

И. Г. ПАВЛОВА

---

**МЕДНО-ПОРФИРОВЫЕ  
МЕСТОРОЖДЕНИЯ**

И. Г. ПАВЛОВА  

---

МЕДНО-ПОРФИРОВЫЕ  
МЕСТОРОЖДЕНИЯ



MINISTRY OF GEOLOGY OF THE USSR  
THE ALL-UNION ORDER OF LENIN SCIENTIFIC  
RESEARCH INSTITUTE OF GEOLOGY

---

I. G. PAVLOVA

THE PORPHYRY COPPER  
DEPOSITS

(The regularities of distribution  
and prognostication criteria)

Leningrad  
„Nedra“ Publishers  
Leningrad Department  
1978

МИНИСТЕРСТВО ГЕОЛОГИИ СССР  
ВСЕСОЮЗНЫЙ ОРДЕНА ЛЕНИНА НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

---

И. Г. ПАВЛОВА

МЕДНО-ПОРФИРОВЫЕ  
МЕСТОРОЖДЕНИЯ  
(Закономерности размещения  
и критерии прогнозирования)

2633

Ленинград  
«Недра»  
Ленинградское отделение  
1978



**Павлова И. Г.** Медно-порфировые месторождения. (Закономерности размещения и критерии прогнозирования). Л., «Недра», 1978. 275 с. (М-во геологии СССР. Всесоюз. науч.-исслед. геол. ин-т).

В книге дано описание медно-порфировой минерализации трех подвижных поясов — Тихоокеанского, Средиземноморского, Урало-Монгольского; приведена характеристика зон, рудных районов и типовых месторождений, проанализированы контролирующие оруденение факторы. На основании минерального состава руд, гидротермальных пород и особенностей их зонального строения предложена классификация молибденово-медных месторождений, рассмотрена взаимосвязь их с другими типами эндогенной минерализации и некоторые вопросы генезиса оруденения: связь с порфировыми интрузиями, стадийность минералообразования, влияние вмещающих пород на локализацию оруденения и др.

В итоге формулируются важнейшие региональные и локальные факторы, контролирующие оруденение, и основанные на них критерии прогнозирования месторождений: связь с интрузивно-вулканогенными поясами, фундаментом фемического профиля, магматическими породами определенных формаций; рассматривается влияние на локализацию оруденения разрывных нарушений, состава вмещающих пород и т. д. Для разных типовых геологических обстановок намечен ход анализа геологических данных при оценке перспектив территорий на медно-порфировые месторождения.

Книга рассчитана на геологов, занимающихся геологической съемкой, поисками и разведкой полезных ископаемых, интересующихся вопросами рудообразования.

Табл. 10, ил. 69, список лит. 248 назв.

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Молибденово-медные месторождения прожилково-вкрапленных руд, или так называемые медно-порфиновые месторождения (тип «porphyry copper»), являются важнейшим источником добычи меди и молибдена. Наряду с основными полезными компонентами руды этих месторождений содержат такие ценные примеси, как золото, серебро, рений, селен, теллур, висмут и др.

Многие медно-порфиновые месторождения относятся к числу крупных промышленных объектов. При сравнительно невысоком среднем содержании металлов в руде (меди — 0,3—0,8, молибдена — 0,005—0,05%) эти месторождения обладают огромными запасами, исчисляемыми для крупных месторождений миллионами тонн металла. Возможность отработки штокверковых руд карьерами, высокий коэффициент извлечения металлов, комплексный характер руд — все это обеспечивает низкую себестоимость добычи порфировой меди.

Открытие в последние годы большого числа медно-порфиновых месторождений в уже известных рудных районах, а также установление благоприятных для поисков их признаков на многих новых площадях определяют важное значение этих месторождений как основного источника добычи меди не только в настоящее время, но и в будущем, дают основание предполагать, что роль их в мировой экономике будет и впредь неуклонно возрастать.

По данным на 1977 г. в медно-порфиновых месторождениях заключено около 60% мировых запасов меди и 40% молибдена, что соответственно определяет первое и второе места этого типа месторождений в общих балансах запасов меди и молибдена [4, 129]. На долю медно-порфиновых месторождений приходится ~50% всей добываемой меди и примерно столько же молибдена. Это в 2 раза превышает добычу меди из медистых песчаников и в 5 из месторождений медно-колчеданных руд.

Для СССР медно-порфиновый тип месторождений в настоящее время имеет подчиненное значение по сравнению с месторождениями других меднорудных формаций и составляет около 10% в балансе запасов и приблизительно 19% в добыче меди.

Характерным показателем является при этом не только доля медно-порфировых месторождений в общих запасах и добыче меди, но и стремительность темпов роста от года к году значения медно-порфирового типа в мировой экономике. Это особенно наглядно иллюстрируют цифры, относящиеся к последнему десятилетию. Если до начала 60-х годов медно-порфировые месторождения были ведущими в добыче меди лишь для США и Чили, то благодаря открытиям последних лет этот тип месторождений стал главным для многих стран. Крупные медно-порфировые месторождения освоены в Канаде, где за последние десять лет благодаря разведке их в Британской Колумбии запасы меди выросли примерно втрое. Новые рудные районы с крупными месторождениями выявлены и разведаны на территории Монголии; значительно увеличались запасы порфировой меди в Мексике; месторождения этого типа установлены в Иране, эксплуатируются на Филиппинах, открыты в Центральной Америке, Японии, Малайзии, на островах Тихого океана и в других регионах. По данным Всемирного бюро статистики металлов (1972 г.) дальнейший рост добычи меди и молибдена за счет порфирового типа намечается в Мексике, Канаде, Чили, Перу.

Реальные возможности обнаружения новых месторождений этого промышленно важного типа на территории СССР как в уже освоенных районах с известными медно-порфировыми месторождениями (Казахстан, Средняя Азия, Малый Кавказ), так и в новых районах (в первую очередь площади советской части Тихоокеанского пояса, а также Урал, Алтае-Саянская область, Забайкалье и др.) определили необходимость анализа накопленного к настоящему времени большого фактического материала с целью установления закономерностей размещения этого типа месторождений как основы для разработки геологических критериев их прогнозирования. Именно это и являлось главной целью настоящего издания.

Работа основана на результатах исследований, проводившихся во ВСЕГЕИ в период 1967—1975 гг. За эти годы автору представилась возможность посетить основные для СССР промышленные районы с известными медно-порфировыми месторождениями в Центральном Казахстане, Юго-Восточной Армении, Средней Азии (месторождения Коунрад, Каратас, Кальмакыр, Сары-Чеку, Дальнее, Каджаран, Агарак и др.) и проанализировать материал по ним в определенном аспекте. Кроме того, были привлечены данные по ряду перспективных площадей, в пределах которых медно-порфировая минерализация была выявлена или прогнозировалась по совокупности благоприятных признаков. Использованы материалы, полученные при посещении Лекын-Гальбейской зоны Полярного Урала, при проведении работ в Олойской зоне Северо-Востока (Ю. П. Рождественский, Ю. И. Едовин и другие); а также по месторождениям Среднегорской зоны Болгарии, Северной и

Южной Монголии (рудные узлы Эрдэнитуин-Обо, Цаган-Субарга), предоставленные автору болгарскими и монгольскими коллегами в процессе выполнения совместных исследований по линии СЭВ (1968—1970 гг.). Наряду с перечисленными материалами широко привлекались имеющиеся многочисленные публикации по типовым зарубежным месторождениям и провинциям с медно-порфировой минерализацией: США, Канады, Чили, Ирана, Филиппин и др.

Выполнению работы во многом содействовали ценные советы больших знатоков медно-порфировых месторождений Советского Союза Н. И. Наковника и В. Г. Грушевого. Отдельные вопросы в ходе проведения исследований обсуждались и совместно разрабатывались с Д. В. Рундквистом, Ю. П. Рождественским, В. В. Соловьевым, Э. И. Кутыревым, А. М. Маревичевым, В. С. Якубович. Иллюстративный материал к монографии был подготовлен инженерами-картографами Н. П. Хуцкой и частично Л. А. Гавриловой. Многие переводы английской литературы, использованные в настоящей работе, выполнены Н. И. Иванюк. Всем перечисленным лицам автор выражает самую искреннюю благодарность.

СПИСОК  
ПРИНЯТЫХ СОКРАЩЕНИЙ

---

Актинолит — Akt	Мусковит — Mu
Алунит — Al	Олигоклаз — Olg
Альбит — Ab	Опал — Op
Амфибол — Amf	Ортоклаз — Ort
Ангидрит — Anh	Пеннин — Pn
Андалузит — And	Плагиоклаз — Plg
Анкерит — Ank	Пирит — Py
Апатит — Ap	Пироксен — Pyr
Аргиллизиты — Arg	Пирротин — Po
Барит — Ba	Пренит — Pr
Биотит — Bt	Пропилиты — Prop
Борнит — Bo	Пумпеллиит — Pm
Буланжерит — Bl	Рибекит — Rbk
Вольфрамит — Wt	Серицит — Ser
Галенит — Ga	Сидерит — Sd
Гидромусковит — Hmu	Спекулярит — Spec
Гематит — Hem	Сфалерит — Sl
Диаспор — Di	Теннантит — Tn
Диккит — Dk	Турмалин — Trm
Кварц — Qu	Флогопит — Flg
Кальцит — Ca	Халькозин — Cc
Калиевый полевой шпат — KFsp	Халькопирит — Cp
Каолинит — Kao	Хлорит — Chl
Карбонат — Crb	Эпидот — Ep
Лейкоксен — Les	Эгирин — Eg
Магнетит — Mt	Энаргит — En
Молибденит — Mb	Цеолиты — Zl
Монтмориллонит — Mnt	Цуниит — Zu

## СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ИЗУЧЕНИЯ МЕДНО-ПОРФИРОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

*История открытия и изучения.* Эра «медно-порфировых руд» началась, как отмечает А. Бэтман [15], по существу с 1905 г., с того времени, когда приступили к освоению и интенсивной разработке медно-порфировых месторождений сначала в Юго-Западных штатах США, а затем в Чили.

Происхождение термина «porphyry copper deposits» связано с тем, что в первых открытых на Юго-Западе США месторождениях этого типа (Бингеме, Моренси, Неваде) породы, заключающие медь, были представлены порфирами [212]. Термин оказался удобным, так как соответствовал как порфировой структуре вмещающих оруденение интрузивных пород, так и вкрапленной форме проявления рудной минерализации. В последующем термин «медно-порфировые» стали использовать применительно к таким месторождениям, как Рей, Майами и им подобным, в которых медь заключалась не в порфировых интрузиях, а во вмещающих их породах. С течением времени это понятие еще более расширилось. В одну группу с типичными медно-порфировыми стали объединять существенно молибденовые штокверковые месторождения типа Клаймакса, Эндако и им подобные, также связанные с порфировыми интрузиями, но отличающиеся по совокупности признаков. Эти месторождения рассматриваются многими авторами в зарубежной литературе как один класс (или группа) медных, молибденово-медных и молибденовых порфировых месторождений [204, 207 и др.].

Наряду с названием «porphyry copper deposits» широкое распространение применительно к рассматриваемой группе месторождений приобрел термин «dissiminated copper deposits» — рассеянные медные месторождения [149]. Однако этот термин не является более точным по содержанию, так как количество рассеянных среди пород медных минералов во многих месторождениях меньше, чем заключенных в мелких и мельчайших прожилках. Следует заметить, что названия «медно-порфировые», «рассеянные медные», «медновкрапленные», «медно-молибденовые месторождения прожилково-вкрапленных руд» употребляются как в зарубежной,

так и в советской литературе как синонимы и между ними не делается каких-либо различий.

В 1933 г. А. Парсонс [212] следующим образом сформулировал основные требования, которым должно удовлетворять месторождение, чтобы его можно было отнести к порфирировым, отметив при этом, что дать сжатое определение, охватывающее все разнообразие порфирировых месторождений, затруднительно.

1. Размеры и форма месторождения обеспечивают добычу руды в большом масштабе и по низкой себестоимости открытым или подземным способом с применением системы разработки блоковым обрушением.

2. Медные минералы распределены настолько однородно в отдельных участках и блоках месторождения, что наиболее целесообразной является сплошная отработка месторождений.

3. Интрузия порфириров или родственных им пород играет важную роль в генезисе этих месторождений, хотя порфирировые породы не обязательно должны быть вмещающими.

4. Концентрации меди содействует геологический процесс, известный как вторичное обогащение, приводивший к образованию зоны выщелачивания, перекрывающей основное рудное тело, обогащенное халькозином.

5. Зона вторичного обогащения обычно подстилается зоной первичных бедных руд.

Более полное описание общих особенностей группы медно-порфирировых месторождений с характеристикой типовых представителей приводит А. Бэтман, который считает, что черт сходства между отдельными месторождениями больше, чем признаков различия. Последние, по его мнению, проявляются в составе вмещающих пород, форме и размерах рудных тел, содержании металлов, степени окисления и супергенного обогащения [15].

Близкие к перечисленным выше признаки медно-порфирировых месторождений даны и в более поздних работах, основанных на изучении месторождений различных регионов мира. Д. Ловелл и Д. Джилберт, например, отражающие в своей работе точку зрения многих современных зарубежных исследователей, определяют «порфирировое месторождение как медное или (и) молибденово-сульфидное месторождение, состоящее из вкрапленной и штокверковой прожилковой сульфидной минерализации, заключенной в различные коренные породы, которые изменились под действием гидротермальных растворов и образовали зоны изменений примерно концентрической формы» [204, с. 374].

В широко публиковавшихся за рубежом работах последнего десятилетия группа «porphyry copper» получила разностороннее освещение. Среди этих работ следует назвать книгу коллектива авторов под редакцией С. Титлея и К. Хикса «Геология медно-порфирировых месторождений Юго-Запада Северной Америки», подводящую определенный итог более чем шестидесятилетнему изу-

чению медно-порфировых месторождений США [183]; работу «Геология и металлогения Чили» [222], суммирующую общие особенности и закономерности размещения медно-порфировых месторождений Чили; книгу «Медные месторождения Ирана» [161], содержащую описание выявленных в Иране медно-порфировых и других типов медных месторождений, работу коллектива авторов «Металлогения Канадских Кордильер» [207] и много других.

В СССР к поискам и изучению медно-порфировых месторождений приступили значительно позднее, чем за рубежом: с конца 20-х — начала 30-х годов. Первое промышленное медно-порфировое месторождение Коунрад было открыто в 1928 г. М. П. Русаковым. Позднее М. П. Русаков писал, что советские геологи впервые познакомились с медно-порфировым типом в 1926—1927 гг. в Коктас-Джартаасском районе, но обследованные месторождения Коктас-Джартас и Коктас-Джал оказались сравнительно скромными по масштабу. «Однако путь к познанию этого типа месторождений был уже подготовлен, и осень 1928 г. дарит медепромышленность Союза мощным месторождением Коунрад...» [124, с. 4]. Кроме указанных выше в Казахстане в эти же годы были выявлены и другие месторождения медно-порфировых руд, связанные с массивами вторичных кварцитов. Подробный обзор этих исследований можно найти в работах М. П. Русакова, Н. И. Наковника.

В 30-е годы поиски медно-порфировых месторождений охватили не только территорию Казахстана, но и другие районы СССР: Среднюю Азию, Закавказье, Урал и пр.

В 1930—1931 гг. М. П. Русаков [123] отнес к медно-порфировой формации и оценил как соизмеримое по масштабу с Коунрадом месторождение Кальмакыр в Средней Азии, открытое в 1925 г. С. Ф. Машковцевым. Примерно в эти же годы к медно-порфировому типу, по заключению Е. Г. Багратуни, В. Г. Грушевого, М. П. Русакова [5], было отнесено разведывавшееся в Закавказье месторождение Агарак, и в СССР намечился еще один рудный район с медно-порфировой минерализацией, где в последующем был обнаружен ряд медно-молибденовых месторождений прожилково-вкрапленных руд, в том числе такое, как Каджаран.

Таким образом, на территории СССР в 30-е годы были выявлены три главных рудных района с медно-порфировой минерализацией, которые в течение четырех десятилетий составляли значительную долю сырьевых балансов медной промышленности СССР и не потеряли своего ведущего значения до настоящего времени.

Одна из главных заслуг советских геологов в изучении медно-порфировых месторождений в первую очередь состоит в том, что открытием таких месторождений, как Коунрад, Кальмакыр, Бошекуль и др., они впервые доказали перспективность на этот тип не только молодых мезозойско-кайнозойских, но и более

древних палеозойских областей. Тем самым еще тогда в 30-е годы со всей очевидностью была показана ошибочность долго бытовавшего мнения о приуроченности медно-порфировых месторождений исключительно к молодым орогеническим поясам. Хотя и до сих пор, даже в последних работах по новой глобальной тектонике, ряд исследователей по недоразумению продолжает отстаивать старый тезис о том, что медно-порфировые месторождения Казахстана и Узбекистана являются исключением из общего правила [228].

Не менее существенна отчетливо выявленная на примере Коунрада и других месторождений Центрального Казахстана тесная связь медно-порфировых месторождений с вулканизмом и палеовулканизмом (М. П. Русаков, Н. И. Наковник, К. С. Газизова и другие).

Следует также отметить, что именно при изучении медно-порфировых и корунд-андалузитовых месторождений (Коунрада, Семизбуги и др.) отечественными учеными впервые была выдвинута идея о рудоносных метасоматических формациях. В частности, Н. И. Наковником [89, 91] выделена и описана метасоматическая формация вторичных кварцитов как «особый генетический комплекс закономерно сочетающихся минеральных фаций», в связи с которой рассматривалось образование медно-порфировых месторождений.

В работах Ю. А. Билибина [11] впервые отмечено двукратное проявление медно-порфировых месторождений в истории развития геосинклинально-складчатых областей, как в конце ранних этапов, так и в поздние. Тем самым были созданы предпосылки для разделения медно-порфировых месторождений на отдельные группы и заложены основы для их классификации.

Только два десятилетия спустя в 1975 г. в зарубежных работах месторождения, подобные Бошекулю, были выделены в самостоятельную группу, отвечающую диоритовой модели их формирования в отличие от широко распространенных собственно медно-порфировых, соответствующих «монцититовой модели» [189].

В послевоенные годы изучением медно-порфировых месторождений занимались многочисленные коллективы геологов в разных районах страны. Большой вклад в разработку этой проблемы внесли С. Т. Бадалов, К. С. Газизова, И. М. Голованов, К. А. Карамян, А. В. Королев, И. Г. Магакьян, В. Т. Покалов, К. Л. Пожарицкий, И. Б. Федорова, Н. А. Хрущов и другие исследователи.

Если проанализировать главные направления исследований, проводившихся в течение последних 10—15 лет в СССР и наших странах, то станет очевидным, что наиболее многочисленны работы, в том числе монографические, посвященные описанию конкретных месторождений или групп месторождений отдельных районов.

В отечественной литературе наиболее полно охарактеризованы медно-порфировые месторождения старых горнорудных районов (Центрального Казахстана, Армении, Узбекистана) как в специальных монографиях [29, 80, 86, 154], так и в профилированных сборниках трудов коллективов авторов, список которых частично приведен в конце книги.

Наряду с работами по перечисленным выше темам в СССР и за рубежом в последние годы широко публикуются материалы, отражающие результаты изучения гидротермально измененных пород, зональности оруденения, геохимии и минералогии медно-порфировых месторождений.

Самостоятельное направление представляют работы с использованием математических методов обработки полученной многочисленной и разносторонней информации, позволившие статистически выразить характерность тех или иных признаков, разработать модель типового медно-порфирового месторождения.

Новый аспект изучения медно-порфировых месторождений, нашедший отражение во многих зарубежных публикациях последних лет,— рассмотрение региональных закономерностей их размещения, тектонического положения, особенностей магматизма, природы разрывных структур, зональности и др., а также процесса формирования самих месторождений с позиций новой глобальной тектоники. Исходя из этой концепции выдвигаются в ряде случаев перспективные на медно-порфировые месторождения новые регионы. Взаимосвязь медно-порфировых месторождений с глобальной тектоникой активно обсуждается как на примере старых хорошо изученных медно-порфировых провинций Южной и Северной Америки, так и на примере сравнительно новых регионов, таких как Филиппины, острова Океании, Иран.

В СССР применительно к медно-порфировым месторождениям концепция тектоники плит не получила в настоящее время столь активного обсуждения. Работы регионального плана проводятся по более традиционному пути: составление металлогенических и прогнозных карт как специальных, так и комплексных с выделением площадей, в разной степени перспективных на медно-порфировое оруденение.

*Определение понятия «медно-порфировые» месторождения. Основные задачи их изучения.* Практическая направленность в исследовании медно-порфировых месторождений на протяжении всей истории их изучения неразрывно сочеталась с познанием их генезиса: определением условий возникновения, установлением ведущих процессов и физико-химических параметров рудообразования и др. Генетические представления об особенностях формирования медно-порфирового оруденения нашли отражение в существующих классификациях эндогенных месторождений. Предложены, как известно, различные варианты таких классификаций: по параметрам процессов рудообразования — *p*, *T*-условиям; свя-

зи оруденения с магматизмом, характеру гидротермально измененных пород и др.

В общих генетических классификациях эндогенных месторождений медно-порфировые месторождения рассматриваются в группе среднетемпературных гидротермальных образований (П. М. Тартинов, И. Г. Магакьян, В. И. Смирнов). Именно медно-порфировые месторождения наряду с собственно молибденовыми типа Клаймакса и медно-турмалиновыми типа Брадена не укладывались в классификацию В. Линдгрена, в связи с чем А. Баддингтон, А. Грейтон, Ч. Парк и др. [66] сочли целесообразным выделить их в самостоятельную группу ксенотермальных и лептотермальных образований.

По характеру взаимосвязи с магматизмом одни исследователи рассматривают медно-порфировые месторождения в плутоногенном ряду, другие считают их типичными представителями вулканогенной группы месторождений. В сводной генетической классификации месторождений полезных ископаемых В. И. Смирнова [127], например, медно-порфировые месторождения помещены в плутоногенном классе гидротермальных месторождений, в его кварцевом подклассе. Образования кварцевого парагенезиса охватывают, по В. И. Смирнову, «разные месторождения, в том числе кварц-халькопиритовые — Коунрад в Казахстане, Алмалык в Узбекистане, Каджаран в Армении, Майами, Ахо и другие в США и т. п.» [127, с. 334].

К плутоногенной группе относят «так называемые медно-порфировые месторождения с подформацией собственно медных» Л. Н. Овчинников [32] и еще ряд исследователей (Г. Доуглас, П. Рутье, Д. И. Горжевский, В. Н. Козеренко и другие).

В известной классификации эндогенных месторождений П. Рутье [220] медно-молибденовые месторождения рассматриваются в группе, связанной с гранитными, преимущественно монзонитовыми плутонами во «внутриплутоническом подтипе», в который он включает также жильные месторождения с мышьяковистой медью, цинком, свинцом (мезотермальные), представленные густыми и сложными сетчатыми зонами, такие как Бьютт (Монтана), Чукикамата (Чили), и месторождения типа «rogrhygu sorreg», представленные сетчатым разветвлением минерализованных жилков в измененном монзоните, также минерализованном в верхних частях (без мышьяка). К этой группе он относит медно-молибденовые месторождения штатов Аризона, Невада, Юта, месторождение Коунрад в СССР.

В то же время другие исследователи, в частности В. Н. Котляр [32, 66], считают формацию месторождений медных прожилково-вкрапленных руд, «включающую образования, в большинстве случаев приуроченные к вулканическим структурам, типичным представителем глубинно-вулканических месторождений». Среди вулканических поместил медно-порфировые месторождения

Г. Н. Щерба [153], который отнес прожилково-вкрапленные молибденово-медные месторождения типа Коунрада, Бошекуля и другие к группе «гиповулканических», представляющих собой как бы промежуточный тип, близкий к тем, который связан с гипабиссальными интрузиями. В более поздней работе Г. Н. Щерба [32] указывает халькопирит-молибденит-серицит-кварцевые месторождения Закавказья, Юго-Западных штатов США и другие среди месторождений кварц-жильно-грейзеновой формации. «Наконец,— пишет он,— есть и третья группа месторождений, связанная с малоглубинными интрузиями, где процесс грейзенизации совершался быстро и в силу малых давлений оказался неустойчивым,— медно-молибденовые типа Каджарана...» [32, с. 423].

Разноречивые суждения высказывают исследователи относительно формационной принадлежности гидротермально измененных пород медно-порфировых месторождений. М. П. Русаков, Н. И. Наковник, К. С. Газизова [29, 91], например, относят медно-порфировые месторождения к формации вторичных кварцитов; А. И. Полетаев, З. М. Нурбаев, Г. Т. Волостных [24, 93, 108] — к аргиллизитам; Ю. В. Казизын — к оксеталитам [57]; Г. Э. Нарвайт — к пропицитам; В. И. Рехарский и В. В. Дистлер [114] — к полевошпат-кварцевым метасоматитам и т. д. Все это свидетельствует о многообразии группы медно-порфировых месторождений.

В результате проведенных исследований медно-порфировые месторождения в настоящее время относительно хорошо изучены и на их примере рассмотрен ряд общих вопросов процессов рудообразования. Вместе с тем само понятие «медно-порфировые» с течением времени все больше расширялось и теряло свою определенность. Какими же признаками должно обладать месторождение, чтобы его можно было отнести к медно-порфировым? По мнению автора это следующие.

1. Прожилково-вкрапленный штокверковый характер минерализации.

2. Устойчивый состав главных рудных минералов (пирит, магнетит, халькопирит, молибденит, в ряде месторождений — борнит, энаргит, халькозин) и сопутствующих им нерудных (кварц, серицит, калиевый полевой шпат, биотит, минералы группы каолина и др.).

3. Относительно низкие средние содержания меди в первичных рудах (0,3—0,8%) и значительно более высокие в окисленных (до 1—1,5%) при сравнительно равномерном распределении в окисленных и первичных рудах молибдена (от 0,005 до 0,05%). При этом характерно изменение в рудах соотношений меди и молибдена в широких пределах: с образованием групп существенно медных, молибденово-медных, медно-молибденовых месторождений.

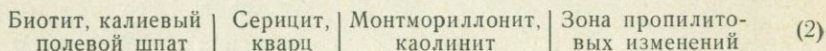
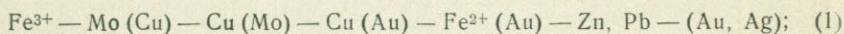
4. Пространственная связь оруденения с порфировыми интрузиями преимущественно среднего состава: гранодиорит-порфирами,

кварцевыми монзонит-порфирами; реже более кислыми (гранит-порфирами, кварцевыми порфирами) и более основными (диоритовыми порфиритами).

5. Приуроченность минерализации или непосредственно к порфировым интрузиям или к вмещающим их породам близлежащих экзоконтактовых зон: вулканогенным, интрузивным, метаморфическим.

6. Развитие оруденения в зонах широко проявленных гидротермально измененных пород, представленных серицит-кварцевыми, биотит-калишпатовыми, аргиллизитовыми и пропилитовыми типами метасоматитов.

7. Выдержанная зональность оруденения и гидротермальных пород, которую можно записать следующими рядами по максимумам проявлений рудных элементов (1) и ведущим парагенезисам нерудных минералов (2):



8. Большие запасы месторождений, обеспечивающие добычу руды в большом масштабе и по низкой себестоимости, а также возможность отработки месторождений открытым способом.

9. Возникновение богатых руд в связи с процессами окисления с образованием зон вторичного сульфидного обогащения, перекрывающих более бедные первичные руды.

10. Образование медно-порфировых месторождений в разные этапы развития геосинклиналино-складчатых областей: как до главных фаз складчатости в связи с геосинклиналиным магматизмом (на стадии островных дуг), так и после в связи с порфировыми интрузиями и вулканическими породами орогенных и активизационных стадий. По существу, именно это и намечает две главные группы молибденово-медных месторождений: 1) образующуюся до главных фаз складчатости, именуемую вслед за Ю. А. Билибиным бошекульской и 2) возникающую в орогенный этап, подразделенную на два типа (более близповерхностных вулканогенных месторождений — коунрадский тип — и более глубоких плутоногенных месторождений — кальмакырский тип). Различия между первой и второй группами весьма существенные и проявляются в особенностях петрохимии интрузий, морфологии тел, связи с другими типами месторождений, зональности, составе гидротермально измененных пород и т. д. Довольно четкие различия намечаются также между месторождениями второй группы: коунрадским и кальмакырским типами.

Подводя итог изучению медно-порфировых месторождений за прошедшие с начала их эксплуатации семь десятилетий можно отметить, что за истекшие годы этот тип стал важнейшим для про-

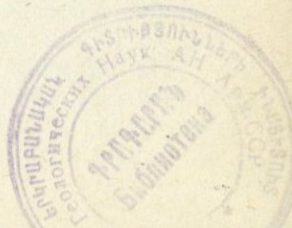
мышленности как основной источник меди, молибдена, существенного количества золота, ряда редких и рассеянных элементов. Особенно бурный «революционный» период в изучении медно-порфировых месторождений наблюдается в течение последних 10—15 лет. Резкое увеличение значения этого типа месторождений в мировой экономике, большие перспективы дальнейшего расширения минерально-сырьевой базы медной промышленности за счет открытия новых медно-порфировых месторождений привлекло интерес к ним геологов самых разных специальностей.

Современное состояние изученности медно-порфировых месторождений характеризуется тем, что выявленные в отдельных регионах закономерности, различные высказанные идеи и концепции остаются не увязанными друг с другом и не сведенными в общих публикациях. В связи с этим использовать их при практической работе часто оказывается довольно затруднительным. До сих пор остается справедливым высказывание Д. Ловелла и Д. Джилберта [204] о том, что «до настоящего времени имеется немного работ, посвященных сходству и различиям медно-порфировых месторождений как представителей одной группы».

2633  
Именно медно-порфировым месторождениям «как представителям одной группы» посвящена данная работа, в которой более полно, чем это сделано в литературе, в том числе ранее автором [67, 96, 99], рассмотрены как уже установленные, так и вновь выявленные закономерности и рудоконтролирующие факторы для разных формационных типов медно-порфировых месторождений.

Исходя из современного состояния изученности медно-порфировых месторождений, задачи их дальнейшего исследования можно сформулировать следующим образом: совершенствование классификации месторождений на формационной основе; выявление особенностей формирования, закономерностей размещения и освоенных на них критериев прогнозирования, в том числе количественных, как для типа в целом, так и для отдельных групп; разработка рекомендаций по рациональной методике поисков и прогнозирования в различных геологических обстановках; применение установленных критериев к прогнозной оценке изучаемых территорий, выдвижение на этом основании первоочередных для поисков площадей. Разработке именно этих вопросов посвящена настоящая работа.

