минералообразования. Сборник вопросов геохимии и минералогии. Изд. АН СССР, 1956.
- Ноддак И., Ноддак В.* Геохимия рения. В кн. «Основные идеи геохимии», вып. 2, ОНТИ, 1935.
- Пароникян В. О.* Минералы висмута из полиметаллических руд Айоцзорского рудного района. Изв. АН Арм. ССР (серия геол.), № 3, 1962.
- Паффенгольц К. Н.* Структурно-тектоническое районирование территории Армянской ССР. Труды ИГН АН Арм. ССР. Изд. АН Арм. ССР, 1963.
- Паффенгольц К. Н.* Геологический очерк Кавказа. Изд. АН Арм. ССР, 1959.
- Петровская Н. В.* Минералогия и геохимия селена, теллура, индия и кадмия. Изд. ВИМС, 1958.
- Пиджян Г. О.* О псевдоморфозах халькопирита по пириту. Зап. ВМО, вып. 4, 1950.
- Пиджян Г. О.* О гранатах бассейна р. Гехи. Изв. АН Арм. ССР, серия физ.-мат., естеств. наук, № 4, 1952.
- Пиджян Г. О.* О гипогенном борните Дастакертского месторождения. Изв. АН Арм. ССР (серия геол.), № 5—6, 1957.
- Пиджян Г. О.* К геохимии руд Дастакертского медно-молибденового место-

- рождения. Изв. АН Арм. ССР, серия геол. и географ. наук, № 4, 1958.
- Пиджян Г. О.* Некоторые геохимические особенности пород Дастакертского медно-молибденового месторождения. Записки Арм. отд. ВМО, вып. 1, 1959.
- Пиджян Г. О.* К минералогии руд Каджаранского медно-молибденового месторождения. Изв. АН Арм. ССР, серия геол., № 2, 1960.
- Пиджян Г. О.* Германиевые минералы и германиеносные сульфиды одного медно-молибденового месторождения. Доклады АН Арм. ССР, № 3, 1960.
- Пиджян Г. О.* Закономерности распределения селена и теллура в рудах медно-молибденовых месторождений Армянской ССР. Изв. АН Арм. ССР, № 5—6, 1967.
- Пиджян Г. О.* Минералы висмута в рудах медно-молибденовых месторождений Армянской ССР. Изв. АН Арм. ССР, «Науки о Земле», № 6, 1970.
- Радионов Д. А.* Функции распределения содержаний элементов и минералов в изверженных горных породах. Изд. «Наука», 1964.
- Рамдор П.* Рудные минералы и их сростания. Изд. 1962.
- Сагателян Э. А.* Минералогия свинцово-сурьмяных руд Азатекского месторождения Армянской ССР. Изд. АН Арм. ССР, 1961.
- Сауков А. А.* Геохимия. Госгеолиздат, 1951.
- Синдеева Н. Д.* Минералогия, типы месторождений и основные черты геохимии селена и теллура. Изд. АН СССР, 1959.
- Синдеева Н. Д., Годовиков А. А.* Об изоморфизме между серой и теллуром в галените. Доклады АН СССР, № 2, 1959.
- Смирнов В. И.* Геологические основы поисков и разведки рудных месторождений. Изд. МГУ, 1954.
- Смирнов В. И.* Шесть типов первичной зональности гидротермальных рудных тел. Изв. АН СССР, серия геол., № 3, 1957.
- Смирнов В. И.* Опыт металлогенического районирования территории СССР. Изв. АН СССР, сер. геол., № 4, 1959.
- Смирнов С. С.* О современном состоянии теории образования магматогенных рудных месторождений. Зап. ВМО, вып. 1, 1947.
- Смирнов С. С.* Зона окисления сульфидных месторождений. Изд. АН СССР, 1951.
- Студенникова З. В., Золотарева В. А.* Рений в молибденитах месторождения Тырны-Ауз. «Геохимия», № 1, 1958.
- Татаринов П. М.* Условия образования месторождений рудных и нерудных полезных ископаемых. Госгеолтехиздат, 1963.
- Татевосян Т. Ш.* Интрузивные породы Баргушатского хребта. Геология Армянской ССР, том II, Петрография, Интрузивные породы.
- Таусон Л. В.* Геохимия редких элементов в гранитоидах. Изд. АН СССР, 1962.
- Твалчрелидзе Г. А.* Металлогенические эпохи Кавказа. «Советская геология», сб. 59, 1957.
- Твалчрелидзе Г. А.* Основные черты эндогенной металлогении Грузии. Гос-