Далее перейдем к рассмотрению особенностей медно-порфировых месторождений различных регионов мира.



## ГЛАВНЫЕ ПРОВИНЦИИ И ЗОНЫ С МЕДНО-ПОРФИРОВОЙ МИНЕРАЛИЗАЦИЕЙ

Главнейшие медно-порфировые месторождения, выявленные к настоящему времени на земном шаре, размещаются в трех глобальных структурах: Тихоокеанском, Средиземноморском и Урало-Монгольском подвижных поясах. Единичные месторождения обнаружены в других складчатых поясах (рис. 1, табл. 1).

Наиболее локализованные скопления медно-порфировые месторождения образуют в пределах американского сектора Тихоокеанского пояса. На западном побережье Северной и Южной Америки располагаются крупнейшие медно-порфировые провинции мира: Перу-Чилийская, Юго-Западных штатов США — Мексики, Британской Колумбии Канады. Промышленное медно-порфировое оруденение выявлено в последние годы также в Центральной Америке (Эквадор, Панама, Гватемала, Доминиканская Республика), Аргентине; новые месторождения открыты в Перу, Чили, Мексике и других частях Тихоокеанского побережья Америки. В настоящее время суммарная протяженность полосы распространения медно-порфировых месторождений на западном побережье американского континента составляет в общей сложности более 20 тыс. км.

В азиатском секторе Тихоокеанского пояса известны меньшие по масштабу проявления медно-порфировой минерализации: наиболее значительные на Филиппинах (о-ва Себу, Тоledo и др.), островах юго-западной части Тихого океана (Новая Гвинея, Бугенвиль, Фиджи и др.), в Японии; в СССР на Камчатке и Северо-Востоке в пределах Охотско-Чукотского вулканогенного пояса. Следует отметить, что именно в пределах Тихоокеанского пояса на островах Океании установлены наиболее молодые медно-порфировые месторождения, связанные с вулканизмом и интрузивной деятельностью неогенового периода с возрастом от 1,1, 1,7, 3,4 до 24 млн. лет [242].

На примере анализа закономерностей размещения медно-порфировых месторождений Тихоокеанского пояса могут быть рассмотрены многие особенности их формирования: взаимосвязь со стадиями развития островных дуг, глубоководными желобами, зо-

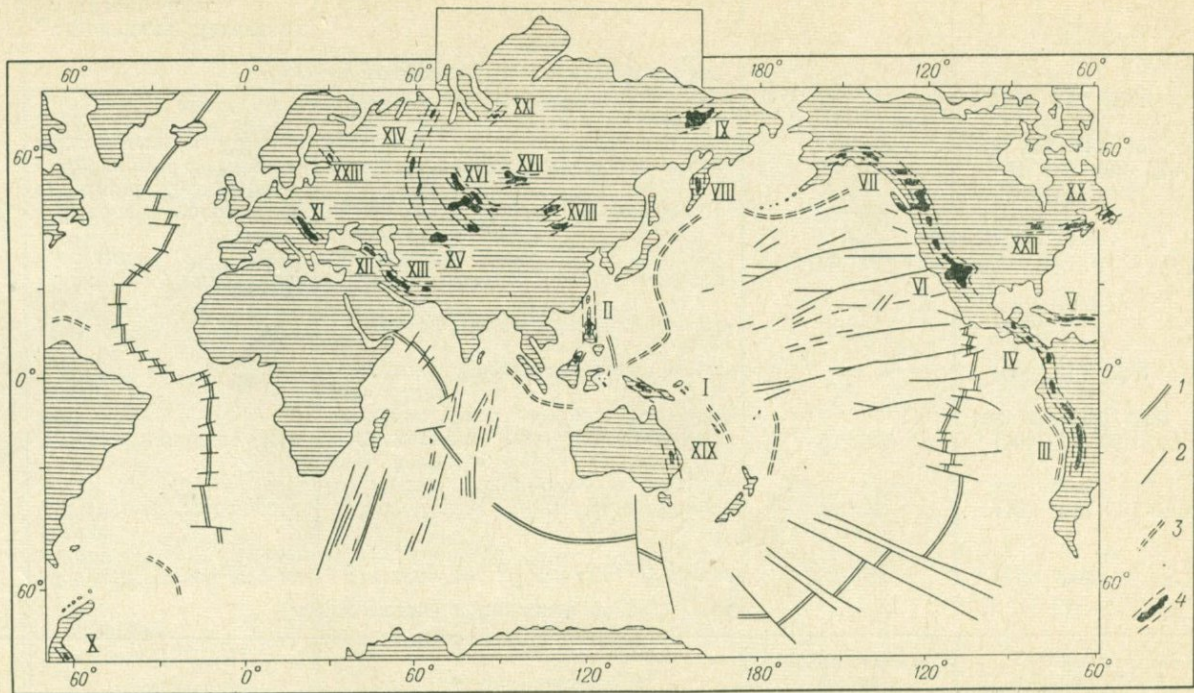


Рис. 1. Главные провинции и зоны с медно-порфировой минерализацией.

1 — оси активных океанических грабенов; 2 — разломы; 3 — активные океанические желоба; 4 — провинции и зоны с медно-порфировой минерализацией (I—XXIII; см. табл. 1) (1—3, по К. Ле Пишону, 1968 г.),

Главные рудные провинции и зоны с молибденово-медными порфировыми месторождениями

Номер (см. рис. 1)	Провинция, зона	Примеры месторождений (или рудопоявлений)	Абсолютный (млн. лет) и геологический возраст минерализации	Литература, использованная при описании зон, характеристике месторождений и составлении графических приложений
Тихоокеанский подвижный пояс				[52—54, 128, 135]
I.	Зона островов юго-западной части Тихого океана	Пангуна (о. Бугенвиль), Яндерра (Новая Гвинея)	1,1—24	[185, 242]
II.	Филиппинская зона	Санто-Томас, Санта-Нино, Кеннон (о. Лусон), Маркоппер (о. Мариндук), Атлас (о. Себу)	60—59	[156, 165, 201, 209]
III.	Перу-Чилийская провинция	Чукикамата, Эль-Сальвадор, Потрерильос, Лос-Пеламбрес, Эль-Теньенте (Чили)	89—9,5	[56, 72, 105, 167, 170, 188, 192, 299, 230, 232]
		Куахоне, Токепала, Морокоча (Перу)	59	[203, 213, 222]
IV.*	Зона Центральной Америки	Фаралон-Нигроу, Ма-Вида (Аргентина)	9—7,1	[199]
		Серро-Колорадо, Петакилья-Ботиха (Панама)	} 12,5—9	[184]
V.	Острова северной части Карибского моря	Чауча (Эквадор)		90—40
VI.	Провинция Юго-Западных штатов США и Мексики	Рио-Виви, Панама (Пуэрто-Рико)	70—55	[59, 181, 183, 200, 202, 208, 214, 216, 217, 226, 227]
		Трубки Капоте, Кананеа-Дулут Ла-Колорадо (Мексика, район Кананеа)	59—55	[105, 223, 231]
VII.	Провинция Канадских Кордильер, пояс: Межгорный	Хайленд-Валли, Бетлехем, Лорнекс, Валли-Коппер, Хаймонт	} 200—180, 75—55	[10, 160, 168, 177, 179, 180, 190, 205, 207, 211, 220, 233, 234, 237, 238, 246]
		Оминек Островной		
VIII.	Центральнокамчатская зона	Кирганикское и Шаромское рудные поля	K <sub>2</sub> — P	[21, 22]
IX.	Олойская зона	Находка, рудные поля Веснинское, Пряжка	K <sub>1</sub> , K <sub>2</sub>	[95]
X.	Антарктический полуостров	Берег Ласситера	119—99	[221]
Средиземноморский подвижный пояс				[84, 133, 135, 152, 195]
XI.	Борская зона Среднегорская зона	Майданпек (Югославия)	} K <sub>2</sub> — P	[131, 146, 206]
		Медет, Асарел (Болгария)		[12, 41, 55, 137, 138, 144, 145, 155, 162]
XII.	Балканская зона Зона Северо-Восточных Матра Банат	Елаците (Болгария)	} 37—35	[210, 240, 247]
		Речк (Венгрия)		
XIII.	Мисхано-Зангезурская зона Юго-западное обрамление Ирано-Афганского массива	Дева (Румыния)	K <sub>2</sub> — P	[157, 193]
		Каджаран, Агарак, Джиндара (Армянская ССР)	24—20	[16, 75, 76, 84—86, 147]
XIII.	Сар-Чешме (Иран) Массив Чагаи	Сар-Чешме (Иран)	K <sub>2</sub> — P	[161, 244]
		Форт Сайндак (Пакистан)	P	[151, 225, 241]
Урало-Монгольский пояс				[47, 48, 87]
XIV.	Урал, зона: Лекын-Тальбейская	Лекын-Тальбейское	PR — E (?)	[50, 73, 74, 112, 140]
XV.	Магнитогорская Валерьяновская Тянь-Шань, Кураминская зона	Салаватское	D — C	
		Бенкалинское	C <sub>2</sub> — C <sub>3</sub>	[1, 5, 6, 8, 18, 20, 25—27, 31, 33, 36, 38—40, 42, 58, 63—65, 88, 113]
XVI.	Казахстан: Прибалхашская	Кальмакыр, Дальнее, Сары-Чеку	309—270	
		Коунрад, Карабас, Актогай	326—319	[13, 14, 28—30, 33, 35, 36, 69, 71, 93, 94, 97, 108, 115, 148, 153, 154]
XVI.	Бошекульская Чингиз-Тарбагатайская, Зайсанская Южно-Джунгарская	Бошекульское	E — O (?)	[69, 71, 92]
		Кенсай, Кызылкаин	C <sub>1</sub> — C <sub>3</sub>	[109, 148]
		Коксай	300	[34, 126, 132]

Номер (см. рис. 1)	Провинция, зона	Примеры месторождений (или рудопроявлений)	Абсолютный (млн. лет) и геологический возраст минерализации	Литература, использованная при описании зон, характеристике месторождений и составлении графических приложений
XVII.	Алтае-Саянская об- ласть, Аксугская зона	Аксуг	D (?)	[2, 70]
XVIII.	Северо-Монгольская провинция Южно-Монгольская провинция	Эрдэнитуин-Обо  Цаган-Субарга	C — P  C <sub>1</sub> — C <sub>2</sub>	[23, 44, 78, 96, 141]
Другие подвижные пояса				
XIX.	Тасманийская складча- тая область, рудный по- яс Лахлан	Маунт-Коппер, Карго (Австралия)	385—340	[176, 243]
XX.	Аппалачи (Северная Америка)	Кларкс-Лейк, Игл-Лейк, Гаспе (Северная Америка)	Є — O, D	[191, 198]
XXI.	Северо-запад Сибир- ской платформы	Болгохтохское	180—170	[62]
XXII.	Оз. Верхнее — Гурон	Площадь Батчевана, трубка Бре- тон (Канада)	1070 ± 80	[163]
XXIII.	Карелия	Ялонвара	1800 ± 100	[110]
<p>Примечание. Наряду с перечисленными провинциями и зонами с молибденово-медной минерализацией, которые охарактеризованы в тексте, месторождения порфирирового типа известны в Китае: провинция Цзянси, Шаньси, Гирин (месторождения Тунчан, Чжунтяо-шань, Байцаогу). Возможно, к медно-порфирировому типу относятся некоторые месторождения Греции (Неохори), Турции (Бакирсай), Бирмы (Монива), Тайланда (Фу-Тон-Дан и др.), Японии (Кунибагуми на о. Окинава).</p>				

нами орогенного вулканизма, которые в более древних подвижных областях затушеваны последующими геологическими процессами.

Особого внимания заслуживают установленные в Британской Колумбии два возрастных интервала формирования промышленных медно-порфировых месторождений: триасово-юрский и палеогеновый.

Большой интерес представляют открытые в последние годы проявления медно-порфировой минерализации на Северо-Востоке СССР, в частности в Олойской зоне, также имеющие различный возраст [95]. Это, по существу, пока единственная зона с медно-порфировым оруденением на Азиатском континенте, расположенная во внешней части Тихоокеанского подвижного пояса. Опубликованные данные по месторождениям Канады, собранные материалы по Олойской зоне Северо-Востока СССР позволяют проследить переход в пределах Тихоокеанского пояса от молодых к более древним месторождениям и наметить эволюцию контролирующих их размещения структур.

В Средиземноморском подвижном поясе медно-порфировые или близкие к ним по типу месторождения, известные в Югославии, Болгарии, Турции, Армении, Иране, Пакистане, возникли на границе мела — палеогена или палеогена — неогена и располагаются в сходной геологической обстановке: в тыловых частях пояса, удаленных от продолжающих активно формироваться рифтовых структур и глубоководных желобов Средиземного моря и Юго-Восточной Азии.

Все медно-порфировые месторождения Средиземноморского пояса имеют близкий возраст. Однако исследователи обращают внимание на тот факт, что они залегают в разной геологической обстановке, связаны с различными проявлениями интрузивного магматизма и вулканизма. Эти месторождения обладают рядом общих черт состава и строения. В плане региональных геологических закономерностей особый интерес приобретает приуроченность их к зонам обрамления срединных массивов, на что, в частности, обращал внимание А. Д. Щеглов и др. [152], а также к особому типу структур — вторично-геосинклинальным прогибам, по терминологии Г. А. Гвалчрелидзе [134].

Материалы по месторождениям Средиземноморского пояса как бы дополняют данные по медно-порфировым месторождениям Тихоокеанского пояса и позволяют проследить ряд закономерностей, в частности связь с колчеданным оруденением, еще более отчетливо проявленную в палеозойских складчатых областях.

Третья глобальная структура, в пределах которой локализируются медно-порфировые месторождения, охватывает огромные пространства Центральной Азии, включая Урал, Центральный Казахстан, Среднюю Азию, Чингиз-Тарбагатай, Алтае-Саянскую область, Забайкалье, Монголию. Эта структура выделена Н. В. Муратовым (1965 г.) в Урало-Монгольский пояс [87].

Имеющиеся данные по медно-порфировым месторождениям этого пояса позволяют проследить особенности образования и закономерности размещения медно-порфировой минерализации в пределах каледонско-герцинских складчатых областей и завершающих их формирование орогенных поясов девонского и карбон-пермского возраста, с которыми наиболее тесно во времени и пространстве связано медно-порфировое оруденение.

Оруденение этого возраста на других континентах имеет резко подчиненное развитие, что само по себе представляет заслуживающий внимания факт. Следует ли рассматривать выявленные в СССР медно-порфировые месторождения палеозоя как исключение или, напротив, это закономерный факт, установленный благодаря планомерным поискам подобного типа месторождений и лишь опередивший на десятилетия открытие медно-порфировых руд в палеозоидах других континентов? По-видимому, имеет место и то и другое, поскольку недавно обнаружены проявления медно-порфировой минерализации в докембрии Канады, в палеозоидах Аппалач и каледонидах Восточной Австралии.

Помимо перечисленных трех главных подвижных поясов, локализуемых медно-порфировые месторождения, в 60-х годах они выявлены в принципиально новых геологических обстановках, в частности в докембрии Канады [158, 163]. Эти данные, а также признаки подобной минерализации, появившиеся в пределах Балтийского щита (Карелия), в древних блоках Полярного Урала, еще более расширяют возрастной диапазон развития медно-порфировых месторождений, а вместе с тем и перспективы их обнаружения.

Ниже в последовательности от молодых к более древним рассмотрены основные провинции и зоны с медно-порфировым оруденением и приведена краткая характеристика отдельных месторождений.

Среди последних были выбраны объекты, представляющие интерес с разных точек зрения: характерные для данной зоны, типовые для отдельных групп медно-порфировой формации (подобные Коунраду, Кальмакыру, Бошекулю и др.); расположенные в новых районах, где ранее медно-порфировая минерализация была не известна (северо-запад Сибирской платформы и Северо-Восток СССР, Речк в Венгрии и пр.); отличающиеся очень молодым возрастом (Яндерра, Новая Гвинея) или напротив «аномально» древним возрастом (Ялонвара, Карелия). Кроме того, интересно обратить внимание на ряд таких месторождений, как залегающие в древних докембрийских породах, подобные Рею в США или переходные по типу оруденения между медно-порфировыми и скарновыми, например Коппер-Маунтин в Канаде и т. п., в связи с возможностью обнаружения аналогичных месторождений в новых рудных районах на территории СССР.

При описании отдельных зон, поясов и характеристике месторождений, а также при составлении графических приложений наряду с указанными в тексте использовались опубликованные работы, приведенные в табл. 1.

## Глава I

### ТИХООКЕАНСКИЙ ПОДВИЖНЫЙ ПОЯС

Тихоокеанский подвижный пояс представляет особый интерес при анализе закономерностей размещения медно-порфировых месторождений. В последние годы именно на примере Тихоокеанского пояса рассмотрены многие особенности формирования медно-порфировых месторождений с позиций новой глобальной тектоники. Вне зависимости от того, разделять или не разделять эти представления, очевидно следующее.

1. Время формирования медно-порфировых месторождений (мел — палеоген — неоген) в Тихоокеанском подвижном поясе совпадает со временем активного развития океанических структур Тихого океана, датируемых этим же интервалом.

2. По особенностям размещения зон с медно-порфировой минерализацией в Тихоокеанском подвижном поясе можно выделить четыре варианта, которые ниже будут последовательно рассмотрены на примере отдельных провинций и районов: 1) Перу-Чилийской, 2) Британской Колумбии (Западной Канады), Юго-Западных штатов США — Мексики, 3) Филиппин, 4) островов Океании.

Перу-Чилийская провинция медно-порфировых месторождений располагается, как это видно на рис. 2 и отмечено многими исследователями [179, 187, 228], закономерно параллельно зоне Беньоффа, отчетливо выраженной вдоль всей западной границы Южной Америки. Именно этот район послужил основой модели формирования медно-порфировых месторождений в схеме глобальной тектоники: это известный вариант сочленения океанической и континентальной коры без островных дуг.

Не менее типичны районы Британской Колумбии (Западная Канада), а также Юго-Западных штатов США. Медно-порфировые месторождения располагаются здесь непосредственно на продолжении главной осевой рифтовой структуры Тихого океана. Соответственно здесь особенно четко проявляется ведущая роль систем разломов. В частности, в пределах Британской Колумбии обращает на себя внимание прямоугольная сеть рудоконтролирующих структур, отчетливо повторяющая в пределах континента узор срединно-океанических хребтов с их сопряженной системой продольных и трансформных разломов.

Третья типовая позиция медно-порфировых месторождений может быть рассмотрена на примере Филиппин, частично Японии,

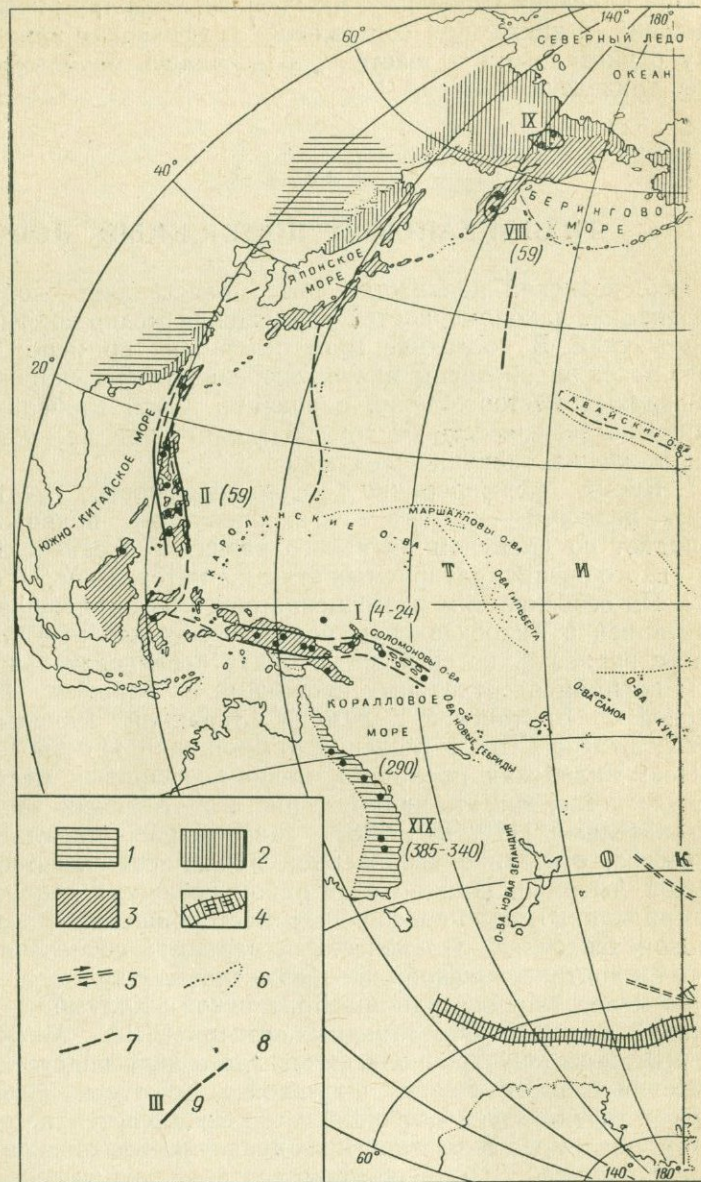
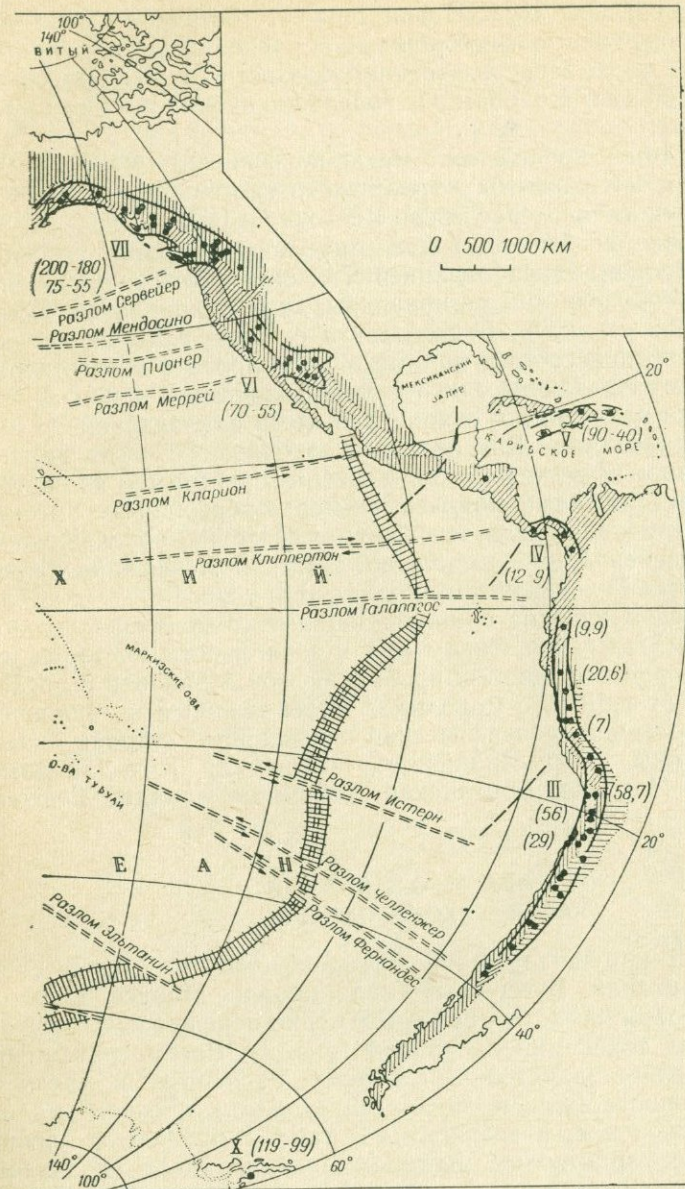


Рис. 2. Размещение провинций и зон с медно-порфировой минерализацией в кевич,  
1—3 — области разновозрастной складчатости (1 — каледонской и варисской, 2 — киммерийской и рифтовой зона; 5 — трансформные разломы (стрелки указывают направление сдвига); 6 — островные дуги Тихоокеанской впадины; 7 — разломы; 8 — медно-порфировые месторождения; 9 — границы провинций и зон с медно-порфировым оруденением и номера послед. млн.



пределах Тихоокеанского подвижного пояса. Геологическая основа, по Е. А. Рад-1972 г.  
ской и ларамийской, 3 — альпийской); 4 — Восточно-Тихоокеанский Океанический хребт и 6 — островные дуги Тихоокеанской впадины; 7 — разломы; 8 — медно-порфировые месторождения (римские цифры, см. табл. 1); цифры в скобках — абсолютный возраст минерализации, лет.

Камчатско-Курильской дуги, Новой Гвинеи, островов Океании. Здесь медно-порфировые месторождения располагаются в пределах островных дуг в непосредственной близости от зон Беньоффа с резко очерченными желобами и краевыми вулканическими зонами (поясами).

Четвертый тип — проявление медно-порфировой минерализации в пределах зон развития интенсивного орогенного вулканизма — рассмотрен на примере Северо-Востока СССР.

Сопоставление особенностей геологического строения районов с медно-порфировой минерализацией Тихоокеанского кольца показывает многообразие как региональных, так и локальных рудоконтролирующих структур. В этой связи одна из главных задач настоящего описания состоит в выяснении вопроса о том, что общего во всех этих различных по условиям залегания районах, что предопределило появление и сохранение здесь анализируемого нами типа минерализации? Как отличить из большого числа характеристик каждого из этих районов и зон те, которые являются главными, определившими появление медно-порфировых месторождений? Как использовать эти главные факторы, обусловившие появление оруденения, для выявления новых перспективных площадей в пределах Тихоокеанского подвижного пояса?

Ниже приведем краткие наиболее важные сведения по геологии и условиям залегания, типам руд и зональности месторождений главных медно-порфировых провинций, зон и районов в последовательности от наиболее молодых к более древним и одновременно в определенной географической очередности: острова Океании и Филиппины, Перу-Чилийская провинция, Юго-Западные штаты США — Мексика, Британская Колумбия Канады, Северо-Восток СССР.

### ОСТРОВА ЮГО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ТИХОГО ОКЕАНА

На островах юго-западной части Тихого океана — Новой Гвинеи, Новой Британии, Бугенвиле, Гвадалканале, Манусе и др. — в настоящее время известно более 20 медно-порфировых месторождений и ряд точек минерализации (рис. 3). Рассматриваемый район представляет значительный интерес, во-первых, в связи с тем, что выявленные здесь месторождения обладают очень молодым миоцен-плиоценовым возрастом. В табл. 2 приведены некоторые наиболее характерные месторождения и указан диапазон времени формирования интрузивных пород и связанной с ними минерализации, соответствующий интервалу от 24 до 1,1 млн. лет. Во-вторых, это район проявления активной вулканической деятельности, формирования современных островных дуг и сопряженных с ними зон Беньоффа. В-третьих, обращает на себя внимание совпадение в хронологии определенных событий в истории Ти-

хоокеанского бассейна и времени развития медно-порфировой минерализации. Исследователи, например, отмечают следующие интересные факты, суммированные в работе С. Титлея [242].

1. Возраст медьсодержащих интрузий Новой Британии 22—24 млн. лет соответствует изменению направления движения Тихоокеанской плиты, которое датируется цифрой  $24,6 \pm 2,5$  млн. лет.

2. Интрузии и минерализация гор Бисмарк, Фреда-Ривер возникли в интервале между 16 и 12 млн. лет, что сопоставляется с началом образования Тихоокеанского хребта (20 млн. лет) и завершением формирования Северо-Восточного хребта (9 млн. лет). Предполагается при этом, что длинная ось Новой Гвинеи имела более северное направление, чем сейчас.

3. Увеличение скорости движения плиты в западном направлении, для которой определен возраст 10 млн. лет, находится в соответствии с возрастом интрузий и медно-порфировой минерализации в месторождениях Яндерра, Кайнанту, Пангуна, Эрцберг (см. табл. 2). Сдвиг в ориентировке структур впадины Вудларк в 1 млн. лет соответствует по времени возрасту минерализации в Гвадалканале и горе Фабиан. Основываясь на сейсмических и гравитационных данных, определениях радиометрического возраста, исследователи намечают для рассматриваемого района ре-

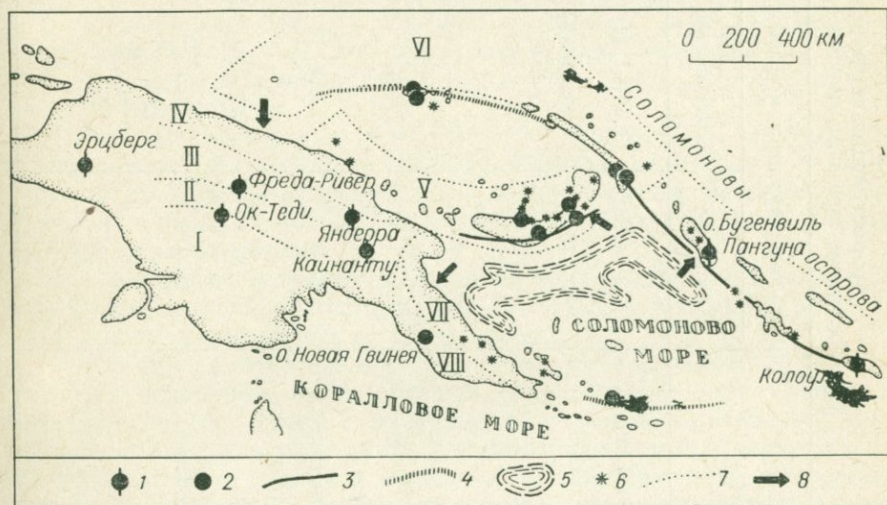


Рис. 3. Схема размещения медно-порфировых месторождений и рудопроявлений островов юго-западной части Тихого океана (район Новой Гвинеи — Соломоновых островов) по отношению к системам современных фронтальных и более древних островных дуг. Составлена по данным С. Титлея [242], обобщившего работы ряда исследователей.

1 — медно-порфировые месторождения; 2 — рудопроявления; 3 — «фронтальные» дуги — зоны проявления активного вулканизма; 4 — «остаточные» дуги; 5 — океанические впадины; 6 — активные вулканы; 7 — зоны проявления разновозрастного магматизма (I—VIII — от более раннего к более позднему, современному); 8 — направление поддвижения плит.

Возраст медно-порфировой минерализации  
островов юго-западной части Тихого океана [242]

Месторождения	Абсолютный возраст, млн. лет		Геологический возраст минерализации	Источник
	интрузий	минерализации		
Гора Фабилан (Ок-Теди)	1,9—4,9(?)	1,11—1,24	Плейстоцен	Р. Пейдж, Я. Мак-Доугелл (Page, McDougall, 1972)
Фреда-Ривер	13—16	13—16(?)	Миоцен—плиоцен(?)	
Яндерра	12,5	7	То же	
Кайнанту	7,5—10	7,5—10(?)	"	
Эрцберг	3,1±1,2	—	Плиоцен	Д. Флинт, Б. Скиннер (Flint and Skinner, 1974)
Пангуна (о. Бугенвиль)	4—5	3,4	"	Р. Пейдж, Я. Мак-Доугелл (Page, McDougall, 1972)
Колоула (Чакора)	8	1,7(?)	Плейстоцен	Р. Томпсон (Thompson, 1973)
Манус (Адмиралтейские ост- рова)	—	—	Миоцен—плиоцен(?)	С. Титлей (Tittley, 1975)
Новая Ирландия	—	—	"	

конструкции, определяющие границы плит и направления их движений.

Интерпретация отдельных исследователей не совпадает в деталях, но общая картина близка к представленной на рис. 3. При этом медно-порфировая минерализация располагается здесь дугой, огибающей Соломоново море. На основании сейсмических данных падение зон Беньоффа также закономерно меняется от юго-западного (район Пангуны) через северное до северо-восточного (район Фиджи) при сохранении падения под острова. Таким образом, медно-порфировые месторождения в этом районе надежно могут быть «привязаны» к зонам Беньоффа. Они располагаются в их висячем боку, удаляясь от выхода зон на поверхность на 200—400 км.

Островные дуги — Соломоновы острова, Новая Британия и Западные Меланезийские — достаточно сходны по литологии слагающих их пород и истории геологического развития. В то же время и для Новой Гвинеи состав пород и тектоника отражают более длительную и сложную историю осадконакопления, магматизма, метаморфизма и деформаций. Однако возраст интрузий и медной минерализации повсеместно близкий, что дает основание для предположения об общем в пределах рассматриваемых структур ходе процесса минерализации. Например, минерализация с возрастом около 1 млн. лет известна как для Гвадалканала, так и Новой Гвинеи, а с возрастом 3 млн. лет — для Бугенвиля и Западного Ириана.

Почти все острова, за исключением Новой Гвинеи, сложены вулканическими породами: главным образом андезитами и дацитами и их вулканокластическими эквивалентами, которые являются вмещающими как для интрузий, так и для связанной с ними медной минерализации.

На некоторых островах отмечаются также палеоген-неогеновые карбонатные породы, местами превратившиеся в скарны, но медной минерализации в них не обнаружено.

Несмотря на некоторые отличия, тип медной минерализации в целом в островных дугах сходный. Оруденение встречается в пространственной связи с интрузиями диоритов — кварцевых диоритов, на контакте их с вулканическими породами, меняющимися по составу от андезитов до дацитов. В большинстве месторождений минерализация развивается как в интрузивных, так и вмещающих их вулканогенных породах. В ряде месторождений на островах Новой Британии и Манусе, а также в Пангуне главная минерализация приурочена к андезитам или дацитам. В двух месторождениях (Колоуле и Яндерре) минерализация локализуется полностью в интрузивных породах.

По составу среди интрузивных пород преобладают диориты с переходами от кварцевых диоритов к более кислым разновидностям: гранодиоритам и в отдельных случаях даже к кварцевым монцо-

нитам. Наиболее высокие гипогенные концентрации меди встречаются в связи с более кислыми и щелочными разностями интрузивных пород. Во многих телах кварц-диоритовых пород содержание меди составляет 0,05—0,1%. Медные минералы развиваются обычно по темноцветным минералам пород.

Вмещающие минерализацию породы изменены гидротермальными процессами. В андезитах широко проявлены пропилитизация и локально вдоль трещин кварц-серицитовые изменения. В диоритах в зонах пропилитизации развиты прожилки ортоклаза, эпидота и сульфидов.

Другим широко распространенным типом изменения является карбонатизация, сопровождающая непосредственно халькопиритовую минерализацию.

К наиболее распространенным медным минералам относится халькопирит, в подчиненном количестве встречается борнит, в небольшом количестве как второстепенный минерал молибденит, иногда самородное серебро, висмутин, галеновисмутит, повсеместно распространены пирит и марказит. Для ряда месторождений характерно присутствие золота, содержание которого находится, как отмечают, в прямой зависимости от содержания меди. Данные о содержании меди, золота, молибдена и других элементов очень неполные. В Пангуне, например, содержание меди составляет 0,72%, золота 0,63, серебра 2,03 г/т, зональность проявлена нечетко и выражена в основном в изменении содержания меди.

Большинство выявленных месторождений еще не получило промышленной оценки и находится в стадии изучения. Эксплуатируются пока единичные месторождения. В качестве примера рассмотрим ниже месторождение Яндерра.

Месторождение *Яндерра* находится на о. Новая Гвинея, в центральном нагорье Папуа [185]. Месторождение располагается в пределах прослеженной почти на 8 км зоны со слабопроявленной минерализацией. Это крупное месторождение относительно бедных руд. От других месторождений островов юго-запада Тихого океана оно отличается тем, что залегает среди интрузивных пород в центральной части крупного батолита Бисмарк. В региональном плане оно приурочено к поднятому блоку, ограниченному сбросами северо-западного простираения, сложенному метаморфическими и вулканическими породами. Эти породы прорваны многофазным интрузивным комплексом Бисмарк. Главное тело представляет собой батолит длиной ~50 км при ширине ~20 км (рис. 4).

В районе интенсивно проявлена разрывная тектоника. Разломы контролируют размещение интрузивных тел, зон изменения и рудной минерализации. Выделяются сбросы, зоны скальвания, тектонических брекчий.

Минерализация приурочена к зоне с многократно проявлявшейся интрузивной деятельностью. Диоритовые и кварц-монцитовые неки и дайки внедрены здесь в крупнозернистые гранодиориты более ранних фаз.

В зоне эндоконтакта широко распространены брекчиевые тела и многочисленные дайки роговообманковых кварц-диоритовых порфиров и дацитовых порфиров, андезитов, кварцевых латитов. Брекчии внедрения представлены небольшими телами неправильной формы до 100 м в сечении или дайкоподобными телами до 1,5 км по простиранию и 300 м по мощности, а также крутопадающими или вертикальными трубообразными телами, расположенными вблизи контакта штоков кварц-диоритовых порфиров и гранодиоритов. Брекчиевые тела состоят из обломков интрузивных пород, сцементированных интенсивно хлоритизированной раздробленной массой того же состава, что и обломки, иногда дацитовый или диоритовой породами.

К характерным типам изменения вмещающих пород относятся: 1) пропилитизация, слабо развитая по всему району, хлоритизация роговой обманки и биотита, альбитизация плагиоклаза, новообразование эпидота, карбонатов монтмориллонита; 2) ортоклаз-биотит-хлорит-серицитовое изменение — наиболее распространенный тип в зонах интенсивной трещиноватости и богатой медной

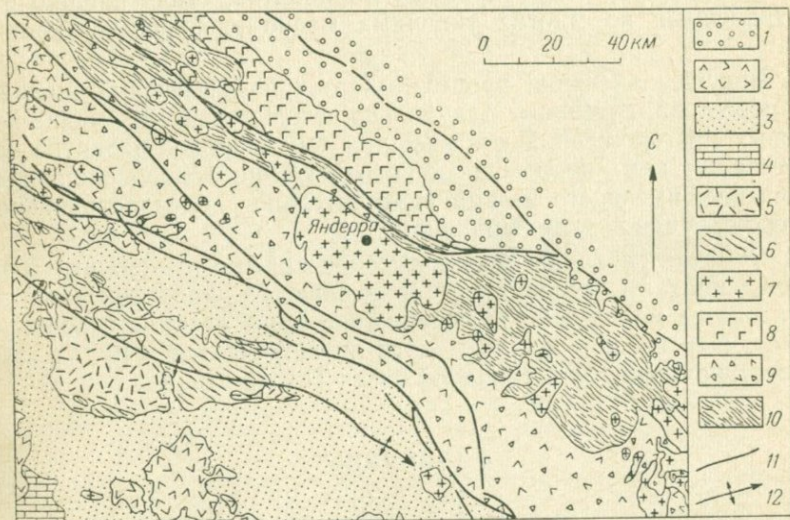


Рис. 4. Геологическая карта района месторождения Яндерра [185].

1 — аллювий, Q; 2 — среднекислые — основные вулканические породы, Q; 3 — кластические осадки, MZ—P; 4 — известняки, MZ—P; 5 — кислые интрузивы, PZ; 6 — метаморфические породы, PZ; 7, 8 — интрузивные породы, N<sub>1</sub> (7 — среднекислые, преимущественно гранодиориты, 8 — основные и ультраосновные); 9 — морские вулканические породы, а также флишевые и другие кластические осадки, MZ—P; 10 — слабометаморфизованные осадочные породы, MZ—P; 11 — осевые линии складок; 12 — сбросы.

минерализации. Характерными минералами этого типа измененных пород являются: ортоклаз, кварц, мелкозернистый биотит, хлорит, эпидот, магнетит. Ореолы интенсивных хлорит-серицитовых изменений, отчетливо наложенных на более ранние изменения, сопровождают халькопирит-пиритовые жилы. Кварц-аргиллизит-серицитовые измененные породы образуют ореолы вдоль крутопадающих пиритовых жил, встречающихся по всему району.

Первичные сульфиды представлены пиритом, халькопиритом, борнитом, молибденитом, сфалеритом, галенитом. Встречаются также магнетит, ильменит, гематит, в небольших количествах присутствует золото. К наиболее распространенным жильным минералам относятся: кварц, ортоклаз, хлорит, биотит, эпидот, карбонат, серицит.

Интенсивность рудной минерализации пропорциональна интенсивности трещиноватости.

При сравнении медно-порфировых месторождений островов юго-западной части Тихого океана и типовых провинций, в частности Юго-Западных штатов США, исследователи обращают внимание на следующие различия [242].

1. Взаимосвязь медно-порфировых месторождений островных дуг с более основными и менее щелочными интрузиями: диоритами, кварцевыми диоритами при подчиненном развитии гранодиоритов и отсутствии кварцевых монзонитов, столь широко распространенных во многих типичных медно-порфировых провинциях.

2. Ведущее значение пропилитового типа изменений вмещающих пород, характерного для большинства типичных медно-порфировых месторождений для внешних зон; широкое развитие карбонатизации как процесса, непосредственно сопровождающего оруденение, имеющего весьма незначительное распространение в месторождениях других провинций.

3. Отмечается также более высокое содержание золота в месторождениях на островах по сравнению с континентальными. Что касается молибдена, то содержание этого металла в большинстве случаев не определялось, хотя он встречается в рудах многих месторождений юго-западной части Тихого океана.

### ФИЛИППИНЫ

На Филиппинах выявлено большое число медно-порфировых месторождений и ряд точек с минерализацией этого типа (рис. 5). Более десяти месторождений в настоящее время разрабатываются или готовятся к эксплуатации.

Медно-порфировые месторождения располагаются в зоне, совпадающей с географической осью архипелага и выделяемой исследователями как «мобильный пояс» Филиппин [156, 165, 182].

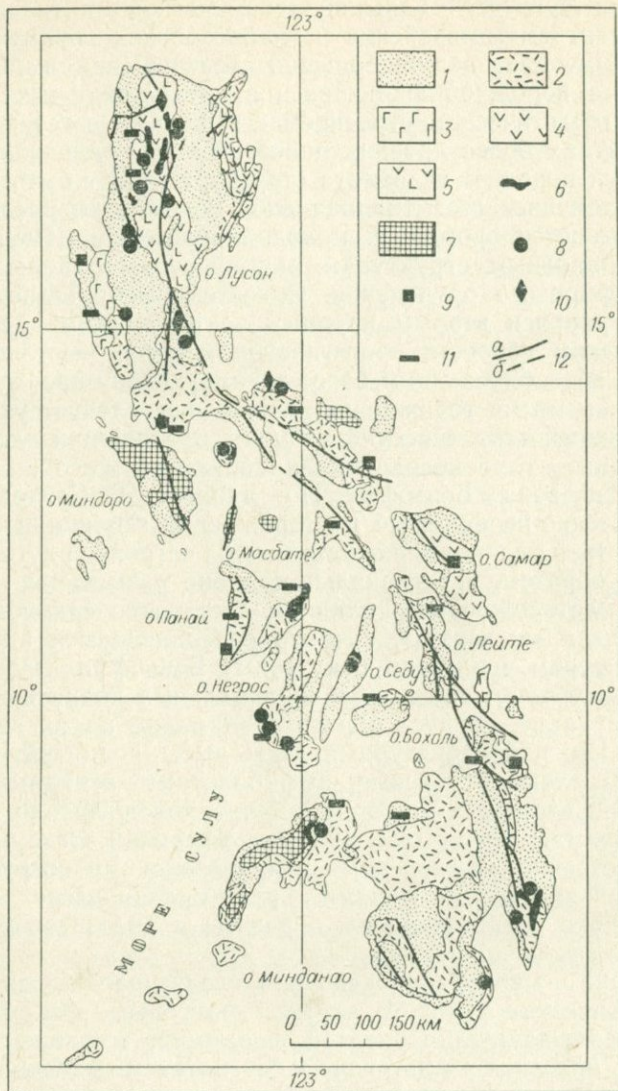


Рис. 5. Схема размещения медных месторождений на территории Филиппин. Составлена на основании геологической карты Азии и Ближнего Востока [182] и данных Л. Бринера [165] и других.

1 — палеоген-неогеновые и четвертичные осадочные породы, P—Q; 2 — вулканические породы, преимущественно андезиты, N<sub>2</sub>—Q; 3 — основные и ультраосновные породы, K—P; 4 — андезиты, P<sub>2</sub>—N<sub>1</sub>; 5 — основные вулканические породы: спилиты, базальты, андезиты, K—P; 6 — диориты, кварцевые диориты, P—N; 7 — породы основания, PE, PZ (?); 8—11 — месторождения (8 — медно-порфировые, 9 — колчеданные, 10 — скарновые, 11 — неясной формационной принадлежности); 12 — главные разломы (a — прослеженные, б — предполагаемые).

Пояс характеризуется большой сейсмической активностью, широким развитием мезозойских и кайнозойских вулканогенных и интрузивных образований, большой степенью деформации и метаморфизма пород, обнажающихся в антиклинальных поднятиях, сложным геологическим строением с выходами в геоантиклинальных поднятиях более древних палеозойских, интенсивно метаморфизованных пород. В целом эта структура может быть рассмотрена как устойчивое геоантиклинальное поднятие, в пределах которого развивается орогенный молодой вулканизм. Именно к этим геоантиклинальным структурам и приурочены районы развития медно-порфиrowого оруденения. С востока мобильный пояс Филиппин ограничен вторым крупным тектоническим элементом — Филиппинским сбросом, протягивающимся на расстояние более 1000 км и обособливающим более западную зону преимущественно с колчеданными месторождениями. Наконец, следует указать и на третий важный тектонический элемент, проходящий вдоль восточной окраины, — глубоководный Филиппинский желоб, рассматриваемый как зона Беньоффа. По данным Г. Сантоса (Santos, 1972 г.), медно-порфиrowые месторождения Филиппин располагаются в третьей от Филиппинского желоба островной дуге.

Таким образом, в региональном плане размещение медно-порфиrowых месторождений Филиппин достаточно закономерно: они приурочены к «тыловым», активно развивающимся антиклинальным структурам в висячем боку зоны Беньоффа. Рассматривая эти рудоконтролирующие геоантиклинальные поднятия в более локальном плане, следует обратить внимание на их двухэтажное строение. Нижний структурный этаж этих поднятий (комплекс основания) сложен гнейсами, амфиболитами, аспидными сланцами и метаизверженными породами предположительно палеозойского возраста. Перекрывающий более верхний этаж представлен преимущественно мезозойскими и кайнозойскими интрузивными и вулканогенными образованиями. Среди вулканических пород наиболее широко распространены андезиты и андезитодациты, формировавшиеся неоднократно.

В эоцене — миоцене происходило следующее изменение состава магматических пород. В эоцене — олигоцене возникали вулканические андезит-дацит-липаритовой формации, в раннем — среднем миоцене — андезит-базальтовой и в позднем миоцене — плиоцене — андезит-дацит-липаритовой. Суммарная мощность вулканогенных толщ составляет более 5000 м.

Среди интрузивных пород преобладают диориты, относимые к двум возрастным группам: олигоцену и среднему миоцену (резко преобладают по площади). Близкие по составу породы, слагающие обособленные тела — «диоритовые комплексы», по терминологии филиппинских геологов, — изменяются по структурно-текстурным особенностям: от равномернозернистых до порфиrowых. Характерной чертой изверженных пород является тесная ассоциация

диоритов и андезитов, образующих в ряде случаев постепенные взаимные переходы.

С диоритовыми комплексами генетически связывают медно-порфировое оруденение Филиппин [165, 201, 245]. Возраст интрузивных тел и минерализации по геологическим данным и единичным опеределениям К—Аг-методом датируется как эоцен (59,7 млн. лет). Однако месторождения повсеместно приурочены не к диоритам, а к телам андезитовых и дацитовых порфиров, развивающихся в приконтактовых зонах или куполах интрузивно-вулканических построек. В некоторых месторождениях, например Лутопан, рудная минерализация приурочена к телу биотитовых диорит-порфиров грибообразной формы, переходящих в кровле в кварцевые диориты. Рудные тела, представленные зонами штокверковой прожилково-вкрапленной минерализации, располагаются обычно в приконтактовых частях интрузивов и прилегающих боковых породах или в тех и других. Рудные штокверки образуют, как правило, крутопадающие призматические или столбообразные тела, в более редких случаях горизонтальные, пластообразные залежи, например месторождение Маркоппер на о. Мариндук [201].

Рудные штокверки контролируются зонами сбросов, участками их пересечения или сопряжения. Особенно отчетливо контроль разрывной тектоникой проявляется в провинции Маунтин на о. Лусон. На протяжении 60 км вдоль оси Центральных Кордильер здесь располагаются четыре месторождения: Санто-Томас-II, Кеннон, Санта-Нино и Бонен.

Гидротермально измененные породы, сопровождающие рудную минерализацию, представлены хлоритовыми, кварц-серицитовыми, биотитовыми метасоматитами. Биотитизация особенно интенсивно проявлена в вулканических породах на контакте их с интрузиями. Более подчиненным распространением в пределах месторождений пользуются эпидот, монтмориллонит, пирофиллит, каолинит, ангидрит, гипс. Основными медными минералами всех месторождений являются халькопирит, в небольшом количестве борнит, содержание которого в ряде месторождений заметно увеличивается с глубиной, например Атлас, Сипалай, Санто-Томас-II, Санта-Нино. Из других минералов, имеющих в отдельных месторождениях промышленное значение, встречаются магнетит, пирит, молибденит, золото, серебро. Содержание меди колеблется от 0,5 до 0,8%; запасы руды от 20 до 200 млн. т.

На примере медно-порфировых месторождений Филиппин представляется интересным подчеркнуть следующие особенности, характерные для рассматриваемой группы месторождений. Приуроченность медно-порфирового оруденения к участкам с неоднократно проявлявшейся интрузивной и вулканической деятельностью, главным образом предшествующей рудоотложению, а также многократно повторявшимися тектоническими подвижками:

до-, внутри- и послерудными. Тесная ассоциация и взаимные переходы от диоритов к андезитам составляют характерную особенность магматических пород, в связи с которыми встречаются на Филиппинах медно-порфировые месторождения. Особенно отчетливо проявляется взаимосвязь оруденения с вулканоплутоническими комплексами андезито-диоритового состава, что свидетельствует о формировании его в определенных условиях глубинности.

### ПЕРУ-ЧИЛИЙСКАЯ ПРОВИНЦИЯ

Перу-Чилийская провинция, в пределах которой располагаются крупнейшие медно-порфировые месторождения мира Чукикамата, Эль-Теньенте (Браден), Эль-Сальвадор, Рио-Бланко, Потрерильос и ряд более мелких, прослеживается узкой (25—30 км) полосой общего близмеридионального простирания на расстоянии более 2500 км вдоль Тихоокеанского побережья Южной Америки (рис. 6). На медно-порфировый тип в Чили падает около 85% добычи меди и ~90% молибдена; в Перу — больше 90% добычи меди.

В региональном плане положение провинции определяется приуроченностью к так называемому андезитовому кольцу Тихого океана, включающему рассматриваемые медно-порфировые месторождения Перу и Чили, а также ряд других поясов, зон и рудных полей с крупными месторождениями меди, золота, серебра, колчеданных и свинцово-цинковых руд, ртути и других металлов на американском и азиатском побережье Тихого океана. В Перу-Чилийском поясе палеоген-неогеновый андезитовый вулканизм развивался не в пределах островных дуг, как это имело место в рассмотренных выше случаях (на о-вах Океании, Филиппинах), а наложился в виде орогенного пояса на континент с проявившимся здесь ранее на геосинклинальной стадии (в юрский период) андезитовым вулканизмом. Таким образом, для Перу-Чилийского пояса характерным является согласное, унаследованное развитие андезитового вулканизма, что нашло отражение в общей синклинальной структуре этого пояса. Пояс размещается вдоль крупного структурного шва, соответствующего границе эв- и миогеосинклинальных зон раннеюрской эпохи. Двукратное проявление в пределах пояса андезитового вулканизма, а также близкого по составу интрузивного магматизма и создает, по мнению автора, благоприятные условия для формирования медно-порфировых месторождений.

По данным М. Г. Ломизе [72], опубликовавшего ряд статей по особенностям вулканизма рассматриваемого пояса, в пределах последнего выделяют две серии пород, соответствующие двум этапам донеогенового вулканизма. Ранний этап вулканизма, соответствующий по времени поздней юре и связанный с геосинкли-

нальным погружением, проявился в основном во внутренней части геосиклинали (в тектонической зоне Берегового хребта) и представлен породами андезит-базальтовой формации. Второй этап вулканизма (от позднего мела до палеогена и неогена включительно) протекал в континентальных условиях, выразился мощным наземным андезитовым вулканизмом и широко проявленным комплексом малых интрузий. Накопление вулканических серий второго этапа и формирование интрузивного комплекса происходило в узкой полосе, расположенной между батолитовым поясом на западе, в пределах которого, как полагают [230], медно-порфировые месторождения уничтожены эрозией, и поясом вулканов на востоке, где обнажаются только отдельные месторождения, выведенные эрозией на поверхность.

Среди интрузивных и субинтрузивных пород наиболее широко распространены гранит, кварцевый монцитит и гранодиорит, тоналитовые и монцититовые порфиры, латиты и дациты. Интрузивные породы представлены, как правило, телами небольшого размера, имеющими штоко- или жилообразную форму.

В пределах пояса в пространственной связи с комплексом палеоген-неогеновых малых интрузий встречаются многочисленные медно-порфировые месторождения. В соответствии с данными определений абсолютного возраста временной интервал формирования интрузий и медно-порфировой минерализации довольно растянутый: от 89 (Лос-Лорес, Чили) до 9,5 (Лос-Пеламбрес, Чили) и 7,1 млн. лет (Фаралон-Нигроу, Аргентина) [230]. По место-

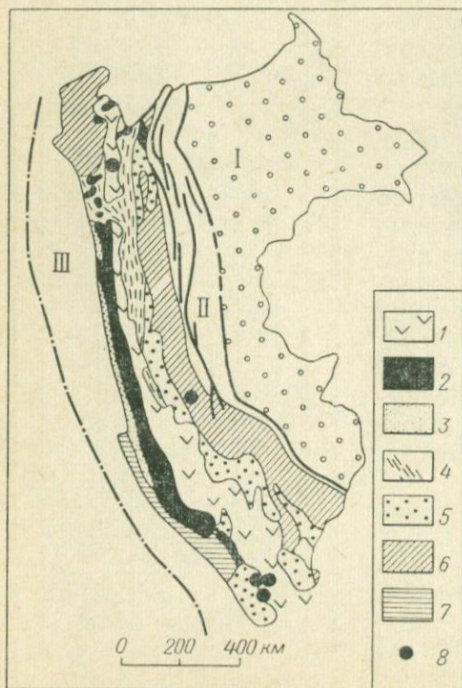


Рис. 6. Особенности размещения медно-порфировых месторождений Чили, по А. Саламансу, 1964 г.

1 — породы неокома; 2 — порфиры и брекчии; 3 — зона распространения медных месторождений типа манта; 4 — границы медной металлогенической провинции; 5 — медно-порфировые месторождения.

рождению Чукикамата, например, имеются такие определения абсолютного возраста: для гранодиоритов Фортуна 36,9 и 35, для гидротермального серицита из рудного тела  $29,2 \pm 0,5$  млн. лет. Известные медно-порфировые месторождения Перу главным образом палеогеновые: Токепала — 58,7, Серро-Верде — 58,6 млн. лет (рис. 7). Таким образом, в разных частях пояса медно-порфировые месторождения имеют различный возраст.

Медно-порфировые месторождения Чили рассматривают как типичные объекты этой рудной формации. Кроме отмеченной выше тесной взаимосвязи минерализации с палеоген-неогеновыми порфировыми интрузиями к характерным особенностям этих месторождений относят широкое развитие в рудных полях трубообразных брекчиевых тел, которые формируются как в период, предшествующий оруденению, так и в ходе процесса рудообразования и в завершающие его этапы. Подробное описание этих тел на примере месторождений Токепала в Перу, Эль-Теньенте и Эль-Сальвадор в Чили приводят Ф. Хейли, И. Моллоу [192], Д. Перри [105] и др. Брекчиевые трубки распространены не только в медно-порфировых месторождениях, но и образуют самостоятельный тип месторождений, которые встречаются в той же полосе, что и штокверковые. Брекчиевые трубки представляют собой вертикальные цилиндрические тела с округлым сечением, выполненные угловатыми обломками вмещающей породы. Цемент брекчий представлен турмалином и кварцем. Наиболее распространенный рудный минерал трубок — халькопирит, иногда встречаются шеелит и вольфрамит. Сравнивая эти две группы, В. Холистер отмечает, что штокверковые месторождения контролируются ре-



с округлым сечением, выполненные угловатыми обломками вмещающей породы. Цемент брекчий представлен турмалином и кварцем. Наиболее распространенный рудный минерал трубок — халькопирит, иногда встречаются шеелит и вольфрамит. Сравнивая эти две группы, В. Холистер отмечает, что штокверковые месторождения контролируются ре-

Рис. 7. Размещение медно-порфировых месторождений Перу. Схема составлена на тектонической основе И. Коббинга [170].

1 — палеоген-неогеновые и четвертичные вулканы; 2—4 — мезозойские породы (2 — интрузивные, 3 — эвгеосинклинальные, 4 — миогеосинклинальные); 5 — платформенные отложения; 6 — раннепалеозойский складчатый пояс; 7 — докембрий, гнейсы Паракас; 8 — медно-порфировые месторождения; I — перикратонный прогиб, II — Субандийская зона разломов, III — ось Перуанского глубоководного желоба.

гиональными разломами, а турмалиновые брекчиевые трубки не имеют видимой связи с ними.

Для большинства месторождений, в первую очередь крупных, очень важную роль при формировании богатых руд меди играли процессы окисления и вторичного сульфидного обогащения. Отмечается при этом прямая зависимость между наличием зоны окисления и вторичного сульфидного обогащения и промышленной ценностью месторождений [56]. В пределах большинства месторождений интенсивно проявлены гидротермальные изменения вмещающих пород.

Имеющие много общих особенностей медно-порфировые месторождения Перу-Чилийского пояса различаются между собой по ряду признаков. В общем виде эти различия нашли отражение в кратко рассмотренной ниже типовой модели медно-порфировой «системы», предложенной Р. Силлитоу [230], и обусловлены в первую очередь разной глубиной формирования оруденения (рис. 8). Р. Силлитоу высказал идею о связи медно-порфировых

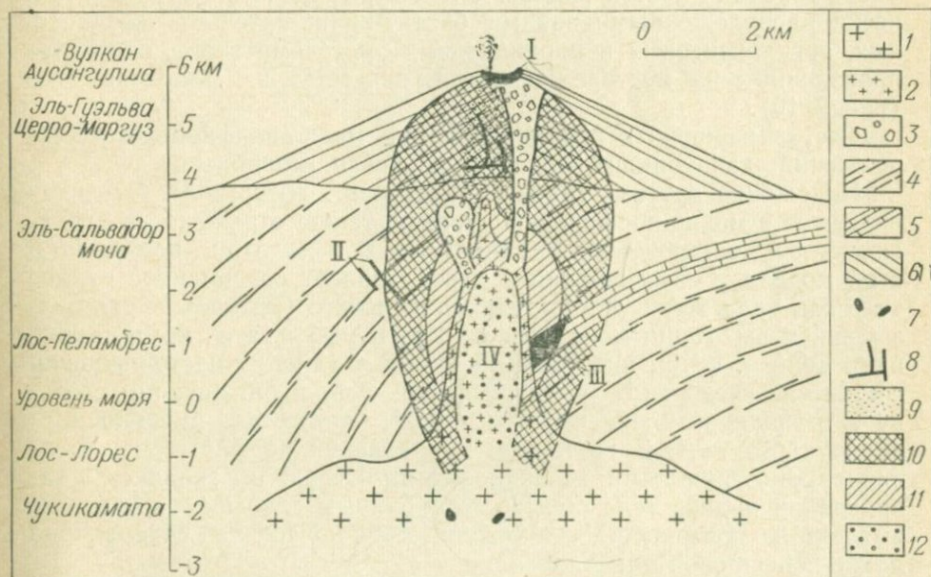


Рис. 8. Идеальный разрез типичного медно-порфирового месторождения, по Р. Силлитоу [230].

1 — шток гранодиорит-порфиров с порфировыми медными рудами; 2 — полнокристаллические гранодиориты; 3 — взрывчатые брекчии; 4 — довулканическое основание; 5 — горизонт известняков; 6 — слои лав и пирокластов (стратовулкан); 7 — пегматитовые тела; 8 — дайки; 9 — окремнение, продвинутая аргиллизация; 10 — пропилизация; 11 — серицитизация; 12 — калишпатизация; I — месторождения самородной серы с пиритом и марказитом; II — жилы со свинцово-цинковым и золото-серебряным оруденением; III — контактово-метасоматические медные месторождения в измененных известняках (скарнах); IV — молибденово-медные порфировые месторождения; по вертикальной оси современные уровни среза различных вулканоструктур.