- геолтехиздат, 1958.
- Твалчрелидзе Г. А.* Металлогенические особенности некоторых элементов геосинклинальных областей. Изв. АН СССР, серия геол., № 3, 1962.
- Фарамазян А. С.* К минералогии полиметаллических руд Каджаранского медно-молибденового месторождения. Изв. АН Арм. ССР, серия геол., № 6, 1958.
- Фарамазян А. С.* Закономерности распределения рения в рудах Каджаранского месторождения. Изв. АН Арм. ССР, серия геол., № 1, 1961.
- Фарамазян А. С., Хуришудян Э. Х.* Энаргит и люционит из Каджаранского медно-молибденового месторождения. Зап. Арм. отд. ВМО, вып. 2. Изд. АН Арм. ССР, 1963.
- Фарамазян А. С., Аюбян А. Г.* Рений в некоторых молибденовых рудопроявлениях Айюцзорского рудного района. Изв. АН Арм. ССР, серия геол., № 3, 1963<sub>1</sub>.
- Фарамазян А. С., Хуришудян Э. Х.* К вопросу об изоморфизме между молибденом и рением в молибденитах. Доклады АН Арм. ССР, № 4, 1963<sub>2</sub>.
- Фарамазян А. С., Зарьян Р. Н.* Особенности геохимии селена и теллура в рудах Каджаранского рудного поля. «Геохимия». № 11, 1964.
- Ферсман А. Е.* Геохимия, тт. I—IV. ОНТИ, 1933—1939.
- Хаин В. Е.* Главнейшие черты тектонического строения Кавказа. «Советская геология», № 39, 1949.
- Хачатурян Э. А., Коджоян А. А.* Об обнаружении реньерита на одном из полиметаллических месторождений Арм. ССР, Изв. АН Арм. ССР, № 3—4, 1960.
- Хачатурян Э. А., Пароникян В. О.* Гипогенный ковеллин в рудах Тандзутского серно-колчеданного месторождения. Зап. Арм. отд. ВМО, вып. 2, 1963.
- Хитаров Н. И.* Магма и ее взаимоотношения с водой. Труды ИГН АН Арм. ССР, 1963.
- Хрущов Н. А., Круглова В. Г.* и др. Распределение рения, селена и теллура в молибденовых месторождениях Советского Союза. Сб. «Минеральное сырье», вып. I, 1960.
- Хрущов Н. А.* Пример вертикальной зональности молибденовых месторождений. Конф. «Проблемы постмагматического рудообразования», т. 7. Изд. Чехословацкой Академии наук.
- Хуришудян Э. Х., Геворкян С. В.* К вопросу о рентгенометрической диагностике реньерита. Доклады АН Арм. ССР, № 2, 1962.
- Цулукидзе, Архипов, Халатов.* Геологическое описание северной части Нахичеванского уезда и части Зангезурского уезда. Материалы для геологии Кавказа, кн. 2, 1869.
- Чухров Ф. В.* Восточно-Коунрадское месторождение как представитель кварцево-молибденовой формации Центрального Казахстана. «Советская геология», сб. 31, 1948.
- Чухров Ф. В.* Коллоиды в земной коре. Изд. АН СССР, 1955.
- Щербина В. В.* Основные черты геохимии теллура. Изв. АН СССР, № 5,

1937.