месторождений Чили и Аргентины с корневыми частями палеоген-неогеновых стратовулканов. По его представлению, рудоносная медно-порфировая система, включающая медные, медно-молибденовые, свинцово-цинковые, золото-серебряные месторождения, а также самородной серы, достигает по вертикали 7—8 км. Молибденово-медная минерализация формируется в этой системе на глубине 1,5—3 км от вершины стратовулкана в связи с небольшими штоками порфировых пород и наземным известково-щелочным вулканизмом, т. е. на границе субинтрузивной и интрузивной фаций. Предполагается, что на глубине порфировые штоки переходят в плутоны более крупных размеров.

Штокверковая минерализация развивается в верхних апикальных частях таких плутонов. На более глубоких уровнях могут встречаться лишь жилы (или пегматиты). Над медно-порфировой минерализацией в вулканогенных толщах обычно проявлены ореолы пиритизации. Гидротермальные изменения в типичных месторождениях представлены в направлении от центральных и более глубоких частей рудных тел к периферическим концентрически расположенными зонами биотит-каллишпатовых, серицитовых, аргиллизитовых и пропиловых метасоматитов, отчетливо проявленных на месторождениях Чукикамата и Лос-Пеламбрес (рис. 9, 10).

Состав первичных руд типичен для медно-порфировых месторождений: халькопирит, борнит, халькозин, молибденит.

Положение других типов оруденения, которые Р. Силлитоу включает в медно-порфировую систему, также отражено на рис. 8. Известное месторождение Чукикамата Р. Силлитоу помещает в этой модели у ее основания и рассматривает современное рудное тело как уцелевший участок первоначального месторождения, оказавшийся выведенным на поверхность в результате крутопадающего сброса. Шток интрузивных пород в районе месторождения состоит из нескольких тел порфировых пород, близких по составу к гранодиориту. Именно эти породы являются вмещающими для рудного тела. В восточном направлении порфиры сменяются равномернозернистыми гранодиоритами Елена, в западном направлении рудное тело обрывается крупным сбросом, за которым выходят на поверхность гранодиориты Фортуна, не содержащие медно-порфировой минерализации.

Интересная особенность Чукикаматы — отсутствие двустороннего симметричного рисунка гидротермального изменения (см. рис. 9). Нормальная последовательность зон с определенными типами изменения встречается только в виде поясов северо-восточного направления к востоку от сброса и исчезает напротив него, что также подтверждает смещение рудного тела вдоль этого сброса.

Как пример месторождений, пространственно связанных с разновозрастными вулканическими породами, образующимися в более близкоповерхностных условиях, Р. Силлитоу приводит место-

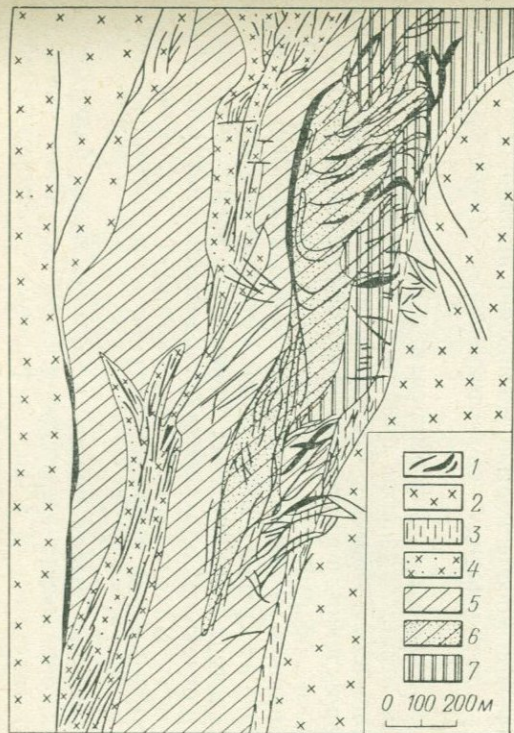


Рис. 9. Геологическое строение и распределение измененных пород и минерализации в месторождении Чукикамата, по В. Лопцу, 1951 г.

1 — рудные прожилки и минерализованные трещины; 2 — 4 — гранодиорит (2 — неизменный, 3 — хлоритизированный и альбитизированный, 4 — серицитизированный); 5 — серицит-кварцевая порода; 6 — серицитовая; 7 — альбит-кварцевая.

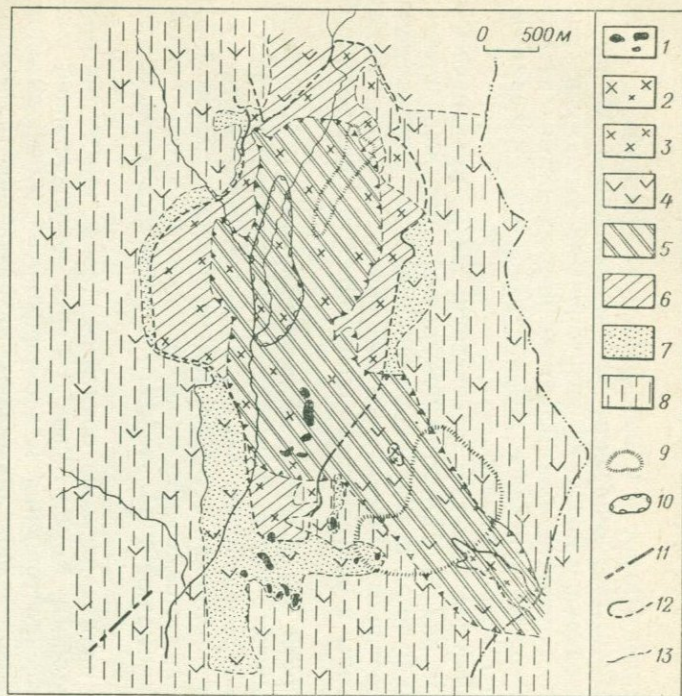


Рис. 10. Схематическая геологическая карта месторождения Лос-Пеламбрес, по Р. Силлитоу [246]

1 — гидротермальные брекчи; 2 — тоналитовый порфир; 3 — тоналит; 4 — вулканогенно-осадочные породы,  $J_2$ — $K_1$ ; 5—8 — гидротермально измененные породы (5 — калишпатизированные, 6 — серицитизированные и аргиллизированные, 7 — окварцованные, 8 — пропилитизированные); 9 — зона, богатая магнетитом; 10 — внешняя граница участка, обогащенного борнитом; 11 — разлом; 12 — контакт пород; 13 — граница зон изменения.

рождения Фаралон-Нигроу в Северо-Западной Аргентине и Эль-Сальвадор в Чили. Медно-порфировая минерализация Фаралон-Нигроу тесно связана с поздними интрузивными этапами в развитии сложного стратовулкана. Для андезитового потока из вулканической постройки определен возраст 10,7, для минерализованных штоков 7,9 и 7,1 млн. лет.

Была предпринята попытка реконструировать вулканическое сооружение (см. рис. 8). При этом получилось, что неразрушенный стратовулкан имел высоту около 6000 м, что соответствует размерам четвертичных андезитовых конусов в высоких Андах Чили и Аргентины и подтверждает правомерность предложенной модели.

Закономерности размещения медно-порфировых месторождений Перу-Чилийского пояса, несмотря на столь широкое обсуждение в литературе последних лет, касающейся, в частности, новой глобальной тектоники, остаются тем не менее во многом непонятыми. Наряду с отмеченными выше, с нашей точки зрения, заслуживают внимания и дальнейшего изучения следующие вопросы.

1. Влияние на локализацию оруденения поперечных тектонических зон, подобных Конституьсон-Линарес, определяющей южную границу распространения медно-порфировой минерализации. Только севернее этой зоны проявлены, как известно, палеогеновые гранитоиды (кварцевые монциты, гранодиориты, дациты и т. п.) и взаимосвязанное с ними медно-порфировое оруденение.

2. Обращает на себя внимание также тот факт, что месторождения в пределах продольной зоны располагаются не повсеместно, а образуют узлы с определенной периодичностью.

3. Специфической особенностью Чилийской провинции является широкое развитие наряду со штокверками трубообразных брекчиевых тел.

4. Очень важную роль при формировании промышленных концентраций меди играют процессы окисления и вторичного сульфидного обогащения. Интересно, что самые молодые медно-порфировые месторождения, не имеющие зоны окисления и вторичного сульфидного обогащения, не являются промышленными (даже такое крупное месторождение, как Лос-Пеламбрес) из-за относительно низких средних содержаний металлов в рудах.

5. Большой интерес представляет отмечаемая всеми исследователями [222] отчетливо проявленная продольная металлогеническая зональность Центральных Анд, которую связывают с взаимодействием активной окраины континента и океанической плиты (рис. 11).

6. Не находит пока ответа вопрос: сочетание каких благоприятных факторов определило появление в Перу-Чилийском поясе уникальных по запасам руд медно-порфировых месторождений, подобных Чукикамате, Эль-Теньенте и др.

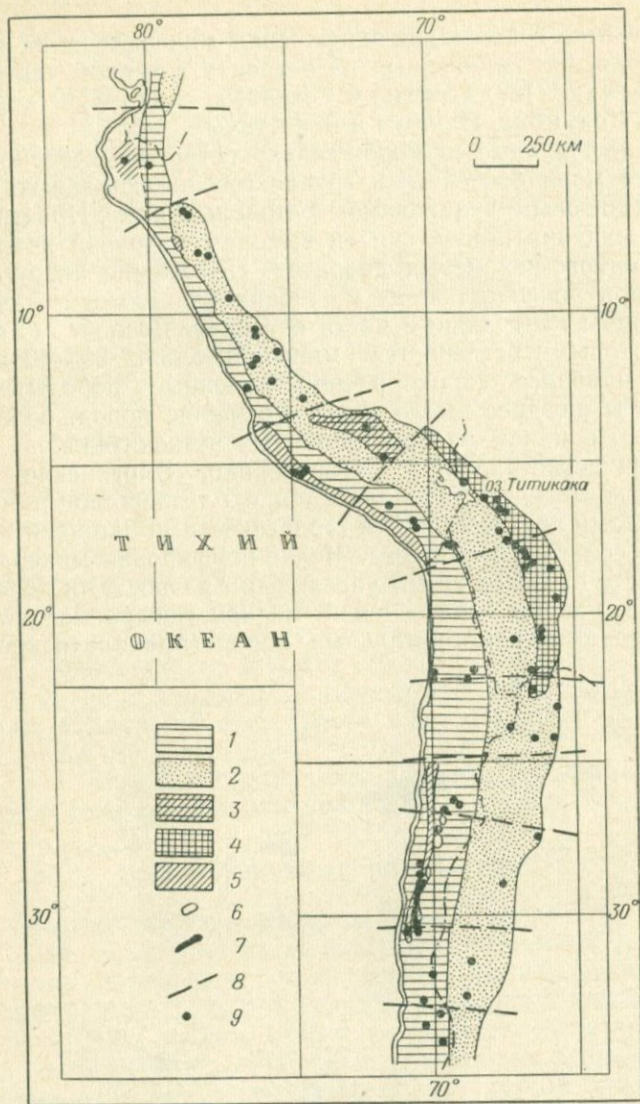


Рис. 11. Схема региональной металлогенической зональности Центральных Анд, отражающая положение пояса с медно-порфировой минерализацией среди других рудных поясов, по Р. Силлитоу [232].

Минерализация: 1 — Cu — (Mo, Au), 2 — Cu—Pb—Zn—Ag, 3 — Cu—Fe, 4 — Sn — (W—Ag—Bi), 5 — Fe, 6 — Ag, 7 — Mn; 8 — границы тектонических и металлогенических единиц; 9 — рудные месторождения.

## ЦЕНТРАЛЬНАЯ АМЕРИКА

В последние годы медно-порфировая минерализация выявлена в ряде стран, расположенных на островах северной части Карибского моря (рис. 12), а также в Северных Андах, на территории Эквадора, Колумбии, Панамы и Венесуэлы.

Медно-порфировые месторождения островов северной части Карибского моря относятся к группе геосинклинальных, связанных с андезитовым вулканизмом островных дуг. Пространственно месторождения приурочены к выходам интрузий кварцевых и роговообманково-кварцевых диоритов. Положение интрузий определяется приуроченностью их к геоантиклинальным поднятиям, составляющим центральные части островов. Возраст интрузий, в связи с которыми встречается минерализация, 90—40 млн. лет. Ранние и наиболее широко распространенные породы — кварцевые диориты, позднее имело место внедрение пород, более богатых калием, в целом распространенных незначительно.

В большинстве районов (Пуэрто-Рико, Виргинские острова, Ямайка) взаимосвязь минерализации с близлежащими интрузивными породами подтверждается геологическими данными и определениями абсолютного возраста. Медно-порфировая минерализация встречается в связи со всеми указанными разностями пород. Многочисленные районы с рассеянной медной минерализацией представлены зонами гидротермальных пород (пропилитизированных,

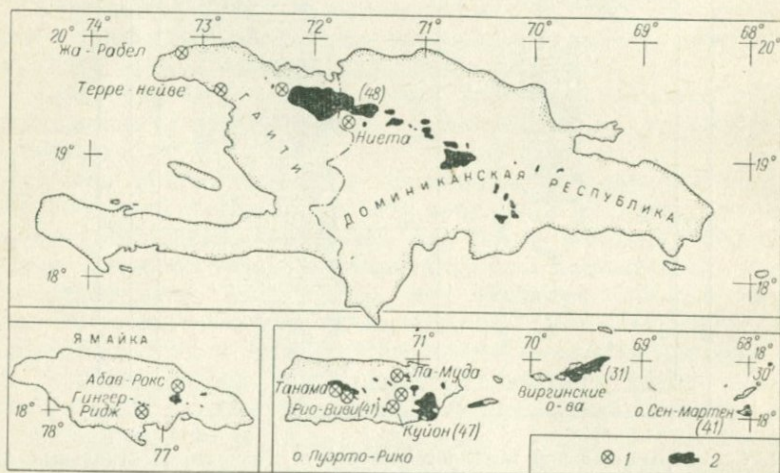


Рис. 12. Размещение участков с медно-порфировой минерализацией по отношению к выходам интрузивных пород на островах северной части Карибского моря, по С. Кезлеру и др. [196].

1 — медно-порфировые месторождения и рудопоявления; 2 — выходы интрузивных пород, преимущественно кварцевых диоритов. Цифры в скобках — абсолютный возраст интрузивных пород, млн. лет.

хлоритизированных, карбонатизированных) с прожилками и вкрапленностью халькопирита.

Положение медно-порфировых месторождений Северных Анд, как показано П. Гуссенем (1975 г.), определяется приуроченностью к неогеновому интрузивно-вулканогенному поясу, перекрывающему базальт-андезитовое основание, представляющее собой фрагмент докайнозойской коры океанического типа.

Особенности медно-порфировых месторождений Центральной Америки рассмотрим ниже на примере месторождения *Чауча* (Эквадор) [184].

Месторождение приурочено к участку пересечения двух региональных разломов: продольного север-северо-восточного кордильерского простирания и поперечного близширотного. Эти разломы контролируют размещение диоритовых интрузий, в пространственной связи с которыми встречается оруденение. Месторождение сложено гранодиоритами, прорванными штоками диоритов. Возраст интрузивных пород 12,5—9,8 млн. лет.

Диориты рассматривают как жерловую фацию слагающих участок месторождения андезитовых лавобрекчий, туфов и лав. Все перечисленные породы прорываются штоками кварц-монцонитовых порфиров. К зоне эндо-экзоконтакта штока приурочена зона гидротермально измененных пород с медно-порфировой минерализацией. Рудные минералы, представленные пиритом, халькопиритом, молибденитом, магнетитом, встречаются в виде прожилков и вкрапленности в зонах кварц-серицитовых пород, сменяющихся по мере удаления от контакта с интрузией зонами аргиллитовых и пропилитовых изменений с незначительным свинцово-цинковым оруденением.

Среднее содержание меди составляет 0,4 и повышается до 0,6—1,5% в зоне обогащения, имеющей мощность 60—100 м.

### ЮГО-ЗАПАДНЫЕ ШТАТЫ США

Большинство медно-порфировых месторождений западных штатов США сосредоточено на площади, известной как Медный пояс Аризоны, явившейся, по существу, родиной месторождений медно-порфирового типа. На примере месторождений этого пояса А. Парсонс [212] впервые сформулировал отмеченные выше особенности, которыми должно обладать месторождение, чтобы его можно было отнести к медно-порфировым. В Юго-Западных штатах расположено 27 крупнейших медно-порфировых месторождений: Ахо, Багдад, Майами, Минерал-Парк, Моренси, Рей, Санта-Рита и др. (рис. 13), обеспечивающих США по запасам и добыче меди первое место среди капиталистических стран. На продолжении Медного пояса к югу находятся известные медно-порфировые месторождения штата Сонора Мексики (район Кананеа, месторождение Ла-Каридад).

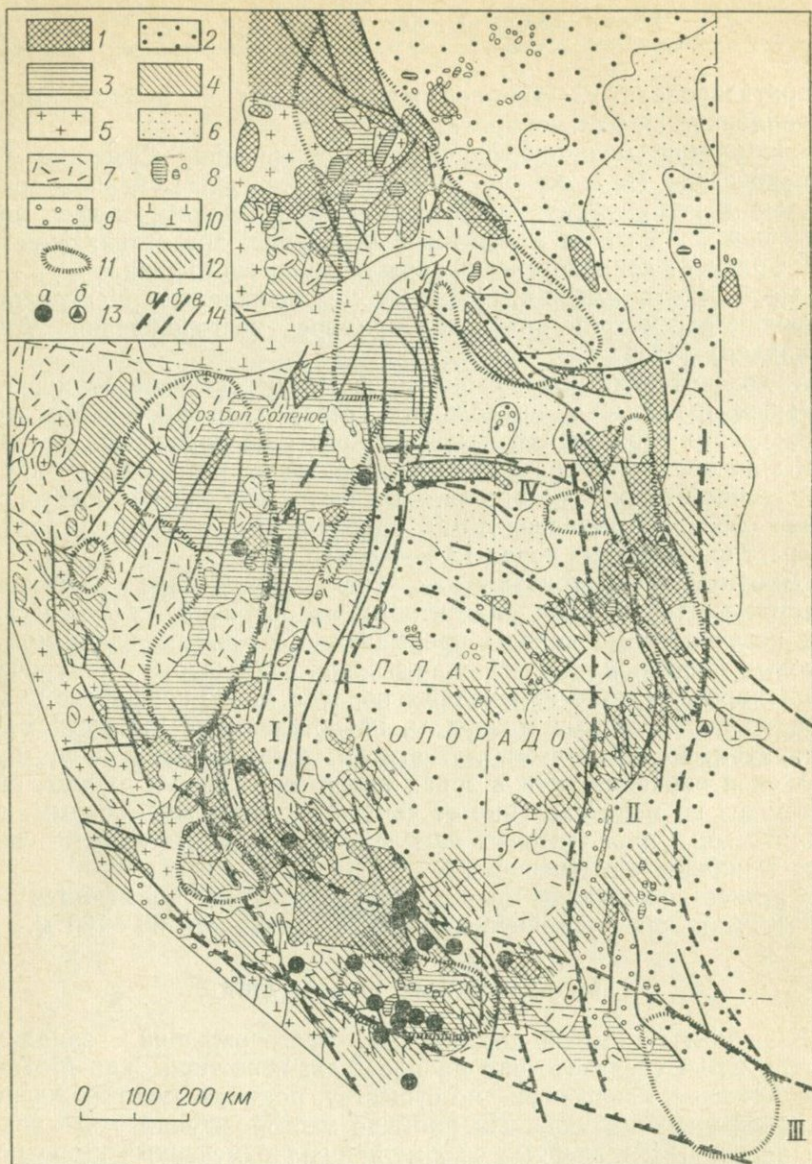


Рис. 13. Размещение медно-порфировых месторождений Юго-Западной провинции США. Схема составлена на тектонической основе Е. Д. Карповой [59] с использованием данных Х. Шмитта [226] и К. Кларка [169].

1 — докембрийский кристаллический фундамент; 2, 3 — чехол Северо-Американской плиты,  $E-K_1$  (2 — с глыбовыми деформациями — Скалистые горы, 3 — с глыбово-складчатями); 4 — геосинклинально-складчатые структуры Кордильер; 5 — гранитные батолиты, MZ; 6 — межгорные и предгорные впадины Скалистых гор,  $P_2$ ; 7 — наземные вулканы среднего и кислого состава,  $N_1$ ; 8 — гранитоидные, частично щелочные интрузии,  $P_2$  и  $N_1$ ; 9 — рифтовые надвиги Скалистых гор,  $N_2$ ; 10 — базальты,  $N_2-Q$ ; 11 — границы приподнятых блоков; 12 — пояса с месторождениями; 13 — месторождения медно-порфировые (а) и молибденовые штокверковые (б); 14 — орогены (а), линейменты (б), разрывные нарушения (в) (I — Васач-Джером, II — ороген Передового хребта, III — Техасская зона, IV — зона Уинта).

По особенностям геолого-структурной позиции рассматриваемая провинция принципиально отличается от Перу-Чилийской и представляет собой другой типичный случай размещения зон с медно-порфировой минерализацией. Ниже остановимся подробнее на характеристике этой провинции.

При анализе данных по территории США в первую очередь обращает на себя внимание значительно более глубокий по сравнению с Перу-Чилийским поясом эрозионный срез территории, на которой сосредоточены медно-порфировые месторождения. Наряду с молодыми мел-палеогеновыми вулкано-плутоническими структурами и осадочными образованиями этого возраста здесь широко развиты докембрийские и палеозойские интрузивные и осадочные породы, являющиеся вмещающими для рудных полей многих крупных месторождений. Благодаря более глубокому срезу отчетливее выражена связь оруденения с плутоническим магматизмом, вскрытым эрозией на относительно глубоком уровне.

Региональная позиция медно-порфировых месторождений Юго-Западных штатов большинством исследователей увязывается с рядом крупных разрывных структур, закономерно располагающихся по отношению к плато Колорадо, которое по истории развития рассматривают как срединный массив. Эта структура имеет исключительно важное значение для понимания региональных особенностей размещения не только медной, но и других типов минерализации: молибденовой, золоторудной, свинцово-цинковой и пр.

Месторождения располагаются по периферии плато Колорадо, в зонах протяженных разрывных структур: субмеридиональной Васач-Джером на западе, Передового хребта на востоке и тангенциально расположенных по отношению к плато Техасской с юга и Уинты с севера (рис. 14).

Из изложенного следует, что одной из важнейших закономерностей размещения месторождений медно-порфировых руд является приуроченность их к названным зонам. При этом подчеркивается, что основные рудные районы располагаются в местах двойных и более сложных пересечений зон, которые являются особенно благоприятными для локализации оруденения. Одно из таких пересечений, а именно зон Передового хребта, Уинты и более мелкой северо-восточного простирания, контролирует область с богатейшими молибденовыми месторождениями (Клаймакс, Квеста и т. п.). Другое пересечение (Техасской, Васач-Джеромской и более мелких зон северо-восточного простирания) определяет положение главного рудного района с медно-порфировой минерализацией — Медного пояса Аризоны (см. рис. 13, 14). Исследователи обращают внимание, в частности, на тот факт, что самая локализованная концентрация меди на Юго-Западе США находится в районе Майами — Рей в месте пересечения предпо-

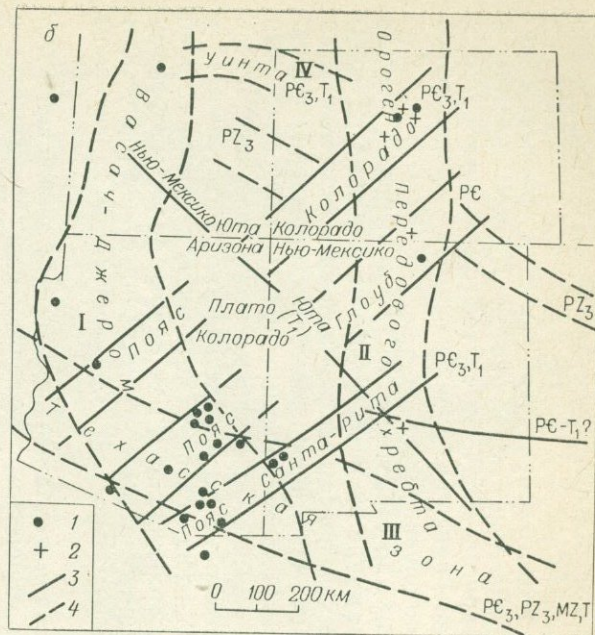
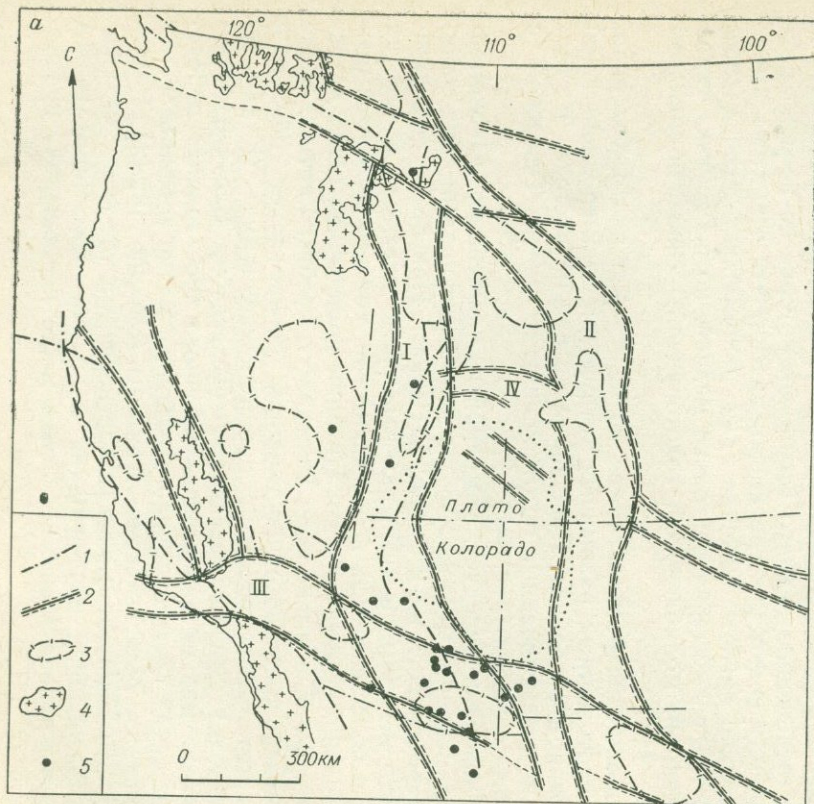


Рис. 14. Расположение медно-порфировых месторождений Юго-Западной провинции США по отношению к главным структурным элементам этой территории (плато Колорадо, Техасской зоне, поясу Васач-Джером, Передовому хребту и др.) в интерпретации разных авторов.

*a* — в интерпретации Х. Шмитта [226]: 1 — крутопадающие сбросы, 2 — границы поясов распространения деформированных пород, 3 — границы приподнятых блоков, 4 — мезозойские интрузии, 5 — медно-порфировые месторождения; *б* — в интерпретации К. Кларка [169]: 1, 2 — месторождения (1 — медно-молибденовые, 2 — молибденовые), 3 — линейменты, 4 — орогены; I—IV — см. на рис. 13.

лагаемого главного канала Васач-Джеромской зоны с северной границей Техасской [226].

Непосредственно в пределах Медного пояса Аризоны оруденение контролируется более локальными структурами: системами сбросов более низких порядков. Следует отметить, что южное обрамление плато Колорадо, так же как и территория, расположенная восточнее Великой впадины, находится в пределах провинции Долин и Хребтов (Basin — Ranges). Район имеет типичную горст-грабеновую структуру, возникшую вследствие дифференцированных поднятий и погружений отдельных блоков вдоль систем крутопадающих разломов. Системы главных разломов параллельны горным грядам, и долины между ними заполнены обломочным материалом из прилегающих приподнятых блоков. Кластические осадки относят к флиш-молассовому типу, они слабо отсортированы, характеризуются быстрым изменением фаций и в ряде случаев образуются почти одновременно с формированием структур.

Направление главных контролирующих медно-порфировое оруденение линейных структур в ряде случаев отчетливо намечается расположением самих месторождений, подобно, например, структурной линии Наказари — Кананеа в Северной Сопоре и другим менее четко выраженным поясам северо-западного простираания (рис. 15).

Однако, как отмечено во многих работах, знания только структурных факторов недостаточно, чтобы можно было предсказывать новые районы с медно-порфировой минерализацией и места локализации месторождений. Именно поэтому в последние годы появляется все больше работ, в которых предприняты попытки увязать закономерности структурного плана с историей геологического развития территории, характером осадконакопления, эрозией, стратиграфическими и другими факторами.

Интересно, с нашей точки зрения, подчеркнуть следующие особенности истории геологического развития рассматриваемой территории, важные для понимания закономерностей размещения и формирования медно-порфировых месторождений, отмечавшиеся в разные годы разными авторами.

1. Площадь, расположенная в юго-западном и южном обрамлении плато Колорадо, характеризуется, как подчеркивалось выше, относительно глубоким эрозионным срезом. По этому поводу Х. Шмитт [226] писал, что большая часть страны подверглась эрозии сразу же после того, как она поднялась над уровнем моря. Это привело к появлению хорошо известного пенеплена в эоцене (и олигоцене) и поверхности земли, сформировавшейся в результате эрозии на всем континенте, тянущейся от Юго-Западного Колорадо на юг вдоль линии Аризона — Нью-Мексико до мексиканской границы. На основании проведенных палеореконокструкций по степени эрозии выделяют три области (см. рис. 15), которые резко различаются по числу выявленных месторождений и их

удельной плотности (количеству месторождений на единицу площади), а также по особенностям самих месторождений.

Установлено, что северо-западная часть провинции подверглась более глубокой эрозии, чем юго-восточная. В центре глубоко эродированной территории находится площадь, почти лишенная месторождений. Юго-восточнее располагается область со средней глубиной эрозии, в которой сосредоточено большинство известных к настоящему времени месторождений. Еще далее к юго-востоку находится зона с неглубокой эрозией, что устанавливается не только по геологическим данным, но и по особенностям из-

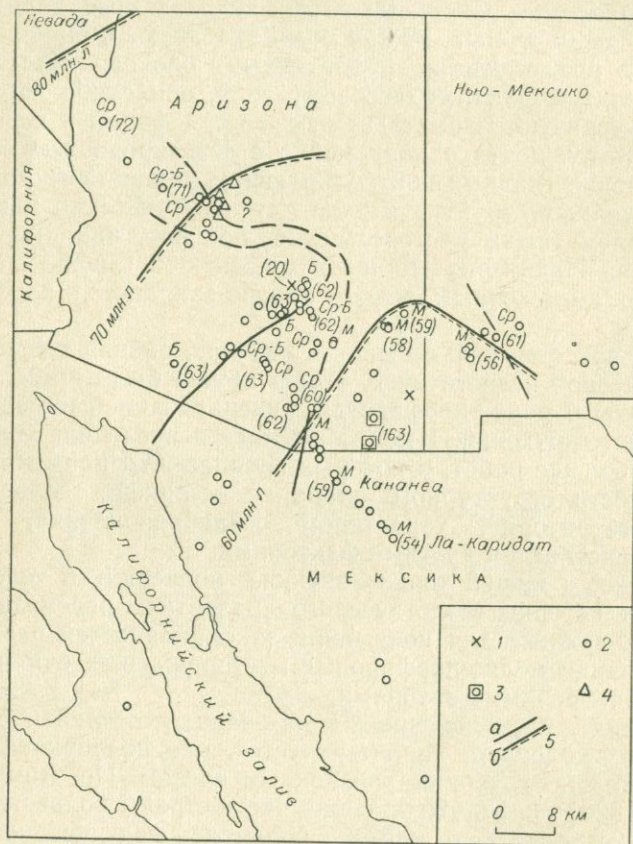


Рис. 15. Схема распределения разновозрастных месторождений на различных по эродированности площадях Юго-Западной провинции США и Мексики. Составлена по данным Д. Ловелла [202].

1—3 — порфировые интрузии и минерализация (1 — олигоцен-миоценовая, 2 — ларамийская, 3 — юрская); 4 — массивные сульфидные руды докембрия; 5 — границы областей с разной глубиной эрозии (а) и с разновозрастной минерализацией (б); глубина эрозии по отношению к предполагаемому первичному залеганию рудных тел некоторых месторождений: Б — большая, Ср — средняя, М — малая; цифры в скобках — возраст минерализации, млн. лет.

вестных здесь медно-порфировых месторождений, несущих отчетливые черты формирования в более близкповерхностных условиях.

Таким образом, на площади распространения месторождений наиболее глубокий эрозионный срез характерен для участка, расположенного на пересечении Техасской и Васач-Джеромской зон. Этот участок в течение длительного времени начиная с раннего докембрия испытывал устойчивое воздымание. В связи с этим на поверхность оказались выведенными древние породы. Они явились вмещающими как для порфировых интрузий, так и для связанного с ними оруденения во многих рудных полях Медного пояса Аризоны. В связи с сильной эрозией в пределах рассматриваемой площади относительно слабо выражен андезитовый вулканизм, синхронный по времени с оруденением, столь широко проявленный на продолжении соответствующих региональных структур к северу и югу. В этом нашли отражение особенности молодой кайнозойской истории геологического развития этой территории.

Как характерную особенность докембрийской истории развития рассматриваемой области следует также отметить фемический профиль докембрийской провинции, восстанавливаемый по многим выходам докембрийских пород, к которым приурочены месторождения: широкое развитие амфиболовых и биотитовых гнейсов, кристаллических сланцев, основных вулканитов.

2. Отличительной чертой более поздней палеозойской, а также мезозойской истории геологического развития рассматриваемой территории является специфический характер осадков, представленных от кембрия до позднего мела (при отсутствии угловых несогласий) осадочными и терригенными палеозойскими и мезозойскими отложениями: кварцито-песчаниками, карбонатными толщами, терригенными красноцветами. Одни исследователи рассматривают эти отложения как характерные для миегеосинклинальных зон [107], другие относят к платформенным [59].

Обращает на себя также внимание сокращенная мощность палеозойских отложений в пределах данного блока. К северо-западу и юго-востоку аналогичные толщи имеют мощность более 6 км, тогда как в районе Аризона — Нью-Мексико — Сонора в соответствии с проведенными здесь палеореконструкциями она оценивается примерно в 1,2 км. Что касается осадочных толщ юрского и триасового возраста, то в южной части Нью-Мексико и Аризоны они до сих пор не обнаружены.

Таким образом, резко сокращенная мощность палеозойских и отсутствие мезозойских триасово-юрских осадочных пород позволили восстановить, что не только в докембрии, но и на протяжении всего палеозоя и большей части мезозоя данная область отличалась по истории развития и также проявляла определенную тенденцию к воздыманию.

3. Интересные закономерности установлены при реконструкции палеотектонических условий формирования месторождений.

Ч. Андерсон, С. Титлей и другие исследователи пришли к выводу о том, что большинство месторождений приурочено к береговой линии раннемеловой эпохи — к границе залива Сонора. Причем размещение месторождений совпадает с границами палеомульд, ограниченных линейными тектоническими зонами. Внутри мульд накапливаются морские терригенные осадки мощностью до 3 км. Аркозовые песчаники переслаиваются в центральной части с вулканическими породами. Месторождения приурочены к западной границе палеомульды, имеющей более крутой угол падения. Именно по периферии мульд в Южной Аризоне расположено большинство интрузий и проявлен меловой и более поздний ларамийский дорудный вулканизм.

4. По данным П. Дамона и Р. Маугера [172], излияние андезитовых и риолитовых лав в провинции Долин и Хребтов происходило в два четких этапа: более ранний 70—60 млн. лет — ларамийский и более поздний 30—20 млн. лет — среднетретичный. Возраст plutонических пород распределяется так же, как и вулканических. Наиболее распространены интрузивные породы эоценового возраста (70—60 млн. лет), с которыми пространственно связано медно-порфировое оруденение. По форме — это преимущественно штоки, реже дайки, силлы размером в десятки — сотни квадратных километров, меняющиеся по составу от гранодиоритов до кварцевых монцонитов.

5. В работах последних лет много внимания уделено вопросам влияния факторов эрозии на условия сохранения месторождений. Установлено, что большинство месторождений Юго-Запада США в более поздний период подверглось эрозии, выщелачиванию и обогащению. Затем многие месторождения снова были перекрыты более молодыми осадочными или вулканическими породами, предохранившими их от полного разрушения. Процессы супергенного обогащения происходили в разное время, но для таких месторождений, как Рей, Сильвер-Белл, Моренси, главный период обогащения датируется цифрой 30 млн. лет. В месторождениях северной и северо-западной частей Юго-Запада США эрозия вскрыла зону с богатой первичной минерализацией или зону обогащения первичной бедной минерализации, тогда как на территории, расположенной юго-восточнее, медно-порфировые месторождения вскрыты на уровне, соответствующем бедной первичной минерализации. В настоящее время большинство халькозиновых «пластов» Юго-Запада США находится в процессе разрушения в связи с окислением и выщелачиванием.

Именно сочетанием всех рассмотренных выше факторов можно объяснить специфику размещения медно-порфировых месторождений штатов Аризона, Нью-Мексико и сопредельных территорий. Относительно глубокий эрозионный срез вскрывает корни тех вулканоплутонических структур, в пределах которых и локализируются уникальные медно-порфировые месторождения. В связи с

отмеченными выше закономерностями истории геологического развития становятся понятными и многие характерные черты структуры рудных полей, состава метасоматитов, зональности оруденения медно-порфировых месторождений Юго-Западных штатов США, кратко рассмотренные ниже на примере месторождения Рей.

Месторождение *Рей* представляет особый интерес в связи с тем, что почти вся рудная минерализация локализуется здесь в докембрийских метаморфических породах [208].

Район месторождения сложен древними докембрийскими сланцами, диоритами, гранитами, несогласно перекрытыми более молодыми, но тоже докембрийскими породами (конгломератами, глинистыми сланцами, кварцитами, известняками, базальтами). Все докембрийские породы пронизаны крупными силлами, дайками и неправильной формы телами диабазов предположительно докембрийского возраста. Докембрийские породы прорваны интрузивными образованиями мела — палеогена (рис. 16).

В районе месторождения выделяют шесть интрузий этого возраста, изменяющихся по составу от диорита до кварцевого монцонита. Породы наиболее ранних фаз представлены кварцевыми диоритами, которые встречаются в виде крупных массивов небольших даек и силлов. Более поздние диоритовые порфириты образуют также дайки и силлы. Порфиновые тела кварцевых монцонитов (гранит Маунтин или кварцевый монцонит Рея, с которыми связано оруденение), представлены на площади месторождения дайками, силлами, а в более северных районах — крупными неправильной формы телами. Другие тела кварцевых монцонитов, в частности порфир Типот-Маунтин, встречаются в виде больших нечков и систем даек в зоне, примерно параллельной Порфировому сбросу. Наряду с указанными выше распространены также более молодые дайки кварцевых диоритовых порфиров, андезитов и других пород, как дорудные, так и послерудные. К самым поздним послерудным образованиям относятся конгломераты, сложенные обломками всех древних пород, дацитовые, риолитовые туфы.

На месторождении четко проявлен структурный контроль оруденения, выделяется несколько систем разновременных и разноориентированных разрывных нарушений. Главные системы почти параллельны современным горным цепям. Именно этому направлению подчинены основные рудоконтролирующие разломы. Многие разломы формировались в два этапа и более. Наиболее ранние проявились еще в докембрии (до диабазов). Перемещение по ним обычно происходило вдоль довольно широкой зоны, а не вдоль отдельных плоскостей.

Зоны минерализации месторождения Рей приурочены к блоку, ограниченному с четырех сторон разломами: Уэст-Энд на западе, Брокен-Хилл на востоке, Норд-Энд на севере, контактом между докембрийскими гранитами и сланцами Пинал на юге.

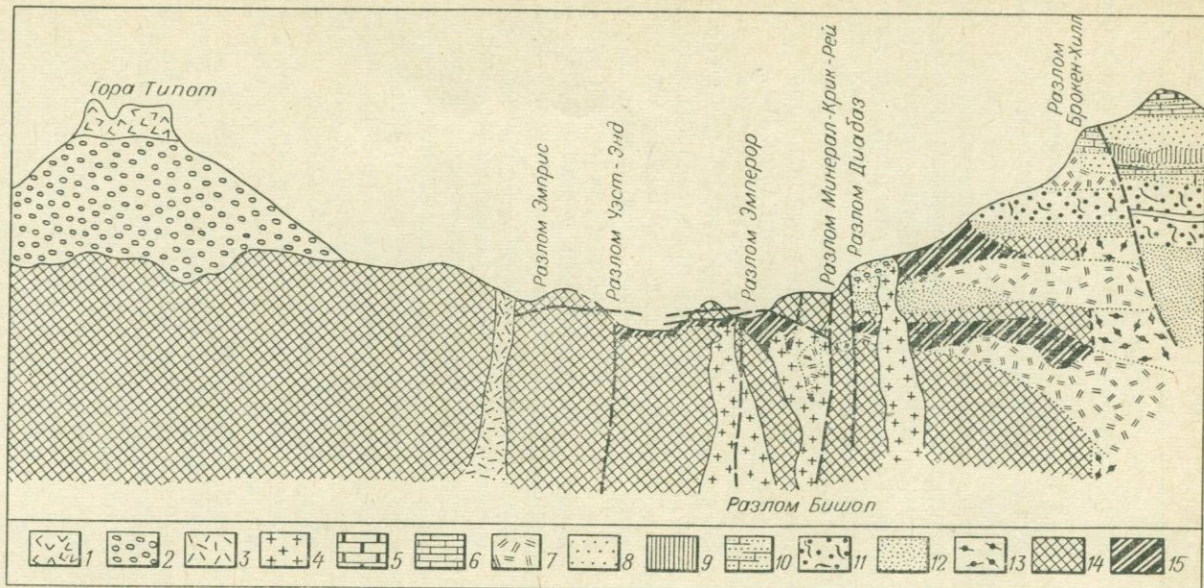


Рис. 16. Разрез через месторождение Рей [208].

1 — дацит; 2 — конгломерат; 3 — порфир I; 4 — порфир II; 5 — известняк Эскаброс; 6 — известняк Мартин; 7 — диабаз; 8 — кварцит Трой; 9 — пористый базальт; 10 — известняк Мискал; 11 — кварцит Дриплинг-Спринг; 12 — глинистый сланец Пайонир; 13 — гранит Руин; 14 — сланец Пинел; 15 — медная минерализация.

Добываемая на месторождении руда является продуктом сульфидного обогащения и залегает в виде покрова неправильной формы мощностью десятки метров. Гипогенные сульфиды представлены пиритом, халькопиритом, небольшим количеством борнита, молибденитом, редки галенит и сфалерит. Пирит — наиболее распространенный минерал — присутствует в виде жил и вкрапленных зерен в большей части руды. Содержание халькопирита значительно выше в диабазе, чем в сланцах и порфирах. Молибденит встречается в небольшом количестве и из руды не извлекается.

Главным медьсодержащим минералом месторождения Рей является халькозин, незначительно распространен ковеллин, в зоне окисления встречаются самородная медь, куприт и др. Лишь незначительная часть руды, представленная халькозином, халькопиритом, молибденитом залегает в кварц-монцитонитовом порфире только в зоне эндоконтакта. Наиболее важной первичной вмещающей породой являются диабазы. Отмечается, что в ряде мест первичная халькопиритовая руда локализуется в диабазе вблизи порфирового интрузива (гранит Маунтин) или крупных дорудных разломов, хотя в прилегающих сланцах и кварците она отсутствует. Описаны случаи, когда во время бурения встречали два (или более) диабазовых тела с медной рудой, тогда как породы другого состава фактически не содержат медной минерализации. Состав руды в диабазовых силлах или группе силлов отчетливо изменяется по вертикали. В верхней части руда наиболее богатая, с увеличением глубины содержание меди падает. Если ряд тел диабазов залегает по вертикали друг над другом, то наиболее высококачественная руда обычно приурочена к верхней части, более низкого качества — к средней и лишь следы меди отмечаются в самой нижней. Наиболее распространенными типами изменения вмещающих пород являются биотит-ортоклазовый, кварц-серицитовый и пропилитовый.

Площадь месторождения Рей отличается от других прежде всего большим числом и разнообразием протекавших здесь геологических процессов: многократным проявлением интрузий как докембрийских, так и палеогеновых, очень напряженной тектонической проработкой, широким развитием среди вмещающих пород диабаз, резко преобладающего над другими вмещающими породами и оказавшегося исключительно благоприятным для оруденения.

## МЕКСИКА

Издавна известные медно-порфировые месторождения района Кананеа Мексики и открытое в 60-х годах при содействии геологов ООН месторождение Ла-Каридад расположены на площади, являющейся непосредственным продолжением к юго-западу Мед-

ного пояса Аризоны, и подчинены в общем тем же закономерностям, что и месторождения этого пояса. Однако месторождения Мексики располагаются на площади со значительно меньшим эрозионным срезом, что и обуславливает многие их особенности.

Своеобразие медно-порфировых месторождений Мексики определяется в первую очередь широким развитием в пределах рудных полей трубообразных брекчиевых тел, являющихся в большинстве месторождений главными, контролирующими оруденение структурами. Классическим районом развития трубообразных брекчиевых тел является рудное поле Кананеа (рис. 17). В соответствии с данными В. Перри [105], Дж. Веласко [182] и др.,

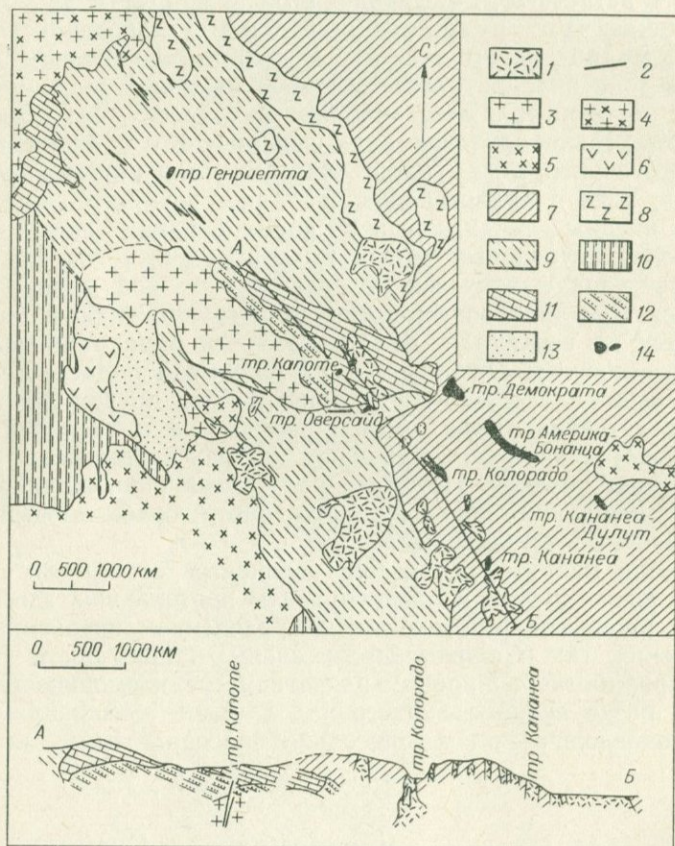


Рис. 17. Схематическая геологическая карта района Кананеа, штат Сонора, Мексика. Составлена по данным Дж. Веласко [183].

1 — кварцевые порфиры; 2 — диабазовые дайки Кампана; 3 — гранит Кананеа; 4 — гранодиорит Кунтаса; 5 — диорит Тинайя; 6 — сиенит Эль-Торре; 7 — Формация Меза; 8 — диабаз Мариквата; 9 — формация Генриетта; 10 — формация Елена; 11 — палеозойские известняки; 12 — кварциты Капоте; 13 — четвертичные отложения; 14 — брекчиевые трубки.

район Кананеа сложен палеозойскими кварцитами и известняками, несогласно перекрытыми мощным (до нескольких тысяч метров) комплексом вулканических пород, лавами, туфами, агломератами преимущественно андезитового состава. Все породы интрузивированы гранитами, связанными с ними дайками и штоками среднего и кислого состава, в том числе кварц-монцитонитовыми порфирами. Минерализация приурочена к поясу интрузивных пород, простирающемуся в северо-западном направлении. В районе не отмечают сколько-нибудь значительных сбросов или разрывов. К главным структурам, контролирующим распределение магматических образований и минерализации, относят трубообразные брекчиевые тела [105, 192].

Брекчиевые трубки рассматривают как дорудные структуры, вдоль которых циркулировали растворы и локализовалось оруденение. Они сложены относительно повернутыми угловатыми или округлыми обломками, сцементированными рудными (халькопиритом, сфалеритом, галенитом) и нерудными (кварцем, серицитом, карбонатами) минералами. В плане трубки имеют круглую, овальную или близкую к многоугольной форму; размер их колеблется от 300 м до 1 км. Обычно это крутопадающие или вертикальные столбообразные тела, прослеживающиеся на глубину до 600 м и более от дневной поверхности. Степень разрушения пород, слагающих обломки, может быть различной, и дробление часто происходит без вращательного перемещения обломков.

Среди оруденелых брекчиевых трубок В. Перри [105] выделяет несколько характерных групп, различающихся по составу, структуре, строению, а также расположению по отношению к известным или предполагаемым магматическим телам. Это трубки типа Капоте, Кананеа-Дулут, Восточная брекчия и Ла-Колорадо (см. рис. 17).

1. Тип Капоте. Отличается тем, что на верхних горизонтах рудное тело было представлено сравнительно пологой, погружающейся на восток пластообразной залежью в известняках, которая на более нижних горизонтах перешла в брекчиевую трубку, секущую подстилающие известняки, мощную толщу кварцитов и продолжающуюся дальше в гранитах. Обломки пород представлены всеми перечисленными породами, сцементированы халькопиритом, борнитом, халькозином, кварцем, карбонатами. К этому же типу относятся рудные тела Оверсайт, Брекчия-301.

2. Тип Кананеа-Дулут. Изверженные породы поблизости от трубообразного тела Кананеа-Дулут отсутствуют. В плане тело имеет форму овала площадью  $360 \times 90$  м, круто сечет пологопадающие пласты туфов и других вулканических пород, прослежены скважинами до глубины 600 м от поверхности. Руда приурочена к краевой части крутопадающей трубки и состоит из интенсивно брекчированных пород, сцементированных галенитом, сфалеритом, халькопиритом, кварцем, карбонатом, адуляром.

В трубке наблюдается четкая зональность рудных минералов. В верхних горизонтах небольшие количества серебра, свинца, цинка, немного меди. С глубиной уменьшается содержание цинка, увеличивается количество меди и свинца, исчезающего на уровне 5—12 горизонтов. Бурение ниже 12 горизонтов показывает относительно постоянные соотношения меди и цинка.

К этому же типу относят трубки Америка-Бонанца, Демократа, Генриетта и др.

3. Тип Восточная брекчия. Отличительная особенность этой трубки — ее раздвоение. В верхней части (примерно горизонт 360 м) она перекрыта небрекчированными эффузивами. Брекчиевое тело сложено обломками сильносерцитизированных кварц-монцитонитовых порфиров и эффузивных пород, сцементированных кварцем, пиритом, халькопиритом, молибденитом. Значительная часть руды представлена халькозином. Рудная минерализация локализуется в верхней части трубообразного тела и продолжается в штокверковой трещинной зоне, развитой над куполовидной кровлей трубки. Первичная халькопиритовая и молибденитовая минерализация, имеющая промышленное значение, встречается на нижних горизонтах и локализуется вдоль восточного края.

4. Тип Ла-Колорадо (рис. 18). Является одним из богатейших и необычных месторождений. Характерная особенность этой трубки: большая протяженность на глубину бедного медного оруденения, наличие расширяющегося кверху трещинного конуса, или трубы, с высоким содержанием сульфидов и, наконец, близ-поверхностного штока с вторичной обогащенной рудой.

Для трубки Ла-Колорадо характерны пространственная связь со штоком кварцевых монцитонит-порфиров, образование сводчатой структуры брекчированных вулканических пород, перекрытых массивным порфиром, располагающимся у основания богатого рудного тела. Порфир разделяет рудную трубку на верхний и нижний структурные этажи. При повторном брекчировании возник сводчатый купол, ставший главным местом для локализации

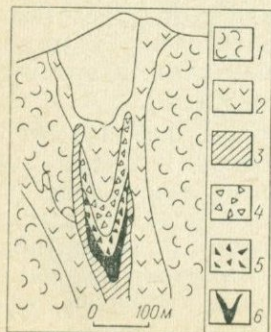


Рис. 18. Разрез трубки Ла-Колорадо района Кананеа, по М. Эммонсу и Н. Биллингслею, 1925 г.  
1 — туфы; 2 — кварцевые порфиры (вулканическая пробка); 3 — кварц-полевошпатовая порода по кварцевому порфиру; 4 — брекчия; 5 — рудная брекчия; 6 — богатая медная руда.

оруденения. В куполе из раствора выпадали кварц, силикаты, сульфиды, которые проникали в дополнительно раздробленный конус.

Трубка имеет грубозональное строение. В самом центре порудная брекчия с низким содержанием сульфидов. Далее зона, состоящая из угловатых обломков массивных медных сульфидов, заключенных в тонкоизмельченном сером материале. Внешняя оболочка сложена крупнокристаллическим кварцем с вкрапленностью медных сульфидов и молибденита, отлагавшихся вслед за кварцем и образовавших в нем и во вмещающей породе густую сеть прожилков. Внутри кварцевой оболочки медные сульфиды и молибденит образовали кольцеобразную оторочку сплошных руд с флогопитом. Сульфидные руды включают в основном халькопирит, борнит, молибденит, а по периферии пирит.

Месторождения района Кананеа представляют собой интересный пример формирования оруденения в близповерхностных условиях: в верхнем структурном этаже, в ряде случаев вне видимой связи с телами магматических пород. К специфическим особенностям этих месторождений относят широкое развитие трубообразных брекчиевых тел. На примере этого района отчетливо прослеживается изменение состава минерализации в зависимости от глубины залегания трубообразных тел (положения их по отношению к поверхности интрузивов) и отчетливо проявляется зональный ряд со сменой сверху вниз свинцово-цинкового с серебром, цинково-медного, медного и молибденово-медного оруденения.

Важной особенностью медно-порфировых месторождений района Кананеа является тесная связь трубок брекчий и кварцевых порфиров. В. Перри отмечает тенденцию концентрации трубок Кананеа по краям некков интрузивного кварцевого порфира и считает это за показатель сходства трубок с порфировыми интрузивами. Отмеченную особенность следует учитывать не только при определении местонахождения слепых первичных минерализованных трубок, но и вторично обогащенных рудных тел, «питаемых» брекчированными трубками.

Более высококачественные вторичные руды контролируются поздними крутопадающими зонами сдвига и трещиноватости меридионального простирания.

## КАНАДА

Медно-порфировая провинция Британской Колумбии, занявшая в течение последних десяти — пятнадцати лет ведущее место в добыче меди в Канаде и обеспечившая этой стране третье место среди капиталистических стран (после США и Чили) по запасам и добыче меди и второе (после США) по молибдену, как бы совме-

щает в себе особенности рассмотренных выше двух медно-порфировых провинций: Перу-Чилийской и Юго-Западных штатов США — Мексики. С одной стороны, здесь, как и в Перу-Чилийском поясе, отчетливо проявлена связь медно-порфирового оруденения с андезитовым вулканизмом: собственно геосинклинальной стадии для одной группы месторождений и орогенной — для второй. С другой стороны, как и в Юго-Западных штатах США, здесь отчетливо выражено влияние структурных факторов контроля, в частности систем продольных и поперечных разломов и участков их пересечений.

Приводимая краткая характеристика геологических особенностей медно-порфировых месторождений и закономерностей их размещения основана в первую очередь на работе «Металлогения Канадских Кордильер», а также описании отдельных рудных районов и месторождений как авторов указанной работы, так и многих других [207].

В Канадских Кордильерах в отличие от Юго-Западных штатов США медно-порфировые месторождения широко проявлены на очень больших площадях. По геологическим особенностям вся территория расчленяется на пять почти параллельных тектонических поясов шириной около 200 км при протяженности более 2000 км (рис. 19). Границы между поясами в большинстве случаев совпадают с крупными разломами, хотя в ряде мест проведены достаточно условно. Три западных пояса сложены преимущественно вулканическими породами основного состава — продуктами подводных излияний, перемежающимися на отдельных участках с туфовыми, кремнистыми породами или мощными пластами известняков. Некоторые пачки вулканогенных пород, как отмечают, значительно обогащены медью [207].

Наиболее широко медно-порфировые месторождения распространены в Межгорном поясе, где они встречаются в ассоциации с медно-скарновыми, жильными, медно-колчеданными и др. На фоне перечисленных месторождений медно-порфировые резко преобладают.

Межгорный пояс сложен преимущественно позднепалеозойскими, триасовыми и юрскими эвгеосинклинальными вулканогенными и терригенными толщами, перемежающимися с наземными эффузивами раннего палеогена, занимающими 10% площади, и неогеновыми платобазальтами, перекрывающими в виде маломощного покрова все более древние породы на большей части территории (см. рис. 19). Вулканогенные породы ассоциируют с интрузивными образованиями, представленными батолитами поздне триасового — раннеюрского и множеством штоков палеогенового возраста, занимающими в совокупности около 15% площади пояса. Интрузивные породы принадлежат в основном к двум магматическим сериям: главной щелочно-известковой (кварц-монцитовой) и слабо насыщенной щелочами (сиенитовой). В пространственной связи

с породами этих серий в Межгорном и других поясах и встречаются медно-порфиновые месторождения.

Следует указать, что канадские геологи понимают «класс порфировых месторождений» широко и включают в него довольно большую группу не только медных и медно-молибденовых, но и собственно молибденовых, молибденово-вольфрамовых, вольфрамовых месторождений вкрапленных и прожилково-вкрапленных руд, связанных с порфиrowыми интрузиями среднего или кислого состава [207].

Наиболее важные в отношении рудной минерализации поздне-триасовые и раннеюрские интрузии Канадских Кордильер представлены зональными телами основного или щелочного состава, сложенными кварцевыми диоритами, гранодиоритами, кварцевыми монцонитами или же габбро-диорит-сиенитами. С этими интрузиями ассоциируют медно-порфиrowые месторождения, формирующиеся на раннем этапе развития Кордильерской геосинклинали.

Определение возраста пород минерализованных штоков К—Агметодом указывает на их поздне-триасовый возраст (180—200 млн. лет), близкий к возрасту богатых медью эвгеосинклинальных толщ, в которых залегают многие порфиrowые тела (рис. 20). Оруденение пространственно связано с интрузиями сиенитовых порфиров, которые встречаются на площади, протягивающейся в виде дуги от Коппер-Маунтин до Стикин-Коппер. Это направление совпадает с развитием богатых медью неоген-палеогеновых вулканогенных толщ (в частности, с серией Никола), с которыми петрогенетически связаны сиениты. Общей особенностью сиенитовых порфиров являются сложные связи их с вулканогенными породами и интенсивное изменение (фенитизация) последних в зонах, прилегающих к интрузивам. Следует отметить, что с этими же интрузиями пространственно связаны некоторые скарновые месторождения (Граймонт и др.).

Порфиrowые интрузивы, сходные по составу с поздне-триасовыми, внедрялись на протяжении большей части юрского периода. В связи с ними известны лишь молибденовые месторождения (Эндако и др.). Считают, что многие скарновые месторождения Канадских Кордильер, в частности Островного пояса (Кеннеди, Лекс, Цебам и др.), также имеют средне-позднеюрский возраст. Ранне-третичный период был временем экстенсивного и разнообразного наземного вулканизма, ограниченного по площади накопления кластических осадков в Межгорном и Островном поясах, и сопровождался образованием следующей более поздней генерации порфиrowых месторождений.