- Шербина В. В.* Формы переноса химических элементов в процессах минералообразования и условия их концентрации. Сб. «Вопросы геохимии и минералогии», Изд. АН СССР, 1956.
- Шербина В. В.* Способы выяснения форм переноса химических элементов в геохимических процессах. «Геохимия», № 11, 1962.
- Шербина В. В., Зарьян Р. Н.* Парагенезис теллуридов серебра и золота как минералов системы  $Ag-Au-Te$ . «Геохимия», № 7, 1964.
- Эфендиев Г. Х.* Гидротермальный рудный комплекс северо-восточной части Малого Кавказа. Изд. АН Азерб. ССР, 1957.
- Эфендиев Г. Х.* К геохимии германия. Изв. АН Азерб. ССР, серия физ.-техн. и хим. наук, № 1, 1958.
- Яковлев П. Д.* Структура Анкаванского (Мисханского) медно-молибденового штокверкового месторождения. «Советская геология», № 12, 1960.
- Boutwell I.* Copper deposits at Bingham, Utah. *Copper Resources of the world*, 1935.
- Coleman R. G.* The natural occurrence of galenaclausthalite solid solution series. *Amer. Mineralogist* N 1—2, 1959.
- Earley I. W.* Description and synthesis of the selenide minerals. *Amer. Mineralogist* N 5—6, 1950.
- Et Wardani R. A.* On the geochemistry of germanium. *Geochim. et cosmochim. acta*, N 1, 1957.
- Fleischer M.* The geochemistry of rhenium with special reference to its occurrence in molybdenite. *Econ. Geol.* N 8, 1959.
- Goldschmidt V. M.* Geochemistry, 1954.
- Hahn H., Frank G.* Zur Struktur des  $Ga_2S_3$ . *Z. anorgan. und allgem. Chem.* N 5—6, 1955.
- Kuhn T. H.* Pipe deposits of the Copper Creek Area Arizona. *Econ. Geol.* v. 36, 1941.
- Rankama K. and Sahama Th. G.* Geochemistry, 1949.
- Sclar CH. B and Geier B. H.* The paragenetic relationships of germanite and renierite from Tsumeb, South-West Africa. *Econ. Geol.* N 6, 1957.
- Shaw D. M.* The geochemistry of indium. *Geochim et cosmochim. acta* V 2, N 3, 1952.
- Strunz H., Geier B. H. and Seeliger E.* Gallit,  $CuGaS_2$  das erste selbständige Galliummineral und seine Verbreitung in den Erzen der Tsumeb- und Kipushi-Mine. *Neues Jahrb. Mineral. Monatsh.* H11/12, 1958.
- Uytenbogaardt W.* Tables for microscopic identification of ore minerals. Princeton University Press, 1951.
- Vanderwilt I, W. and King R. U.* Hydrothermal alteration at the Climax molybdenite deposit. *Min. Eng.* V 7, N 1, 1955.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр.
<b>Введение</b>	5
<b>Часть первая</b>	
<b>КРАТКИЙ ОЧЕРК ГЕОЛОГИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ И МЕТАЛЛОГЕНИИ МЕДНО-МОЛИБДЕНОВОГО ПОЯСА АРМЯНСКОЙ ССР</b>	9
<b>I. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О МЕДНО-МОЛИБДЕНОВОМ ПОЯСЕ</b>	9
История геологического изучения рудных районов медно-молибденового пояса; открытие и освоение молибдена в Армянской ССР	10
<b>II. ОСНОВНЫЕ ЧЕРТЫ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ И МЕТАЛЛОГЕНИИ МЕДНО-МОЛИБДЕНОВОГО ПОЯСА</b>	14
1. Породы медно-молибденового пояса и их стратиграфия	17
2. Интрузивные породы	23
3. Тектоника	26
4. Характерные черты металлогении	28
<b>Часть вторая</b>	
<b>ОПИСАНИЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПО РУДНЫМ РАЙОНАМ</b>	31
<b>III. ОПИСАНИЕ РУДНЫХ РАЙОНОВ И МЕДНО-МОЛИБДЕНОВЫХ И МОЛИБДЕНОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ И ПРОЯВЛЕНИЙ</b>	31
<b>А. Зангезурский рудный район</b>	31
1. Каджаранское медно-молибденовое месторождение	33
2. Агаракское медно-молибденовое месторождение	55
3. Джиндаринское медно-молибденовое месторождение	69
4. Айгедзорское молибденовое месторождение	83
5. Небольшие или слабо изученные медно-молибденовые и молибденовые месторождения и проявления	92
<b>Б. Баргушатский рудный район</b>	97
1. Дастакертское медно-молибденовое месторождение	99
2. Небольшие или слабо изученные медно-молибденовые и молибденовые месторождения и проявления	114
<b>В. Айоцзорский рудный район</b>	121
1. Вардениское молибденовое месторождение	124
2. Другие проявления молибдена	126