Порфиrowые месторождения, встречающиеся в связи с различными сериями пород, обладают разными особенностями. В месторождениях, связанных с кварц-монцонитовой серией, соотношение меди и молибдена сильно варьирует, но молибден почти всегда присутствует в рудах хотя бы в небольшом количестве. Порфиrowые

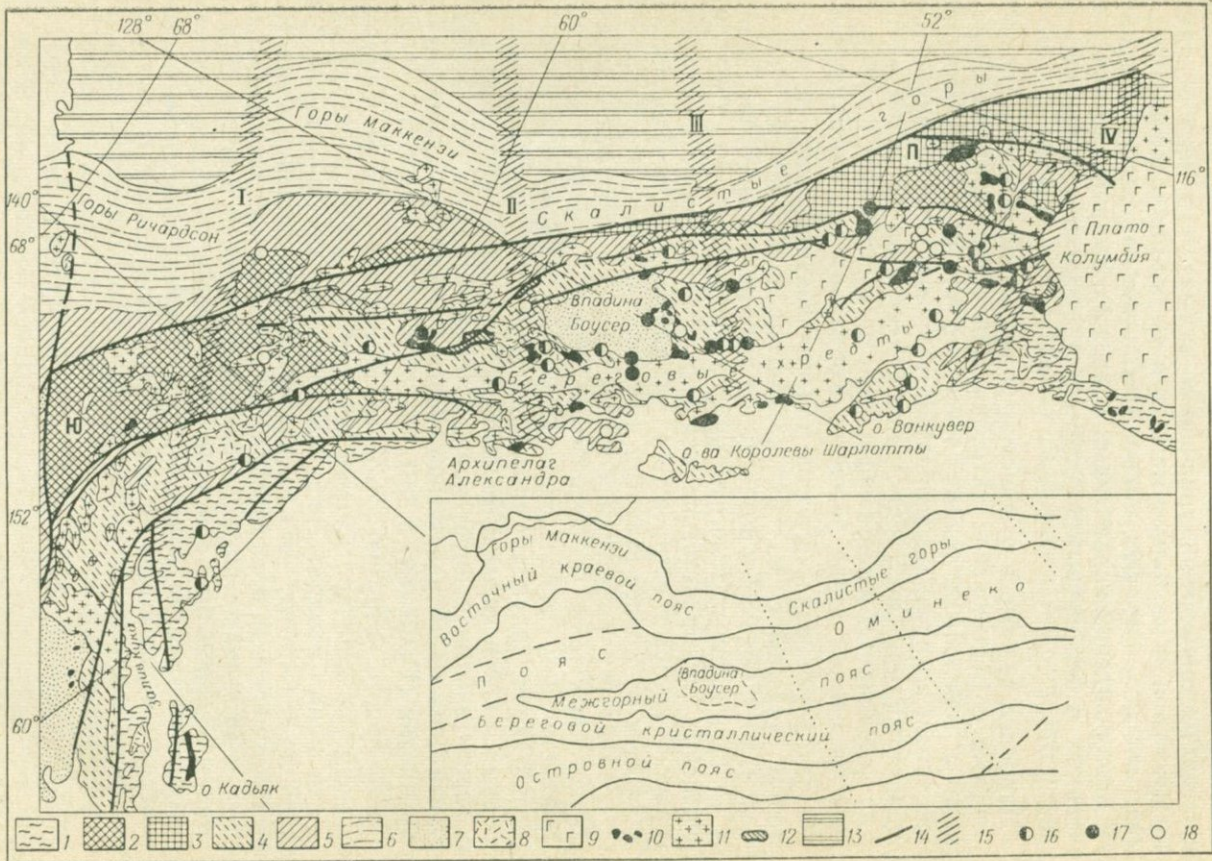


Рис. 19. Схема размещения молибденово-медных месторождений Канадских Кордильер. Тектоническая основа по В. И. Бергеру и М. И. Ишикону [10].

1 — область тихоокеанской (кайзойской) складчатости; 2—8 — области неваляско-ларамийской складчатости; 2—3 — срединные и остаточные массивы, краевые блоки подъятия; 12 — массив Юкон (ЮК) и другие выступы древних кристаллических образований — комплекс метаморфических пород докембрийского и более молодого возраста; 3 — подъятие Парселл (П) — комплекс отложений рифейско-го метакриптоного прогиба; 4—7 — геосинклинально-складчатые системы; 4—5 — эвгосинклиналь Кордильер и структурные мезозойские (4) и палеозойские (5) этажи; 6 — многоосциллированные зоны; 7 — подмезозойские наложенные и унаследованные впадины; 8 — скые интрузии преимущественно кислого и среднего состава, Кр, Р, П — гранитоиды обатолитовой формации Кордильер, J—К, и ассоциирующиеся с ними продукты гранитизации; 12 интрузивы ультраосновных и основных пород различного возраста; 13 — Северо-Американская платформа; 4, 15 — разломы; 14 — глубинные; 15 — предпологаемые системы межблоковых швов (I — Брюин-Клюндай, II — Стикин, III — Книг-Агабас, IV — Дьюис-Кларк); 16—18 — месторождения (16 — молибденово-медные, 17 — молибденовые, 18 — медные). Внизу — упрощенная схема тектонического районирования Канадских Кордильер, по А. Сутерленд-Брауну и др. [207].

месторождения, наиболее богатые молибденом или вольфрамом и с наименьшим количеством меди, связаны, как правило, с кварцсодержащими лейкократовыми разностями пород. С интрузиями сениитового ряда ассоциируют главным образом медные месторождения без заметных количеств молибдена, представленные чаще вкрапленными рудами (Копер-Маунтин, Карибо-Белл, Стикин-Коппер).

Все порфировые месторождения по степени структурной сложности, которую считают функцией глубины образования, подразделены на четыре группы: простые, сложные, комплексные и плутоногенные [238].

Простые, обычно наиболее молодые по возрасту, близповерхностные, встречаются в пространственной связи с небольшими телами порфиоров — некками. В них отчетливо проявлена зональность в размещении оруденения и гидротермально измененных пород. Примеры простых месторождений: Окс-Лайк, Ред-Бед и др.

Сложные порфировые месторождения отличаются от простых по особенностям проявления магматизма. Интрузивные тела представлены обычно породами нескольких родственных фаз, в том числе и послеминерализационными. Широко распространены дайки или брекчиевые тела в эндоконтактных зонах. В ряде месторождений присутствуют тела взрывных брекчий. Примеры месторождений этой группы: Лакли-Шип, Грен-Маунтин, Босс-Маунтин, Кэсину, Джем и др.

Комплексные порфировые месторождения отличаются от первых двух групп еще более сложным строением: наличием многочисленных фаз внедрения интрузий, серий даек, брекчиевых трубок в периферических частях массивов, неправильным планом расположения рудных зон. Они часто тяготеют к сбросам, расположены внутри зональных интрузивов средних размеров (Бетлехем, Лорнекс, Валли-Коппер, Айрон-Маск) или по их периферии (Копер-Маунтин) и могут быть связаны с апофизами залегающих на глубине более крупных интрузивов.

Группа плутоногенных месторождений рассматривается как переходная к комплексным. Эти месторождения отличаются от других ассоциацией с гранитоидами со слабовыраженной порфиоровой структурой, отсутствием или незначительным раз-

витием брекчиевых и трубообразных тел. Минерализация часто приурочена к жилам, изменения вмещающих пород проявлены слабо в виде оторочек вокруг жильных тел (Бренда, Эндако, Ада-нас и др.).

Следует указать, что наряду с отмеченными выше факторами магматического контроля на размещение минерализации существенное влияние оказывают и другие факторы, в первую очередь структурные.

Распределение рудных зон, узлов и непосредственно месторождений, так же как и в Юго-Западных штатах США, находится в определенной зависимости от линейных разрывных структур разных порядков, а также участков их пересечений. Системы продольных глубинных разломов, разделяющие тектонические пояса Канадских Кордильер, контролируют металлогенические зоны (или пояса) с разным по составу оруденением (см. рис. 19) и соответствуют структурам I порядка.

Кроме систем продольных разломов выделяют [10] серию поперечных нарушений антикордильерского направления, подобных Люис-Кларку, Кинг-Атабаску и др., которые делят структуру Канадских Кордильер на серию перемещенных блоков, что и подтверждается особенностями их глубинного строения. Исследователи придают важное рудоконтролирующее значение этим поперечным нарушениям, представляющим крупнейшие линеаменты древнего докембрийского заложения, неоднократно активизировавшиеся в более поздние эпохи. М. И. Ициксон и В. И. Бергер [10], в частности, считают, что именно поперечные нарушения контролируют зоны с медно-порфировой минерализацией.

Среди других тектонических структур рудоконтролирующее значение имеют «своды», по терминологии канадских геологов, Скиин и Стикин, представляющие собой антиклинальные поднятия склад-

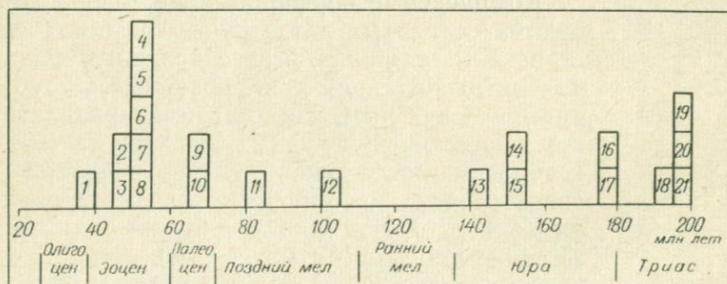


Рис. 20. Возраст медных, молибденово-медных и молибденовых месторождений Канадских Кордильер [207].

Месторождения: 1 — Вашингтон; 2 — Катфейс; 3 — Берг; 4 — Грэнэйл; 5 — Ред-Бед; 6 — Британская Колумбия Молибденум; 7 — Аджакс; 8 — Ньюмен; 9 — Кэсиноу; 10 — Глейсер-Галч; 11 — Хаклберри; 12 — Босс-Маунтин; 13 — Эндако; 14 — Бренда; 15 — Айленд-Коппер; 16 — Лоррей; 17 — Айрон-Маск; 18 — Стикин-Коппер; 19 — Коппер-Маунтин; 20 — Лорнекс; 21 — Бетлехем.

чатых домезозойских пород. В пределах этих структур наблюдается повышенная по сравнению со средней плотность медно-порфировых месторождений.

Больше всего месторождений выявлено в южной части Межгорного пояса в районе Хайленд-Валли, где находятся четыре очень крупных объекта Бетлехем, Лорнекс, Валли-Коппер и Хаймонт, хотя вопрос, чем это обусловлено, не анализируется.

В пределах Межгорного пояса медно-порфировые месторождения располагаются вдоль имеющей северо-восточное простирание главной оси свода Скиин, совпадающей примерно с продолжением линеймента Большого Медвежьего озера, тогда как существенно молибденовые сконцентрированы в юго-западной части этого свода. Другое нарушение проходит предположительно через свод Стикин. А. Сутерленд-Браун и др. [207] отмечают, что группы минеральных месторождений располагаются в виде относительно широких поясов, параллельных упомянутым тектоническим нарушениям. Р. Катро [207] указывает, что в своде Скиин простые и сложные по строению порфировые тела, интрузирующие граувакковые и аргиллитовые толщи, как правило, содержат молибден, тогда как порфировые тела, прорывающие вулканогенные толщи, содержат медь.

Однако минерализация во времени тесно связана с внедрением порфировых интрузий, а во многих случаях только с одной из их фаз. Возраст порфировых пород различный (с максимумами 50 и 67 млн. лет).

В качестве примера месторождений этого пояса приведем краткую характеристику месторождения Коппер-Маунтин (рудник Гаспе-Коппер).

Месторождение *Коппер-Маунтин* представляет интерес в связи с тем, что порфировые интрузии и связанное с ними оруденение проявляются непосредственно среди осадочных пород: известняков, известковистых алевролитов ( $D_1$  и  $D_2$ ). В какой-то мере оно переходное между месторождениями скарновой и медно-порфировой формаций. По данным В. Мак Исаака [205], минерализация прослеживается на площади протяженностью до 600 м при ширине 300 м и на глубину до 300 м. Содержание меди в руде 0,71%, попутно извлекают молибден, висмут, серебро, золото, селен, теллур.

Слагающие площадь месторождения осадочные породы интрузированы большим нечком и многочисленными дайками и силлами кварц-полевошпатового порфира. Главное тело представляет собой шток диаметром около 200 м с отходящими от него дайками и силлами. Важное значение для оруденения имеют трещины кливажа и другие системы разрывных нарушений. Выделяют больше пяти систем трещин, особенно интенсивно проявившихся вблизи порфировых интрузий. Гидротермально измененные породы представлены кварцевыми и диопсид-гранатовыми метасоматитами

во вмещающих породах и аргиллизитами в порфириновых интрузиях.

В первичной руде основным минералом меди является халькопирит, встречающийся в прожилках в ассоциации с кальцитом и кварцем, а также в виде рассеянной вкрапленности в скарнах и кварц-полевошпатовом порфире. Повсеместно в небольшом количестве отмечается молибденит, содержание которого значительно возрастает в центральной части рудного тела, достигая максимума в кварцевых жилах. Наиболее распространенным рудным минералом является пирит, который в рудном теле повсеместно ассоциирует с сульфидами меди. В восточной части рудного тела отмечен пирротин с примесью пирита. В небольшом количестве встречаются галенит, сфалерит, магнетит, арсенопирит, шеелит.

Большая часть рудного тела перекрыта покровом из выщелоченных пород мощностью до 100 м. Минералы зоны окисления: лимонит, малахит, хризоколла, азурит, брошантит, гидроокись меди. Контакт между окисной и сульфидной зонами имеет четкие границы, но местами есть смешанные руды.

Четко выражен структурный контроль оруденения. Рудное тело отчетливо контролируется: 1) крутопадающей дайкой широтного простирания, которая прослеживается по всей длине рудного тела (наиболее богатая руда залегает параллельно и непосредственно рядом с дайкой); 2) порфиривым нечком (максимальная концентрация рудных минералов наблюдается примерно в 45 м от порфиривого нечка, рядом с нечком крупные трещины, выполненные кварцем с незначительной минерализацией); 3) порфиривыми силлами, которые, видимо, представляли собой барьеры, или экраны (трещины, выполненные рудой, концентрируются параллельно этим силлам); 4) слоистостью, по которой руда отлагалась не только вдоль главной дайки, но и вдоль других даек, отходящих от порфиривого нечка; 5) наиболее важным рудоконтролирующим фактором — системой трещин, из которых отдельные связаны с региональными структурами. Эти трещины фиксируются повсеместно, однако многие имеют локальное развитие и, возможно, появились в результате внедрения порфириновых интрузий на глубине.

В заключение следует отметить следующее.

1. Территория Канадских Кордильер в отношении медно-порфириковой минерализации представляется исключительно интересной. Без преувеличения можно сказать, что нет такой другой провинции в мире, где бы промышленное медно-порфириковое оруденение формировалось непрерывно в столь широком возрастном диапазоне: от триаса до олигоцена включительно с максимумом проявления в двух интервалах 200—165 и 60—55 млн. лет (см. рис. 20).

2. На примере Кордильерской геосинклинали отчетливо проявилась возможность возникновения промышленной медно-порфириковой минерализации на двух этапах: в конце ранних, которым соответствует по времени триасово-юрская генерация месторождений,

и повторно в конце поздних, представленных палеогеновыми месторождениями.

Таким образом, со всей очевидностью доказана справедливость выдвинутого Ю. А. Билибиным и развитого в последующем в работах других советских геологов тезиса о возможности проявления медно-порфировых месторождений дважды в истории геосинклинали, хотя это положение еще до недавнего времени безосновательно оспаривалось.

С. Ней [211] по этому поводу пишет: «По схеме Ю. А. Билибина, все вышеупомянутые вкрапленные месторождения (Бетлехем, Крегмонт и другие, ассоциирующие с батолитом Гикон.— *И. П.*), следует рассматривать как относящиеся к периоду перехода между ранней и средней стадиями образования геосинклинали. Интрузии, с которыми ассоциируют эти месторождения, следовало бы рассматривать как дифференциаты основной исходной магмы, образовавшиеся в базальтовом субстрате».

3. На примере медно-порфировых месторождений Канадских Кордильер наблюдается тесная пространственная и временная взаимосвязь между вулканизмом, интрузивным магматизмом и оруденением как на ранних собственно геосинклинальных стадиях (связь месторождений с сиенит-порфирами, последних с полями развития одновозрастных триасово-юрских андезит-базальтовых вулканитов, например серия Никола и др.), так и на поздних (связь с раннетретичным наземным андезитовым вулканизмом и интрузиями кварц-монцонитовой серии).

4. Благодаря широкому развитию богатых медью эвгеосинклинальных толщ на примере Канадских Кордильер становится очевидной возможность образования более молодых медно-порфировых месторождений при процессах ремобилизации и в этой связи решающая роль тектонических факторов при формировании более поздней генерации месторождений, в частности систем поперечных разломов антикордильерского направления, которым М. И. Ицкисон и В. И. Бергер придают определяющее значение.

5. Интересно отметить также, что самые крупные месторождения попадают в группу комплексных, т. е. чем более длительной, сложной и напряженной была история формирования месторождения, выразившаяся в наличии многочисленных фаз внедрения интрузий, серий даек, брекчиевых трубок, сложной дорудной тектоники, тем в общем случае месторождение крупнее и больше по запасам.

6. Характерной особенностью Канадских Кордильер является отчетливо выраженная региональная зональность, которая проявляется в смене по направлению от платформы к океану пояса с полиметаллической минерализацией поясом с молибденовым и медно-молибденовым прожилково-вкрапленным оруденением, далее поясом с молибденово-медными и молибденово-медно-железородными

скарновыми, затем медно-колчеданными и контактово-метасоматическими железорудными месторождениями.

7. Одно из главных отличий медно-порфировых месторождений Канады от медно-порфировых месторождений Юго-Западных штатов США, как отмечают А. Сутерленд-Браун и др. [207], сводится к тому, что месторождения Канады расположены в эвгеосинклинальных зонах, чего не наблюдается в США.

## ВОСТОК СССР

На обширной площади советской части Тихоокеанского подвижного пояса, включающей Охотско-Чукотский, Восточно-Сихотэ-Алинский, Курило-Камчатский и другие вулканогенные пояса, выявлены пока лишь единичные молибденово-медные порфировые месторождения и многочисленные медные, молибденово-медные, золото-молибденово-медные рудопроявления, формационная принадлежность которых в большинстве случаев остается не определенной.

Наиболее известные в настоящее время молибденово-медные порфировые месторождения располагаются в двух зонах — Центральнокамчатской и Олойской, на примере которых ниже более подробно охарактеризованы особенности проявления молибденово-медной минерализации в пределах рассматриваемой территории.

### Камчатка

Молибденово-медные месторождения Камчатки до настоящего времени изучены сравнительно слабо. Тем не менее именно на примере этого региона четко проявлен ряд характерных особенностей строения, состава, зональности руд и измененных пород этой группы месторождений, а также многие закономерности пространственного размещения оруденения, важные с точки зрения разработки критериев их прогнозирования. Приводимое ниже описание основано на работах Г. М. Власова и М. М. Василевского [21] и дополнено некоторыми материалами более поздних исследований.

Известные на Камчатке молибденово-медные месторождения и рудопроявления размещаются в пределах Центральнокамчатской рудной зоны, совпадающей с одноименной вулканической зоной или интрузивно-вулканогенным поясом (рис. 21). Центральнокамчатская зона проходит вдоль восточного склона Срединного хребта и располагается в сводовой части Камчатско-Корякского антиклинория. Положение зоны контролируется глубинным разломом, прослеживающимся более чем на 1000 км вдоль юго-восточного склона Камчатско-Корякского хребта. По этому разлому происходит сочленение жесткого Срединного массива и подвижной складчатой области. Разлом был подводящим каналом для слагающих зону разнообразных по составу и возрасту магматических образований.

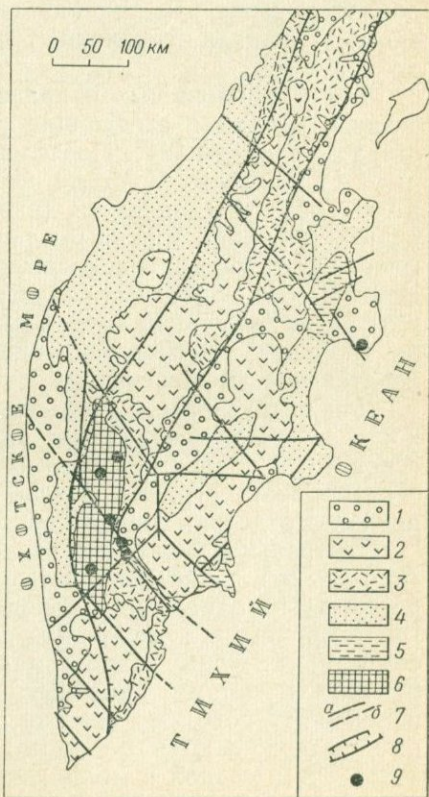
Участок сопряжения отличается особенно напряженной разрывной тектоникой. Здесь возникает «веер» разломов, обусловленный совмещением разновозрастных систем трещин, характерных как для Срединного массива (меридиональных и широтных), так и для молодой вулканической дуги (северного, северо-восточного и северо-западного простирания). Именно с интенсивной тектонической проработкой зоны в месте сочленения связано широкое развитие здесь ореолов гидротермально измененных пород и рудной минерализации.

В существующих схемах тектонического районирования Камчатки Срединный массив и прилегающая к нему территория рассматриваются как жесткий блок Z-образной формы, который в современном плане представляет собой не единую структуру, а серию эшелонированных линейных поднятий и прогибов: горст-антиклиналей и грабен-синклиналей.

Блоковые перемещения отдельных частей этой структуры по широтным разломам обусловили выход на поверхность пород различных структурных ярусов. Нижний ярус сложен древними (предположительно протерозойскими) метаморфическими породами: гнейсами, кристаллическими сланцами, филлитами и др.; верхний — вулканическими породами и интрузиями позднемелового — палеогенового возраста. Вулканогенные породы представлены тремя толщами: нижняя (палеоген — миоцен) мощностью 1000—1500 м — базальты, андезито-базальты и андезиты; средняя (поздний миоцен) мощностью 200—300 м — андезито-дациты, дациты, липарито-дациты; верхняя (поздний миоцен — плиоцен) мощностью 700—800 м — эф-

Рис. 21. Положение зоны с молибденово-медной, медной и молибденовой минерализацией на территории Камчатки, по данным Г. М. Власова, М. М. Васильевского, Л. И. Тихомирова и других.

1—5 — вулканогенные комплексы (1 — четвертичный, 2 — неогеновый, 3 — палеогеновый, 4 — верхнемеловой, 5 — нерасчлененный верхнемеловой — палеогеновый); 6 — метаморфические породы фундамента; 7 — разрывные нарушения; а — активные в неогенное время, б — донеогенового фундамента; 8 — границы металлогенической зоны; 9 — месторождения и рудопроявления.



фузивы основного и среднего состава, сменяющиеся вверх по разрезу дацитами, липарито-дацитами, игнимбритами, пепловыми туфами. Судя по характеру разрезов, значительную часть кайнозойской эры Центральнокамчатская зона представляла собой островную вулканическую дугу, превратившуюся в неогене в вулканический хребет.

Вблизи границ Срединного массива или в краевой части массива размещаются многочисленные тела интрузивных пород и крупные дайковые поля. Почти непрерывный пояс интрузивы образуют вдоль глубинного разлома между  $52^{\circ} 30'$  и  $55^{\circ} 30'$ . Определение К—Аг-методом возраста этих гранитоидов показывает, что они формировались в несколько временных интервалов: от 89—90 до 10—12 млн. лет.

Интрузии характеризуются пестрым петрографическим составом: габбро, габбро-диориты, диориты, кварцевые диориты, сиенито-диориты, габбро-сиениты, кварцевые монциты, гранодиориты, граниты. Среди жильных образований и субвулканических штоков — диоритовые порфиры, гранодиорит-порфиры, монцит-порфиры, альбитофиры и др. Форма интрузивных тел чаще штокообразная, реже это линейно вытянутые тела (трещинные интрузивы). Площадь обнаженных частей штоков колеблется от 1—2 до 100 км<sup>2</sup>.

Для позднемиоценовых и палеогеновых пород Центральной Камчатки отмечаются следующие закономерности в изменении их состава во времени [21]. Последовательное раскисление лав в интервале от позднего мела до конца палеогена: спилиты (поздний мел) — базальты, андезиты (палеоген — миоцен) — андезит-дациты, дациты (средний миоцен) — липариты, липарито-дациты (поздний миоцен — плиоцен). Раскисление лав происходило параллельно с переходом от подводных излияний спилитов (поздний мел — палеоген) через вулканизм островной дуги (миоцен) к континентальному (плиоцен). Вторая тенденция в развитии вулканизма — последовательное уменьшение щелочности лав вверх по разрезу.

Для интрузивных пород также намечается уменьшение щелочности и общее раскисление пород от основных через щелочно-основные к средним и кислым: габбро → габбро-сиенит → диорит → гранодиорит → гранит. Подобная же тенденция проявляется в пределах отдельных интрузивных массивов.

Центральнокамчатская зона на всем своем протяжении (<1000 км) является областью широкого развития рудоносных гидротермально измененных пород, представленных тремя формациями: вторичными кварцитами, пропилитами, ортоклазовыми метасоматитами. Зоны гидротермально измененных пород контролируются системами линейных тектонических нарушений. Среди измененных пород по составу выделяется несколько типов, которые выдерживаются на протяжении всей Центральнокамчатской зоны. Зоны медной и молибденово-медной минерализации, в част-

ности, повсеместно сопровождаются следующими типами метасоматитов: 1) авгит-ортоклазовыми с халькозином и борнитом; 2) биотит-диопсид-ортоклазовыми с борнитом и халькопиритом; 3) биотит-диопсид-ортоклазовыми с халькопиритом; 4) актинолит-эпидот-кварцевыми с пиритом, халькопиритом и молибденитом, сменяющимися вверх по разрезу другими типами метасоматитов, в связи с которыми встречается свинцово-цинковая, золото-серебряная, сурьмяно-ртутная минерализация и др. В распределении гидротермально измененных пород и руд проявляется четкая горизонтальная и вертикальная зональность [21].

Состав гидротермально измененных пород и руд Центральнокамчатской зоны обнаруживает четкую связь со степенью эродированности отдельных блоков. Медное и молибденово-медное оруденение, встречающееся в ассоциации с пропилитами и ортоклазовыми метасоматитами, установлено в наиболее глубоко эродированных участках зоны, где обнажаются породы нижнего структурного яруса и относительно крупные интрузивы диоритов, монцитонитов, гранодиоритов. В среднем ярусе, где локализируются субвулканические тела диоритовых порфиров и микрогранодиорит-порфиров, в связи с ними возникают сложно построенные зоны пропилитов и частично вторичных кварцитов. В верхнем структурном ярусе в ассоциации с экструзивными телами формируются вторичные кварциты.

Одна из важнейших закономерностей пространственного размещения оруденения в Центральнокамчатской зоне — обнажение на поверхности, в наиболее глубоко эродированных структурах медных и молибденово-медных руд и последовательная смена этих руд свинцово-цинковыми, золото-серебряными и мышьяково-сурьмяно-ртутными по мере уменьшения глубины вскрытия геологических структур. Вертикальная зональность оруденения Центральнокамчатской зоны соответствует ряду: (Cu, Mo) — (Cu, Zn, Pb) — (Au, Ag) — (As, Sb, Hg) [21, 22].

Рудоносные зоны гидротермальных пород характеризуются отчетливо проявленным зональным строением двух типов. Это либо массивное окварцевание в линейных зонах актинолит-эпидотовых пропилитов (типа Туманного) или кварцевые жилы среди эпидот-хлоритовых пропилитов (типа Лазурного).

В зонах равномерного окварцевания наблюдается рассеянное убогое оруденение, наиболее высокие концентрации рудных элементов приурочены к зонам кварцевых жил и штокверков. Молибденово-медное оруденение представлено прожилково-вкрапленным типом и залегает в пропилитизированных интрузивных и дайковых породах: гранодиорит-порфирах, кварцевых диоритах, диоритовых порфиритах. Для пропилитизированных пород характерно развитие хлорита, эпидота, иногда актинолита, альбита, пирита.

Специфичный тип медного оруденения представлен прожилково-вкрапленными и гнездовыми борнит-халькопиритовыми рудами в

ортоклазовых метасоматитах с авгитом, биотитом, диопсидом и апатитом. Эти медьсодержащие породы пересекаются зонами кварц-серицит-карбонатных пород с прожилково-вкрапленной халькопирит-пиритовой минерализацией, иногда с галенитом и сфалеритом.

Метасоматиты слагают в полях развития вулканогенно-осадочных пород верхнего мела неправильные по форме тела или линейные зоны мощностью от нескольких до десятков и первых сотен метров. Какой-либо приуроченности к контактам интрузивных образований не наблюдается. Характерными представителями рассматриваемой группы являются Кирганикское и Шаромское рудные поля. Характерные особенности молибденово-медной минерализации Центральнокамчатской зоны рассмотрим на примере участка Туманного.

Участок *Туманный* приурочен к интрузивному массиву сложного строения, прорывающему вулканогенные породы палеогена: литокристаллокластические туфы и основные эффузивы. Массив сложен пестрым по составу набором пород. Преобладают амфибол-биотитовые и биотитовые диориты и кварцевые диориты, представленные мелко- и среднезернистыми разновидностями. Диориты связаны постепенными переходами с монцонитоидной группой (кварцевыми монцонитами, тоналитами, гранодиоритами). Широко распространены амфиболовые гранодиорит-порфиры. Все интрузивные породы рассекаются широкими дайками базальтов предположительно неогенового возраста [21].

Зоны гидротермально измененных пород и рудной минерализации контролируются линейными тектоническими нарушениями северо-восточного и северо-западного направления и прослеживаются до 1,5 км по простиранию при мощности до 300 м. Выделяются три типа зон гидротермальных изменений и рудной минерализации. Первый тип: зоны существенно кварцевых метасоматитов в центре, сменяющиеся окварцованными, биотитизированными, актинолитизированными породами; в измененных породах в виде вкрапленности и тонких прожилков развиваются пирит, халькопирит, молибденит. Второй тип: зоны ортоклазовых метасоматитов, местами на 80—90% сложенные ортоклазом, сопровождающиеся пироксеном (ряда диопсид — геденбергит), биотитом, сфеном, апатитом; с измененными породами этого типа связаны зоны существенно медного халькопиритового оруденения. Третий тип: линейные зоны биотит-альбитовых метасоматитов северо-восточного простирания в диоритах, к которым также приурочена прожилково-вкрапленная халькопиритовая минерализация.

С точки зрения поисков молибденово-медного оруденения Центральнокамчатская зона представляется исключительно интересной. В пределах этой зоны в классическом виде проявлены все те признаки, которые являются необходимыми для образования промышленных концентраций молибденово-медного оруденения типа

«рогфугу соррег». В первую очередь обращает на себя внимание региональная позиция зоны:

— расположение в пределах вулканогенного пояса в месте сопряжения жесткого Срединного массива и подвижной складчатой области, частично в окраинных частях массива;

— четко проявленный структурный контроль оруденения глубинными разломами и системами сопряженных с ними более мелких трещин;

— фемический профиль разрезов докембрийского фундамента;

— интенсивно проявленная дизъюнктивная тектоника;

— широкое распространение многофазных комплексов умереннокислых гранитоидов габбро-диорит-гранодиоритовой и других близких по составу формаций;

— широкие ореолы гидротермальных изменений, представленных пропилитами, ортоклазовыми метасоматитами;

— наконец, прямые признаки минерализации (установленные в пределах зоны многочисленные рудопроявления и отдельные месторождения).

Если сравнивать Центральнокамчатскую и другие зоны Тихоокеанского подвижного пояса, то можно отметить, что она совмещает в себе черты, присущие двум крупнейшим медно-порфировым провинциям Тихоокеанского кольца (Перу-Чилийской и Юго-Западных штатов США). С первой ее сближает линейная структура вулканогенного пояса, большие мощности сохранившихся вулканогенных покровов верхнего структурного этажа. Именно это дает возможность, совмещая частные разрезы, реконструировать вертикальную колонку оруденения и гидротермальных пород и воссоздать «пропилитовую рудную систему», по Г. М. Власову [22], соответствующую следующему ряду элементов при переходе от нижних частей разреза к верхним:  $Cu-Cu-Mo-Pb-Zn-Au-Ag-Hg-Sb-S$ . Позднее на десять лет независимо от Г. М. Власова и М. М. Василевского такой же ряд, как модель медно-порфировой системы, на примере месторождений Чили предложил Р. Силлитоу [230]. Разница этих вертикальных рядов проявляется лишь в самой нижней части: молибденовая зона у Р. Силлитоу, переходящая в медно-молибденовую, и существенно медная в системе Г. М. Власова и М. М. Василевского [21, 22]. Но и в той, и в другой моделях эта самая нижняя зона представлена ортоклазовыми метасоматитами.

С месторождениями Юго-Западных штатов США Центральнокамчатскую зону сближают глубокий эрозионный срез отдельных блоков, обусловивший выход на поверхность пород фундамента; локализация порфировых интрузий и минерализации не только в вулканических, но и непосредственно в древних породах; фемический профиль пород фундамента, отчетливо проявленный структурный контроль оруденения, близкий возраст молибденово-медной минерализации (75—55 млн. лет), широкое проявление кали-

шпатовых изменений и пр. Здесь уместно вспомнить также, что самые богатые концентрации медных руд рудника Лавендер в США — это проявление мел-палеогеновых интрузий в докембрийских кристаллических породах фемического типа.

Перечисленные особенности свидетельствуют о том, что факторы, благоприятные для образования богатых локальных концентраций медных руд, проявлены в Централнокамчатской зоне довольно отчетливо. Все это определяет необходимость дальнейшего изучения зоны как одной из весьма перспективных на молибденово-медное оруденение.

### Олойская зона

Охотско-Чукотский пояс рассматривался как перспективный на медно-порфировое оруденение многими исследователями (А. Л. Литвин, В. Т. Матвеев, М. И. Ициксон, В. А. Перваго). В последние годы на основе критериев прогнозирования, разработанных на примере типовых меднорудных провинций СССР и зарубежных стран [67, 96, 98], представилось возможным конкретизировать перспективную оценку этой структуры и наметить ряд зон для проведения первоочередных поисковых, тематических и ревизионных работ на медно-порфировое оруденение [67]. По особенностям тектонической позиции, геологического строения, закономерностям проявления магматизма и характеру минерализации как наиболее перспективные для поисков медно-порфирового оруденения были выделены следующие зоны: Олойская, Северо- и Южно-Мургальская, Тайгоноская, Магаданская, Охотская и др. Во время полевых работ 1973—1975 гг., проводившихся в Олойской зоне Саблинской партией ВСЕГЕИ, Ю. П. Рождественским и др. [95] в юго-восточной части зоны было выявлено ряд участков с молибденово-медной прожилково-вкрапленной минерализацией. Основываясь на этих исследованиях, приведем ниже описание геологического строения и особенностей минерализации этой зоны.

В настоящее время в Олойской зоне обнаружено несколько месторождений и большое число рудопроявлений медно-порфировой формации. Изучение их показало, что они относятся к двум разновозрастным группам — раннемеловой и позднемеловой; встречаются в связи с гранитоидами двух интрузивных формаций — габбро-монзонит-сиенитовой и габбро-диорит-гранодиоритовой; размещаются в различных структурно-формационных ярусах — геосинклинальном и орогенном.

Структурная позиция зоны в региональном плане определяется размещением ее между мезозойской Южно-Ануйской эвгеосинклиналию на севере и жесткими докембрийскими структурами Омолонского срединного массива на юге (рис. 22).

На большей своей площади Олойская зона сложена вулканогенно-осадочными породами позднетриасового — позднеюрского

( $T_3-J_3$ ) и позднеюрского — раннемелового ( $J_3-K_1$ ) комплексов. Породы более древнего комплекса ( $T_3-J_3$ ), представленные граувакковой, базальтовой граувакковой, спилит-диабазовой, известняково-терригенной, флишоидной, морской молассовой и андезит-базальтовой молассовой формациями суммарной мощностью 6000—7000 м, слагают линейно ориентированные в северо-западном направлении прогибы, выраженные на современном эрозионном срезе горстовыми поднятиями (см. рис. 22). Ю. П. Рождественский и др. [95] относят эти формации к собственно геосинклинальному ядру эвгеосинклинального типа.

Более широко распространены в Олойской зоне позднеюрские — раннемеловые образования, представленные породами базальто-

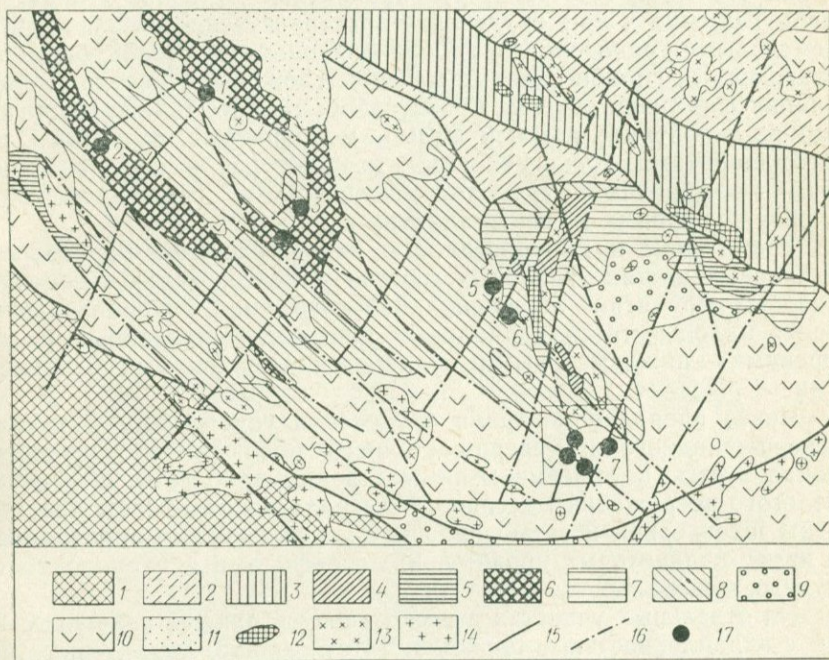


Рис. 22. Размещение участков с медно-порфировой минерализацией в пределах Олойской зоны, по Ю. П. Рождественскому и др. [95].

1 — кристаллические (РС) и вулканогенно-осадочные (РЗ) породы Омолонского срединного массива; 2 — миогеосинклинальный комплекс Алойской зоны, Т; 3 — эвгеосинклинальный комплекс Южно-Алойской зоны,  $J_3-K_1$ ; 4—10 — осадочные и вулканогенно-осадочные комплексы Олойской зоны (4 — эвгеосинклинальный, РЗ, 5 — миогеосинклинальный, РЗ, 6 — эвгеосинклинальный,  $T_3-J_3$ , 7 — орогенный молассоидный,  $T_3-J_3$ , 8 — регенерированный геосинклинальный вулканогенно-молассовый,  $J_3-K_1$ , 9 — отложения угленосной молассовой формации,  $K_1$ , 10 — континентальные вулканогенные образования, К); 11 — рыхлые четвертичные отложения Колымской депрессии; 12—14 — мезозойские интрузивные образования габбро-перидотитовой и габбро-диабазовой (12), габбро-плагиогранитовой, габбро-монцит-сиенитовой, габбро-диорит-гранодиоритовой, диорит-гранодиорит-гранитовой (13), гранитовой и гранит-граносиенитовой (14) формаций; 15, 16 — зоны глубинных разломов (15 — краевых, 16 — межблоковых); 17 — медно-порфировые месторождения и рудопроявления (цифры на схеме: 1 — Дальний, 2 — Камень Такмыка, 3 — Северо-Восточный, 4 — Кольцевой, 5 — Песчанка, 6 — Находка, 7 — Эргунейский рудный район).

вой, базальт-андезитовой, базальт-андезит-дацит-липаритовой формации суммарной мощностью от 1500 до 5000 м. Эти породы выполняют как линейные прогибы, так и изометричные центрально-площадные унаследованные и наложенные впадины. В меловой период на площади Олойской зоны происходило массовое внедрение гранитоидов и интенсивный наземный вулканизм. В пределах зоны широко распространены гранитоиды габбро-диорит-гранодиоритовой и диорит-гранодиорит-гранитовой формаций при резко подчиненной роли кислых и субщелочных разностей. Среди эффузивно-пирокластических образований преобладают породы базальт-андезитовой и андезитовой формаций.

В центральной и западной частях Олойской зоны (месторождения Находка, Песчанка, рудопроявления Дальний, Иннах, Камень Такмыка и др.) оруденение пространственно связано с позднемеловыми гранитоидами габбро-монцит-сиенитовой формации, слагающими гипабиссальные массивы сложного строения. Породы ранних фаз представлены биотитовыми габбро, габбро-сиенитами, габбро-диоритами; главной фазы — монцонитами, сиенитами, сиенито-диоритами, граносиенитами; поздних фаз — сиенито-диоритовыми порфиритами, гранодиорит-порфирами, гранит-порфирами, сиенит-порфирами и сиенит-аплитами.

Гранитоиды и приуроченное к ним оруденение размещаются в краевых частях триасовых горстов и палеозойских геоантиклинальных поднятий эвгеосинклинального типа, ограничивающих более молодые геосинклинальные прогибы, выполненные верхнеюрскими — нижнемеловыми вулканогенно-осадочными отложениями.

Четко проявлен контроль оруденения глубинными разломами северо-западного и северо-восточного простирания. Оруденение локализуется в линейновытянутых зонах дробления, в участках пологого погружения массивов. Минерализованные зоны представлены штокверковой сетью кварцевых, реже кварц-микроклиновых и кварц-кальцитовых прожилков с сульфидами и вкрапленностью рудных минералов.

На отдельных участках широко распространены кварцевые жилы с вкрапленностью и прожилками сульфидов. Характерные рудные минералы: пирит, халькопирит, молибденит; реже борнит, халькозин, магнетит, пирротин, арсенопирит, галенит, сфалерит, висмутин, марказит, антимонит, самородное золото.

К наиболее распространенным типам гидротермально измененных пород относятся: биотит-калишпатовые, серицит-кварцевые, гидрослюдистые, аргиллизированные и пропилитизированные разности.

Рудопроявления Эргунейского рудного района, расположенные в юго-восточной части Олойской зоны, к югу от Алучинского палеозойского палеоподнятия, находятся в иной геологической обстановке. Оруденение пространственно приурочено к выходам верх-

немеловых гранитоидов габбро-диорит-гранодиоритовой формации и размещается среди орогенных вулканических пород мелового возраста.

Рудные поля и участки располагаются в зоне сочленения глубинных разломов северо-западного, северо-восточного и субмеридионального простираний (рис. 23). Площадь этой части зоны сложена вулканогенно-осадочными породами двух комплексов: геосинклинального ( $J_3-K_1$ ), представленного породами базальт-андезитовой конгломерато-песчаниковой молассовой формации, и орогенной ( $K_1-K_2$ ), объединяющего базальт-андезитовую песчанико-конгломератовую молассовую, базальт-андезит-дацит-липаритовую и дацит-липаритовую формации. Интрузивные породы, распространенные на этой площади, отнесены к двум разновозрастным фор-

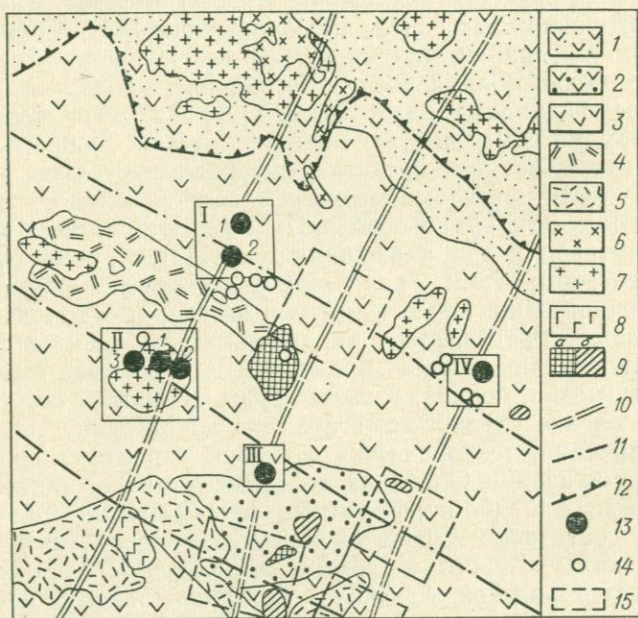


Рис. 23. Схема геологического строения Эргунейского рудного узла, по Ю. П. Рождественскому и др. [95].

1, 2 — вулканогенно-осадочные породы молассовой формации (1 — базальт-андезитовой конгломерато-песчаниковой,  $J_3-K_1$ , 2 — базальт-андезитовой песчанико-конгломератовой,  $K_1-K_2$ ); 3—5 — вулканогенные породы (3 — дифференцированной базальт-андезит-дацит-липаритовой формации,  $K_1$  ар-ал, 4 — то же, кислого состава, 5 — дацит-липаритовой формации,  $K_2$ ); 6—9 — интрузивные образования [6 — габбро-монзонит-сиенитовой формации,  $K_1$ , 7 — габбро-диорит-гранодиоритовой,  $K_2$ , 8 — сиенито-габбровой,  $K_2$ , 9 — субвулканические и малые тела умеренно кислого, кислого (а) и основного (б) состава]; 10, 11 — зоны скрытых глубинных разломов (10 — северо-восточного простирания, 11 — северо-западного); 12 — граница формационных ритмов  $J_3-K_1$  и  $K_1-K_2$ ; 13 — рудные поля (I, II) и участки (III, IV) с медно-порфировым оруденением: I — Веснинское (цифры на схеме — участки: 1 — Сульс-фидный, 2 — Высотный), II — Пряжка (цифры на схеме — участки: 1 — Пряжка-1, 2 — Пряжка-2, 3 — Пряжка-3), III — Сокол, IV — Сокол; 14 — жилные и прожилково-вкрапленные медно-сульфидные рудопрооявления; 15 — площади, перспективные на медно-порфировое оруденение.

мациям: раннемеловой габбро-монцонит-сиенитовой и позднемеловой габбро-диорит-гранодиоритовой и сиенит-габбровой.

В пределах Эргунейского района выделены два рудных поля (Веснинское и Пряжка) и несколько участков минерализации (Ржавый, Сокол). Четко выражен структурный контроль оруденения: пространственно оно связано с выходами интрузий габбро-диорит-гранодиоритовой формации, позднемелового возраста. Массивы многофазных плутонов сложены габбро, габбро-диоритами, диоритами и диоритовыми порфирами, гранодиоритами, гранодиорит-порфирами, гранит-порфирами, сиенито-диоритовыми порфирами. Рудная минерализация (участки Сульфидный, Высотный, Сокол, Ржавый) приурочена к слабоэродированным апикальным частям массивов, к эндоконтактовым зонам малых тел сиенито-диоритовых порфиритов, прорывающих гранодиориты.

Медно-молибденовое оруденение концентрируется в линейновытянутых штокверковых зонах, прослеживающихся по простиранию до 5—6 км при ширине от 600 м до 2 км. На фоне в целом равномерного медно-молибденового оруденения вдоль северо-восточных и северо-западных разломов образуются более обогащенные участки. Гидротермально измененные породы, сопровождающие рудную минерализацию, представлены калишпатовыми, кварцевыми, биотитовыми метасоматитами часто с отчетливо выраженной зональностью. Для рудного поля Пряжка, например, в направлении от внутренних зон к внешним отмечается смена следующих фаций метасоматитов: калишпат-хлоритовые → калишпатовые → кварц-серицит-пиритовые и аргиллизированные породы. Рудная минерализация представлена вкрапленностью, прожилками, гнездами пирита, халькопирита, молибденита, магнетита, реже встречаются халькозин, борнит, блеклые руды, галенит и сфалерит.

В заключение следует отметить, что по особенностям геологического строения, тектонической позиции, характеру проявленной здесь минерализации Олойская зона имеет много общего с типовыми зонами с медно-порфировыми месторождениями. Это дает основание достаточно высоко оценивать ее перспективы. В пределах Охотско-Чукотского и других звеньев Восточно-Азиатского пояса выделен ряд зон, близких к Олойской по всем перечисленным признакам, что также позволяет считать их перспективными для поисков медно-порфиновых месторождений.

### АНТАРКТИЧЕСКИЙ ПОЛУОСТРОВ

К медно-порфировой формации отнесены проявления медной минерализации, обнаруженные в 1970—1973 гг. геологами США на Антарктическом полуострове Антарктиды в районе берега Ласситера [221]. Здесь было выявлено около 30 участков с прожилково-вкрапленной пирит-халькопиритовой минерализацией (рис. 24), сопровождаемой малахитом и азуритом. На участках с рудной

минерализацией в породах определены также повышенные содержания цинка, меди, свинца, молибдена, мышьяка, висмута, серебра.

Медное оруденение обнаружено на пяти изолированных горных вершинах, составляющих в совокупности зону общей протяженностью более 2,5 км при ширине 0,5 км. Большая часть Антарктического полуострова сложена породами мелового возраста, прорванными более молодыми интрузиями. На берегу Ласситера обнаружены смятые в складки осадочные и вулканогенные породы средней и верхней юры. На площади широко развиты интрузивные породы: гранодиориты, габбро, граниты, абсолютный возраст которых по К—Аг-методу составляет 119—99 млн. лет.

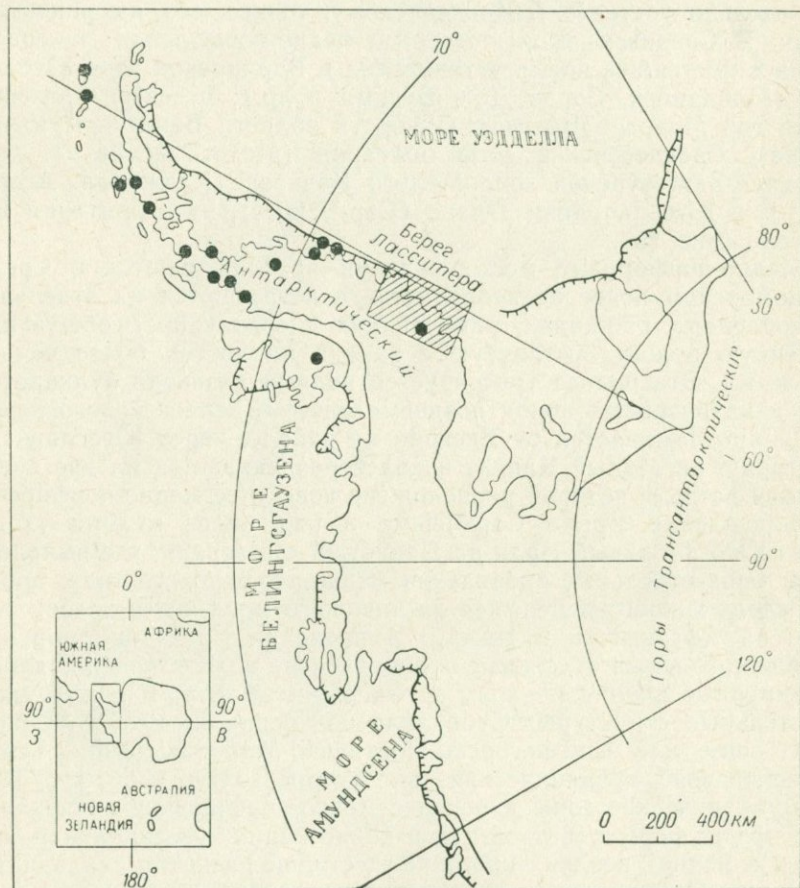


Рис. 24. Размещение участков с медной минерализацией на территории Антарктического полуострова Антарктиды [221].

Заштрихована площадь с прожилково-вкрапленной медной минерализацией берега Ласситера; черные кружки — места минерализованных и гидротермально измененных пород.

Вкрапленность и прожилки рудных минералов приурочены к пропиллитизированным породам. Наиболее высокие содержания меди отмечаются в кварцевых жилах. В целом содержания меди низкие и не превышают 0,2, а молибдена  $\sim 0,005\%$ .

## Глава II

### СРЕДИЗЕМНОМОРСКИЙ ПОДВИЖНЫЙ ПОЯС

По широте проявления медно-порфировой минерализации и масштабам выявленных месторождений Средиземноморский пояс значительно уступает Тихоокеанскому, точнее, его американской ветви. В Средиземноморском поясе медно-порфировая минерализация в настоящее время установлена в Вардарской зоне Югославии (Майданпек, Боров Дол, Бучима и др.); в северо-восточной части гор Матра в Венгрии (Речк), в области Банат в Румынии (Дева), Среднегорской зоне Болгарии (Медет, Асарел и др.), Мисхано-Зангезурской зоне Малого Кавказа (Каджаран, Агарак и др.), в Юго-Западном Иране (Сар-Чешме), на территории Пакистана (рис. 25).

Медно-порфировые месторождения прослеживаются в Средиземноморском поясе не непрерывно, а встречаются на отдельных обособленных площадях, намечающих в совокупности общую протяженную полосу, вытянутую с запада на восток более чем на 4 тыс. км. Эта полоса трассируется полями развития вулканогенных и интрузивных пород позднемелового — палеогенового возраста и прослеживается от Венгрии на западе, через Югославию и Болгарию на Малый Кавказ и далее раздваивается на две ветви. Южная ветвь, в которой расположено известное медно-порфировое месторождение Ирана Сар-Чешме и ряд более мелких уходит через Юго-Западный Иран на Пакистан, а северная, где выявлены пока лишь отдельные проявления медно-порфирового типа, проходит вдоль южного побережья Каспийского моря через хребет Эльбурс на Афганистан и Памир. В пределах Средиземноморского подвижного пояса отдельные вулканические поля объединяют в более крупные единицы — зоны и пояса — и выделяют их как самостоятельные структуры: Суббалканско-Среднегорскую вулканическую зону, или Среднегорско-Понтийско-Малокавказский вулканический пояс, вулканический пояс Урмия-Дохтур и др. [17, 134].

Вулканические зоны и пояса с медно-порфировой минерализацией могут формироваться как в конце ранних геосинклинальных, так и в конце поздних орогенных стадий развития складчатых областей. Однако вне зависимости от времени образования сходными являются состав вулканических толщ, интрузивных пород, в связи с которыми встречается минерализация, и другие особенности. В структурном отношении подобные вулканические пояса

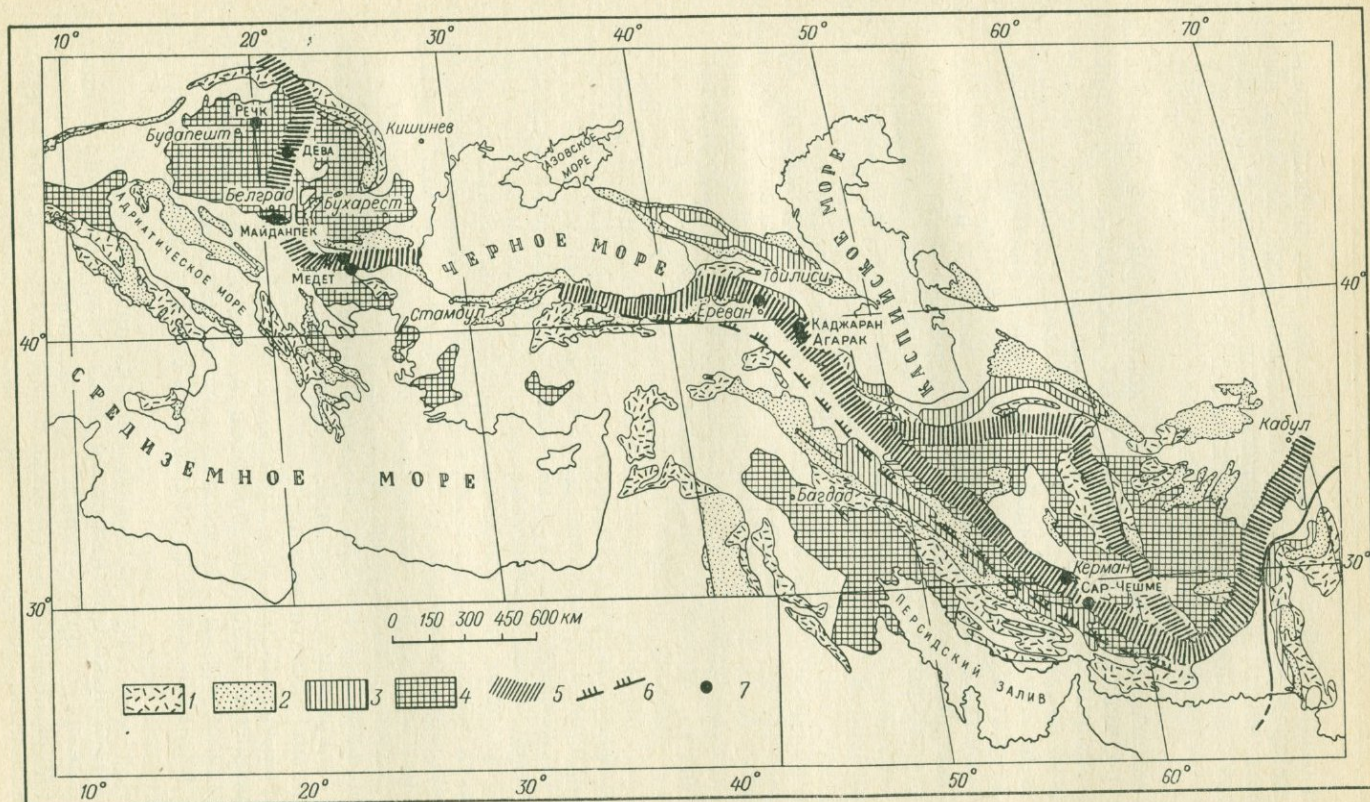


Рис. 25. Схема размещения медно-порфировых месторождений Средиземноморского подвижного пояса.

1 — вулканогенные породы, К<sub>1</sub>-Р; 2 — осадочные, К<sub>1</sub>-Р; 3 — эвгеосинклинальные образования, J; 4 — срединные массивы, перекрытые чехлом палеоген-неогеновых отложений; 5 — вулканические дуги — металлогенические пояса Евразийского Тетиса; 6 — зоны субдукции (5, 6 — по С. Янковичу. [1955]); 7 — медно-порфировые месторождения.

представляют собой грабен-синклинали, выполненные преимущественно средними по составу породами, среди которых преобладают андезиты, и грабен-антиклинали, сложенные породами основания с полностью эродированным покровом вулканитов, с внедрившимися в них интрузивными производными порфировой формации.

Вулканические зоны и пояса контролируют в региональном плане размещение медно-порфировых месторождений в пределах Средиземноморского пояса. Специфика размещения этих месторождений заключается в том, что в строении Средиземноморского пояса в отличие от восточной ветви Тихоокеанского большая роль принадлежит срединным массивам, составляющим центральную осевую часть складчатых сооружений Тэтиса и разделяющих южную и северную его ветви. Именно срединные массивы определяют здесь структурную позицию зон и рудных районов с медно-порфировой минерализацией, которые располагаются, как правило, в непосредственной близости от крупных массивов Сербско-Македонского, Родопского, Ирано-Афганского и др. (см. рис. 25).

На приуроченность медно-порфировых месторождений Средиземноморского подвижного пояса к срединным массивам обращали внимание А. Д. Щеглов [150] и другие исследователи. Вместе с тем анализ особенностей распределения медно-порфировых месторождений, проведенный автором ранее [96, 99], позволил заключить, что они располагаются только на контакте срединных массивов с эвгеосинклиналями, в зонах их сочленения. Исследования закономерностей размещения медно-порфировых месторождений Болгарии и Югославии дают возможность уточнить отмеченную закономерность. При этом можно сформулировать следующее положение: медно-порфировые месторождения возникают не на всем протяжении зон сочленения эвгеосинклинальных прогибов и срединных массивов, а только в участках с определенным типом строения, обусловленным соответствующим режимом развития, а именно там, где на относительно жестком основании существовали условия, промежуточные по режиму развития между эвгеосинклинальными и параплатформенными. В таких участках образуются наложенные вторичные прогибы, характеризующиеся редуцированным развитием типичных эвгеосинклинальных формаций, выполненные флишем или вулканогенными образованиями. Массовое развитие подобных прогибов в Средиземноморском поясе, как отмечает Н. П. Херасков и другие, характерно для второй стадии развития альпид, соответствующей позднему мелу — палеогену.

Понятие о вторичных геосинклиналях применительно к территории Суббалканско-Среднегорской зоны объединяет, по существу, представления о приуроченности медно-порфировой минерализации, с одной стороны, к срединным массивам, с другой — к эвгеосинклинальным зонам, поскольку здесь месторождения локали-

зуются в тех частях вторичных структур, которые закладывались на консолидированном жестком основании массивов, прошедших на предшествующих этапах длительную стадию эвгеосинклинального развития. В данном случае, как будет показано ниже, результирующая геологическая обстановка — состав вулканических пород и интрузий — фактически оказывается здесь на геосинклинальной стадии развития, аналогичной той, которая в других зонах возникает часто на более поздних орогенных стадиях.

Именно при таком подходе находят объяснение и становятся закономерными данные по датировке возраста медно-порфирового оруденения Средиземноморского пояса, для которого выделяется два главных этапа: позднемеловой — палеоценовый (месторождения Югославии и Болгарии) и олигоцен — миоценовый (месторождения Малого Кавказа, Ирана, Пакистана). В намеченной общей схеме пространственно-временных закономерностей развития медно-порфировой минерализации месторождения Югославии и Болгарии соответствуют редуцированно проявленной геосинклинальной стадии. Медно-порфировая минерализация Малого Кавказа, Ирана, Пакистана образуется в орогенную стадию и встречается в зонах наземного континентального вулканизма, перекрывающего сложно дислоцированный фундамент.

При таком подходе, с одной стороны, рассмотренная структурная позиция может быть увязана с особенностями развития подвижных областей в общей концепции Ю. А. Билибина. С другой стороны, имеющиеся данные по Средиземноморскому поясу, проанализированные в последние годы с позиций тектоники плит, позволяют наметить место медно-порфирового оруденения в зональных рядах среди других типов и выделить ряд новых районов, перспективных для поисков медно-порфировых месторождений. При этом в основу анализа были положены следующие представления. «Если в мезозойское и раннетретичное время на контакте Африканской и Евразийской плит располагалась зона поглощения, то медно-порфировые месторождения можно ожидать на севере Марокко и Алжира. Если шов Инда трансформирует местоположение зоны поглощения, являвшейся активной в момент замыкания восточной части океана Тэтис, то медно-порфировые месторождения могут размещаться на его северной стороне» [228].