Г. Памбакский рудный район . . . . .	130
1. Анкаванское медно-молибденовое месторождение . . . . .	132
Д. Проявления молибдена вне медно-молибденового пояса . . . . .	144

### Часть третья

<b>МИНЕРАЛОГИЯ И ГЕОХИМИЯ РУД МЕДНО-МОЛИБДЕНОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ</b> . . . . .	147
<b>IV. МИНЕРАЛЬНЫЙ СОСТАВ РУД МЕДНО-МОЛИБДЕНОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ АРМЯНСКОЙ ССР</b> . . . . .	147
А. Гипогенные минералы . . . . .	150
1. Самородные элементы . . . . .	150
2. Сульфиды и теллуриды . . . . .	153
3. Сульфосоли . . . . .	194
4. Окислы . . . . .	209
5. Кислородные соли (окисоли) . . . . .	212
Б. Супергенные минералы . . . . .	215
1. Минералы зоны вторичного сульфидного обогащения . . . . .	215
2. Минералы зоны окисления . . . . .	216
<b>V. ТИПЫ И ТЕКСТУРЫ РУД</b> . . . . .	217
<b>VI. ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ РУД И ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ РЕДКИХ ЭЛЕМЕНТОВ</b> . . . . .	225
Медь (232), Цинк (233), Галлий (234), Германий (235), Мышьяк (243), Селен и Теллур (244), Молибден (257), Серебро и золото (259), Кадмий (262), Индий (264), Сурьма (265), Вольфрам (266), Рений (266), Свинец (276), Висмут (277).	
<b>VII. УСЛОВИЯ ОБРАЗОВАНИЯ И ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАЗМЕЩЕНИЯ МЕДНО-МОЛИБДЕНОВОГО ОРУДЕНЕНИЯ В АРМЯНСКОЙ ССР</b> . . . . .	280
<b>VIII. СРАВНЕНИЕ МЕДНО-МОЛИБДЕНОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ АРМЕНИИ СО СХОДНЫМИ ПО ТИПУ МЕСТОРОЖДЕНИЯМИ СОВЕТСКОГО СОЮЗА И МИРА</b> . . . . .	288
<b>IX. ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ И НАПРАВЛЕНИЕ ДАЛЬНЕЙШИХ РАБОТ</b> . . . . .	294
Литература . . . . .	300

ПИДЖЯН ГРИГОРИЙ ОГАНЕСОВИЧ

МЕДНО-МОЛИБДЕНОВАЯ ФОРМАЦИЯ  
РУД АРМЯНСКОЙ ССР

*Печатается по решению ученого совета  
Института геологических наук  
АН Армянской ССР*

Редактор издательства *Р. А. Багдасарян*  
Худож. оформление *Г. Н. Горцакаляна*  
Технич. редактор *С. К. Закарян*  
Корректор *М. Б. Геворкян*

ВФ 03839

Изд. 4081

Заказ 407

Тираж 920

---

Сдано в набор 13/VI—1974 г., подписано к печати 13/III—1975 г.  
Печ. л. 20,25+6 вкл., изд. 20,15 л., бумага № 1, 60×90<sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Цена 2 р. 42 к.

---

Издательство АН Армянской ССР, Ереван-19, Барекамутян, 24  
Типография Издательства Академии наук Армянской ССР, г. Эчмиадзин

1202