Особый интерес представляет структурная позиция и время формирования месторождения Речк в Венгрии. Это месторождение, как и ряд других, контролируется линией Дарно, которую Э. Садецки-Кардошш [240] рассматривает как зону субдукции.

В связи с вышеизложенным приводимые ниже материалы по отдельным зонам, составленные с учетом опубликованных в последние годы работ (см. табл. 1), могут представить и более широкий интерес. Поэтому при описании отдельных зон обратим особое внимание на взаимосвязь медно-порфировых месторождений с другими типами оруденения (колчеданным, скарновым и т. п.), встре-

чающегося в тех же структурах, что и медно-порфировое, а также на характеристику отдельных типов месторождений, их зональность, взаимосвязь с магматическими породами.

### ЮГОСЛАВИЯ

Медные и молибденово-медные месторождения Югославии приурочены к зоне сочленения Сербско-Македонского массива, являющейся северо-западным продолжением Родопского, и Вардарской эвгеосинклинали, которая представляет собой, по Ж. Обуэну [98], тыльный прогиб Альпийской складчатой системы Эллинид (рис. 26).

Самые крупные медные месторождения Бор и Майданпек находятся в Восточной Сербии в пределах андезитового массива Тимок. Поля андезитовых пород с проявлениями близкой по типу медной и молибденово-медной минерализации, не получившие пока окончательной промышленной оценки, известны также к северу и к югу от массива Тимок (рис. 27).

А. Циссарц [146] рассматривал Восточную Сербию в качестве самостоятельной области, главной особенностью которой является андезитовый характер вулканизма, проявившегося в пределах массива Тимок как подводный сиалический геосинклинальный вулканизм, но который тем не менее нельзя относить к подлинному вулканизму начальной стадии геосинклинального развития. В мас-

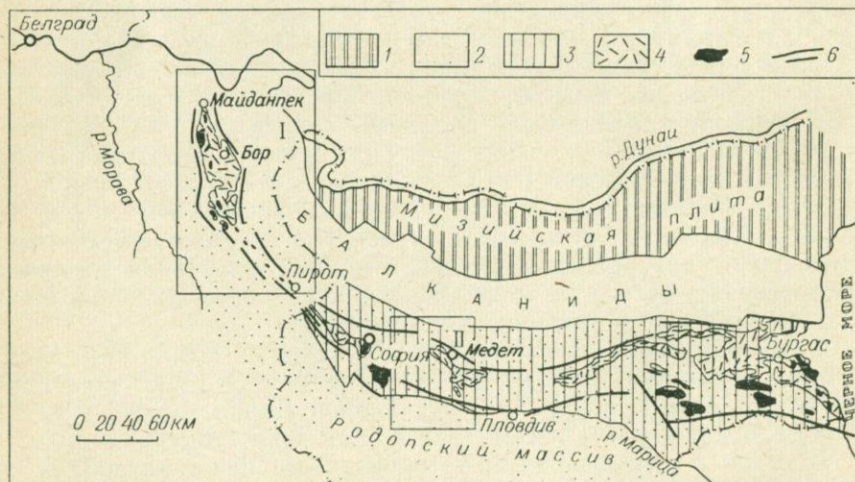


Рис. 26. Положение Тимокского (I) и Панагюрского (II) рудных районов по отношению к главным структурным элементам — Родопскому массиву и Мизийской плите.

1 — Мизийская плита; 2 — Родопский массив; 3 — Среднегорская зона; 4 — вулканические и пирокластические породы, Кз—Р; 5 — ларамийские интрузивы; 6 — глубинные разломы, ограничивающие палеотрог (4—6, по И. Антониевичу [206]).

сиве Тимок, как подчеркивает А. Циссарц [146], наблюдаются подводные, но не ранние андезиты, синорогенные глубинные интрузивы монцитов, последующие более поздние андезиты, переходящие в дациты и завершающие основные андезиты, сменяющиеся базальтами. По своему характеру вулканизм скорее соответствует

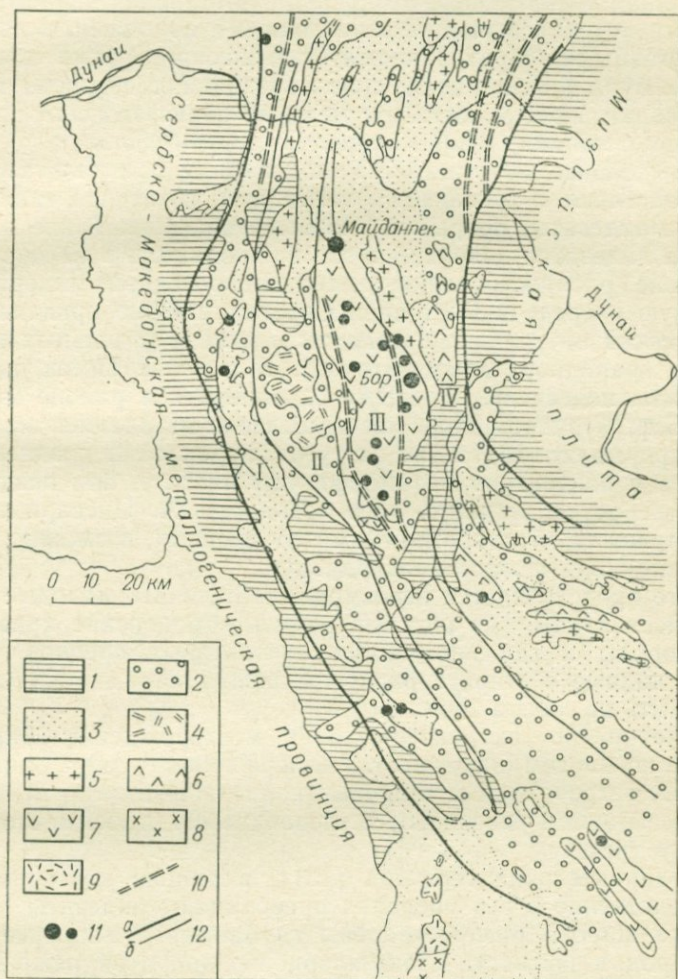


Рис. 27. Схема размещения зон с медной минерализацией в пределах Карпато-Балканской провинции, по С. Янковичу, 1974 г. [206].

I-IV — металлогенические зоны (I — Риданско-Креколинская; II — Нерничко-Белянинская; III — Борская; IV — Балканская).

1 — четвертичные отложения; 2 — мел; 3 — верхний палеозой; 4 — нижний палеозой; 5 — герцинские граниты; 6 — герцинские габбро; 7 — сеионские вулканические породы — андезиты; 8 — палеогеновые гранодиориты, монциты; 9 — палеогеновые дациты — андезиты; 10 — разломы; 11 — медные месторождения; 12 — границы металлогенических провинций (a) и зон (б).

несколько более кислым образованиям областей поднятия геосинклиналей.

В соответствии с более поздними исследованиями, в частности проведенными Д. Джорджичем и другими, высказано представление о том, что Тимокская эруптивная область развивалась в туроне и сеноне как вулканогенно-осадочная субмаринная депрессия, нижние части которой выполнены осадочными породами, а верхние — вулканогенными образованиями андезитового, реже дацитового состава. Вулканогенно-осадочные образования согласно перекрывают осадки юры и нижнего мела и образуют синклиналичную структуру с максимальной мощностью 2000—3000 м.

Таким образом, в массиве Тимок наряду с андезитами, переслаивающимися с сенонскими мергелями, отмечены также более молодые андезиты, прорывающие более древние. Такие взаимоотношения андезитов довольно часто наблюдаются в массиве Тимок.

В зоне распространения молибденово-медной минерализации (в первую очередь в Восточной Сербии) широко проявлен также ларамийский интрузивный магматизм в виде отдельных монцитовых и гранодиоритовых интрузий. В массиве Тимок, например, монцитониты подсечены буровыми скважинами в районе месторождения Бор. В рудном поле месторождения Майданпек малые интрузии прорывают андезиты, их туфы, пирокласты позднемелового возраста и контактово метаморфизуют их, т. е. они позднее этих пород (вероятно, ларамийского возраста). А. Циссарц высказал предположение, что ларамийскими по возрасту, возможно, являются и гранодиориты массива Сурдулицы.

Часто представляется невозможным отличить молодые граниты от варисских там, где они внедрились в родопские кристаллические породы и где нет четких контактовых ореолов. В связи с этим данные о широте распространения ларамийских гранитов могут быть не совсем точными.

Ниже кратко охарактеризовано месторождение *Майданпек*, близкое по многим особенностям к порфировому типу, однако в его пределах встречаются и типичные колчеданные тела, что и послужило основанием некоторым исследователям относить его к колчеданному типу.

По данным ряда геологов [131], в районе месторождения и непосредственно в его пределах преобладают андезиты и дациты, а также широко распространены глубинные и жильные аналоги этих пород, в частности дайки кварцевых диоритов, реже диоритов, микродиоритов.

Месторождение приурочено к крупному, прослеживаемому почти на 6 км разлому субмеридионального простирания (рис. 28). В западном борту разлома обнажаются интенсивно дислоцированные гнейсы, условно относимые к нижнему палеозою; в центральной части — блоки титон-валанжинских известняков, прорванных субвулканическими телами андезитов; в восточном борту — фил-

литы, кварц-хлоритовые и кварц-серицитовые сланцы палеозоя, несогласно перекрытые песчаниками, мергелями, конгломератами сенона.

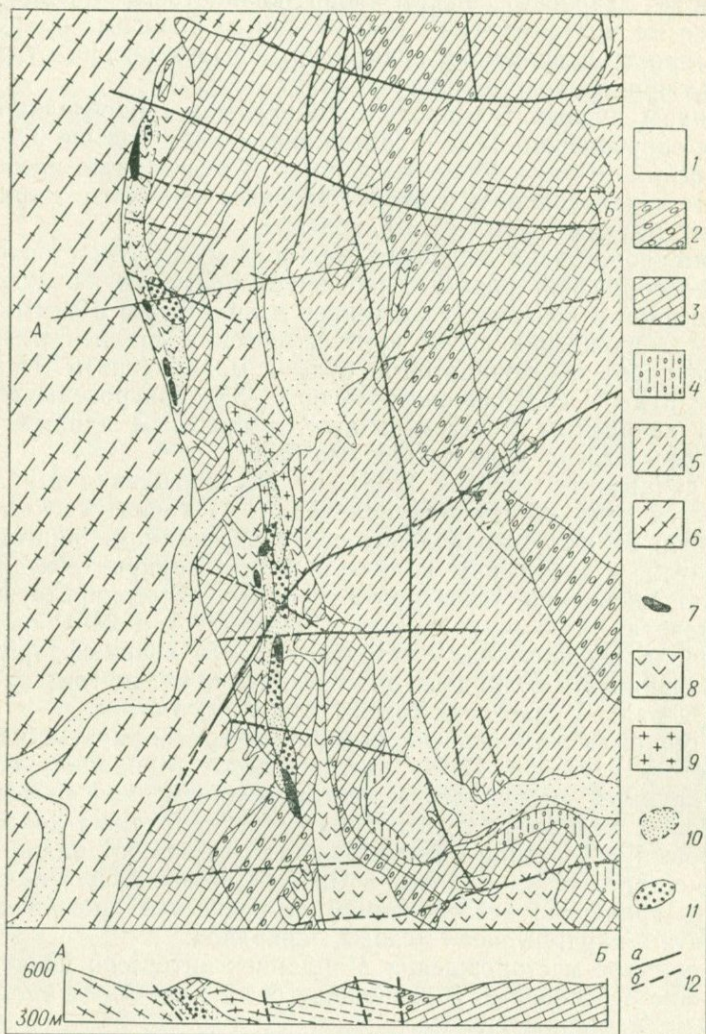


Рис. 28. Схематическая геологическая карта месторождения Майданпек, по Т. Спасову с дополнениями В. И. Старостина [131].

1 — четвертичные отложения; 2 — конгломераты, песчаники, мергели и мергелистые известняки сенона; 3 — известняки титона-валажинина; 4 — конгломераты и песчаники лейаса-доггера; 5 — филлиты, кварц-серицитовые и кварц-хлоритовые сланцы, PZ(?); 6 — амфиболо-биотитовые гнейсы, PZ(?); 7 — интрузивные образования ларамийского возраста; 8 — андезиты сенона; 9 — гранито-гнейсы; 10 — участки развития калишпат-кварцевой ассоциации вторичных минералов; 11 — кварцевые ядра; 12 — разломы (а — установленные, б — предполагаемые).

Рудная зона контролируется субмеридиональным разломом и представлена брекчированными, участками рассланцованными породами, превращенными в процессе гидротермальной переработки в калишпат-кварцевые, эпидот-хлорит-кальцитовые, каолиновые и кварцевые метасоматиты. К измененным породам приурочены вкрапленность и прожилки сульфидов, образующие на отдельных участках промышленные концентрации.

Границы рудных тел проводятся условно и определяются по данным опробования. Тела с содержанием меди больше 0,5—0,7% имеют штоко- и линзообразную формы. В рудах резко преобладает пирит и халькопирит; к второстепенным относятся тетраэдрит, магнетит, марказит, гематит, молибденит.

Пирит образует в пределах месторождения самостоятельные тела линзообразной формы с небольшой примесью халькопирита, приуроченной к контакту известняков и андезитов. В центральной части месторождения среди кристаллических сланцев и гнейсов развиты пирит-халькопиритовые руды с молибденитом. Наиболее богатые руды с содержаниями меди 1—3% приурочены к существенно кварцевым метасоматитам — «кварцевым ядрам», имеющим форму штоков, линз и более сложную.

По данным Т. Спасова [235], на месторождении Майданпек выделяется семь стадий минерализации: 1) гранат-магнетит-ильменитовая; 2) кварц-молибденитовая с пирротином, пиритом, молибденитом, с небольшим количеством халькопирита, сфалерита, кубанита, висмутина, тетраэдрита, борнита, арсенопирита, золота, мушкетовита; 3) кварц-пиритовая с марказитом и мельниковитом; 4) кварц-халькопиритовая с тетраэдритом; 5) кварц-сфалеритовая с халькопиритом, молибденитом, галенитом, кальцитом, баритом; 6) кварцевая; 7) халькозин-ковеллиновая с борнитом.

По геологическим особенностям и минеральному составу, как отмечает А. Циссарц [146], месторождение Майданпек соответствует крупным американским месторождениям типа «рассеянных порфирировых медных руд». М. Донат (1962 г.) также доказывает порфирировый тип медной минерализации и считает Майданпек аналогом месторождения Бингхем в США. С. Максимович подтверждает это сравнение исследованием особенностей проявления молибденита в парагенезисах медных минералов.

На примере месторождения Майданпек интересно подчеркнуть следующие особенности, сближающие его с типичными медно-порфирированными месторождениями.

1. Пространственную связь минерализации с комплексом порфирировых интрузий, но представленных более основными породами — диоритовыми порфиритами.

2. Определяющее значение для локализации оруденения крупного разлома, контролирующего размещение рудных тел.

3. Среднее содержание меди в рудах, равное 0,5—0,7%, более характерное для медно-порфирировых, а не для колчеданных место-

рождений, и постоянную примесь молибдена, составляющего в среднем 0,008%.

4. Тип гидротермальных изменений вмещающих пород, в частности широкое развитие во внутренних зонах калишпат-кварцевых, кварц-каолиновых метасоматитов, характерных для медно-порфировых месторождений.

5. Отмеченную выше последовательность проявления стадий минерализации, соответствующую установленной для многих медно-порфировых месторождений.

## БОЛГАРИЯ

При характеристике медно-порфировой минерализации Болгарии использованы материалы М. Стайкова, А. Делчева и К. Ангелкова [96].

Большинство медно-порфировых месторождений, выявленных к настоящему времени на территории Болгарии, сосредоточено в Среднегорской зоне (Медет, Асарел, Петелово, Влайков Врых и др.), меньшее число известно в Балканской (Елаците, Маркова Чукла). Медные месторождения определяют металлогенический профиль Среднегорской зоны и наряду с медно-порфировым представлены медно-колчеданным, медно-скарновым и другими типами. Распространение тех или иных типов медной минерализации в Среднегорской зоне, так же как и закономерности размещения месторождений, находится в тесной зависимости от особенностей ее геологического строения.

«Среднегория,— пишет Ц. Димитров,— представляет собой мобильную линейментную зону, видимо, древнего заложения, ожившую и подновившуюся в верхнем мелу, когда были заложены отчетливо выраженные сенонские прогибы, а позднее — палеогеновые, неогеновые и четвертичные грабены и котловины» [41, с. 4]. Определяющее влияние на формирование главных структурных элементов Среднегорской зоны оказала альпийская история ее развития. Среднегорская зона заложилась и развивалась на жестком кристаллическом фундаменте и представляет собой, по существу, северную часть Родопского массива, отделенную от него в мезозое, возможно даже ранее, по линии Марицкого глубинного разлома (см. рис. 26).

Следует отметить, что специфику Среднегорской зоны составляет широкое развитие разрывных структур разных порядков. Системой крупных продольных разломов, подобных Марицкому шву, Забалканскому, Перкинскому и другим, а также слабее выраженными косыми и поперечными разломами площадь Среднегорской зоны разделена на отдельные блоки, удлиненные преимущественно в широтном направлении. Именно блоковый характер имели главные движения в этой области начиная с позднего мела. Благодаря различной скорости воздымания (или опускания) образовались

позитивные и негативные структуры, определившие не только специфический рельеф, но и характерное для зоны мозаичное геологическое строение.

В пределах Среднегорской зоны выделяется несколько горст-антиклинорий, сложенных допалеозойскими гнейсами и гранитами или более молодыми слабометаморфизованными триасово-юрскими отложениями: Центральносреднегорский, Ихтиманский, Сакарский и Странджанский. Эти позитивные структуры разделены синклинальными прогибами, выполненными вулканическими породами преимущественно андезитового состава, переслаивающимися с мергелистыми и карбонатными (флишоидными) отложениями: Брезникским, Панагюрским и Бургасским синклинориями.

В пределах перечисленных выше структур локализуются медные месторождения и рудопроявления разных генетических типов. Медно-порфиновые месторождения выявлены в Центральносреднегорском горст-антиклинории, который начал развиваться как горстовая структура с конца палеозоя и сохранил свое стабильное положение при вовлечении в геосинклинальный режим развития соседних территорий. Ядро антиклинория сложено докембрийскими гнейсами и батолитоподобными телами гранитоидов предположительно герцинского возраста. Впоследствии антиклинорий был разбит системой субширотных разломов, с которыми связано образование ряда более мелких горстов и грабенов.

В Панагюрском синклинории медно-порфиновые месторождения пространственно приурочены к экструзивным телам, прорывающим вулканические породы, заполняющие грабен-синклинали — месторождения Петелово, Влайков Врых, Асарел (рис. 29).

В других структурах, в частности в расположенном восточнее Бургасском синклинории, выполненном поздне меловыми вулканогенными отложениями (андезитами, трахиандезитами), локализуются жильные молибденово-медные месторождения Россенского рудного поля, встречающиеся в пространственной связи с небольшими массивами преимущественно монзонит-сиенитового состава — Россенским, Вырмбразжским и др. В Сакаро-Странджанском антиклинории, испытавшем наиболее раннюю регенерацию и относящемся, подобно Центральносреднегорскому, к позитивным структурам остаточного типа, главные молибденово-медные месторождения представлены скарновым типом и приурочены к Малко-Тырновскому массиву, сложенному породами, меняющимися по составу от щелочных (пироксенитов) до кислых (гранитов, гранит-порфиров).

Молибденово-медное оруденение порфирового и других типов Среднегорской зоны пространственно связано с ларамийскими магматическими образованиями разных уровней глубинности: это малые трещинные интрузии («гипабиссальный комплекс» — по терминологии болгарских геологов), внедрившиеся в породы нижнего структурного этажа, субвулканические экструзивные тела, локали-

зующиеся в бортовых частях грабен-синклиналей и т. д. Пространственно интрузии этого комплекса приурочены к антиклинориям остаточного типа или приподнятым частям цоколя геосинклинали. Например, Малко-Тырновская и Прохоровская интрузии внедрились в приподнятую часть фундамента, известную как Странджанский антиклинорий. Гипабиссальные тела преимущественно локализованы в Среднегорском и Ихтиманском антиклинориях. Субвулканические порфировые интрузии, внедрившиеся в бортовые

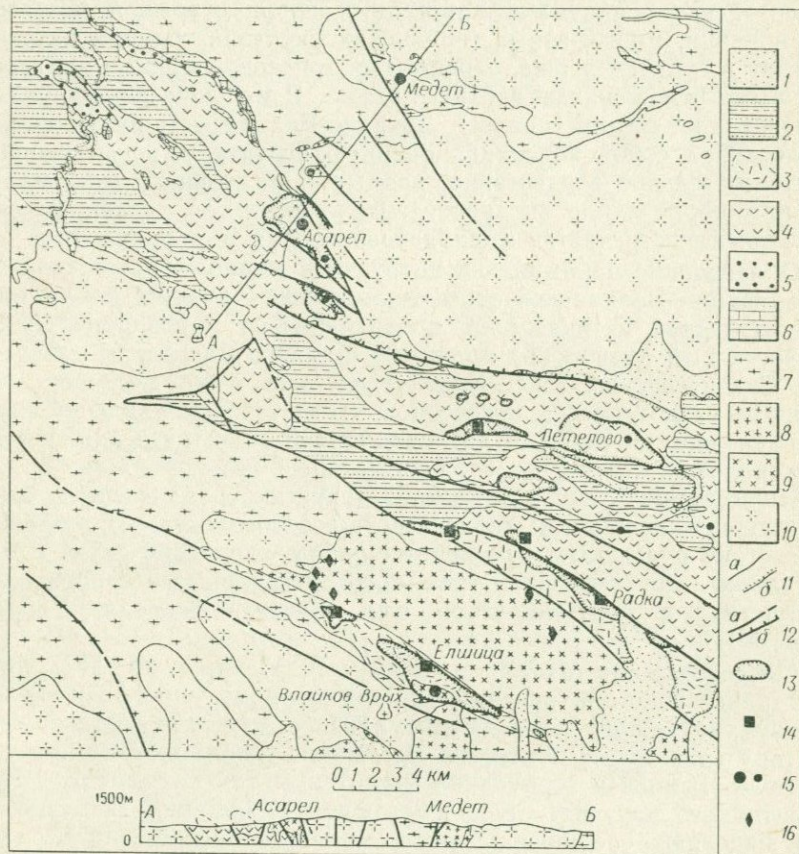


Рис. 29. Размещение медных месторождений Панагюрского рудного района Среднегорской зоны Болгарии. Составлена на основании карты М. Стайкова и др. [96].

1 — аллювиально-делювиальные отложения, N—P; 2 — флишеидные отложения, K<sub>2</sub>m; 3 — дациты, андезиты, туфы, K<sub>2</sub>m; 4 — андезиты, дациты, латиты, туфы, K<sub>2</sub>; 5 — известковистые песчаники, кварциты, глины, K<sub>2</sub>; 6 — известняки, песчаники, T; 7 — гнейсы, PR<sub>1</sub>; 8 — интрузивные образования (8 — гранодиориты, кварцевые монзонито-диориты, K<sub>2</sub>; 9 — порфировидные диориты, K<sub>2</sub>; 10 — гранодиориты, граниты, PZ); 11 — линии контактов согласных стратиграфических и активных интрузивных (a) и с угловым несогласием (б); 12 — тектонические нарушения сброс (a) и надвиг (б); 13 — граница зон гидротермально измененных пород (пропилитов и вторичных кварцитов); 14—16 — месторождения (14 — медно-пиритовые, 15 — медно-порфировые, 16 — кварцево-жильные).

части грабен-синклиналей, контролируются разрывными нарушениями во второстепенных брахиантиклинальных складках и разломами в бортах геосинклинальных зон (Влайков Врых, Асарел и др.).

Медно-порфировые месторождения Балканской зоны Елаците и Маркова Чукла приурочены к Западно-Балканскому антиклинорию, представляющему собой крупную геантиклинальную структуру, состоящую из трех разновозрастных структурных этажей: палеозойских осадочно-вулканогенных пород огромной мощности в основании, многофазных герцинских интрузий гранодиоритового состава в среднем этаже, перекрытых триасово-юрскими континентальными отложениями верхнего этажа. В меловой период (в собственно альпийском цикле!) Западно-Балканский антиклинорий представлял собой консолидированную структуру, испытывавшую продолжительное воздымание, размыв и разрывные деформации. По ним происходило внедрение интрузивных тел и даек, в связи с которыми встречается молибденово-медная минерализация.

Образование ларамийских интрузий и молибденово-медной минерализации Балканской зоны связывается с процессами тектономагматической активизации, проявляющейся в позднемеловой — палеогеновый период под влиянием мощного магматизма в соседней Среднегорской зоне. Характеризуемое ниже месторождение Елаците располагается в северной части геосинклинальной рамы и приурочено к глубокой дислокационной зоне, разделяющей антиклинальные структуры, сложенные древними породами.

Ниже приводится краткая характеристика различных по своей структурной позиции и геологическим особенностям, но близких по составу руд, типам измененных пород, характеру связи с магматизмом и другим чертам трех медно-порфировых месторождений Среднегорской и Балканской зон: Медета, Асарела, Елаците (рис. 30).

Месторождение *Медет*, по данным А. Ушева и др. [137, 138], пространственно приурочено к гипабиссальному многофазному интрузиву трещинного типа позднемелового возраста — Медетскому плутону (рис. 30, а). Интрузив прорывает докембрийские кристаллические сланцы и герцинские гранитоиды так называемого Копривштицкого плутона. Среди слагающих Медетский интрузив пород выделяют следующие пространственно обособленные разновидности, соответствующие трем самостоятельным фазам: кварцевые габбро-диориты, кварцевые монцонит-диориты, гранодиориты. Позднее образовались дайковые породы разнообразного состава: спессартиты, кварцевые монцонит-диоритовые порфириты, кварцевые монцонит-порфириты, гранодиоритовые порфириты, гранодиориты, аплиты и аплит-пегматиты.

Породы наиболее ранней фазы — кварцевые габбро-диориты — внедрились по одному из региональных разломов близширотного простиранья; более поздние фазы — по разломам северо-западного

простираения. Именно приуроченностью к разломам разных простираений можно объяснить коленоподобную форму интрузива.

Молибденово-медное оруденение развивается в кварцевых монцит-диоритах на контакте их с гранодиоритами, в участке пересечения разломов близширотного и северо-западного простираения, по которым внедрялись интрузивные породы разных фаз, т. е. в участке максимально трещиноватых пород. Рудоконтролирующими при этом являются все породы, включая дайковые. Рудные тела, как и в других месторождениях этого типа, не имеют геологических границ, контуры их определяются по данным опробования. Интенсивность оруденения находится в прямой зависимости от густоты мелких трещин.

Считают, что эти трещины, возникнув как скрытые во время застывания плутона, оформились позднее под воздействием тектонических напряжений. Это доказывается тем, что дайки, жилы и послерудные нарушения имеют те же главные направления прости-

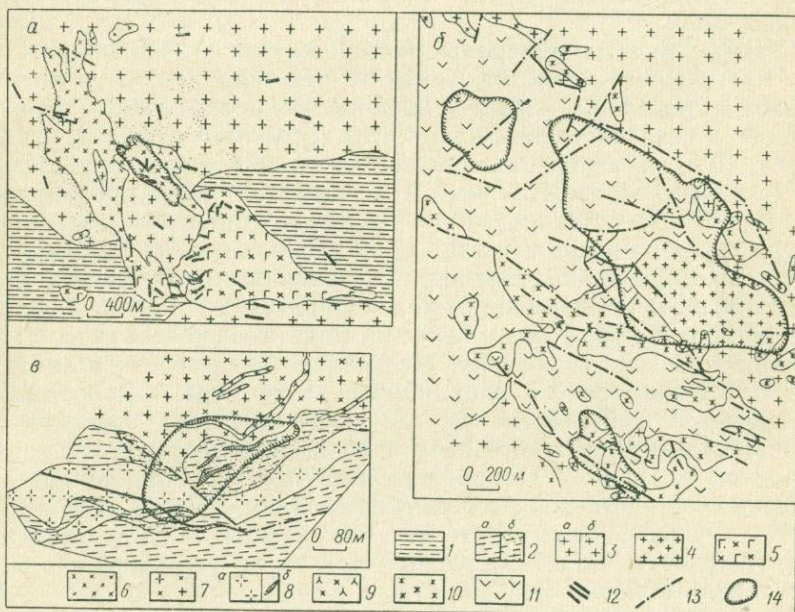


Рис. 30. Особенности геологического строения медно-порфировых месторождений Болгарии: Медет (а), Асарел (б) и Елаците (в) [96].

1 — кристаллические сланцы; 2 — сланцы неизмененные (а) и контактово-метаморфизованные (б); 3 — граниты неизмененные (а) и контактово измененные (б); 4 — лейкократовые граниты; 5 — кварцевые габбро-диориты; 6 — монцит-диориты; 7 — гранодиориты; 8 — кварцевые сениито-диоритовые порфириты крупнозернистые (а) и мелкозернистые (б); 9 — гранодиорит-порфириты; 10 — диорит-порфириты и кварцевые диорит-порфириты субвулканической фации; 11 — андезитовые порфириты, их туфы и лавобрекчии; 12 — дайки; 13 — тектонические нарушения (разломы); 14 — границы зон развития рудной минерализации и гидротермально измененных пород.

рания, что и первичные системы трещин: северо-западное (295—315°), близширотное (80—100°) и северо-восточное (30—45°), т. е. являются оперяющими по отношению к разломам, контролирующим внедрение Медетского плутона.

Рудное тело, ограниченное изолиниями минимального промышленного содержания меди, имеет форму вертикального опрокинутого усеченного конуса с грубо эллиптическим основанием. Большое основание имеет длину 100, ширину от 100 до 350 м. Вертикальная мощность рудного тела 450—500 м.

На распределение оруденения существенное влияние оказал состав вмещающих пород. Медная минерализация образует наиболее богатые концентрации в породах с повышенным содержанием железа — в кварцевых монзонит-диоритах и кварцевых монзонит-порфиритах (в 5—6 раз больше, чем в лейкократовых). Содержание меди возрастает в участках проявления процессов биотитизации. На отложение молибденита состав вмещающих пород не оказывает такого влияния. Молибденит распространен также и среди лейкократовых пород, отличающихся очень низким содержанием меди.

Главные рудные минералы месторождения — халькопирит, пирит, молибденит, магнетит, гематит, реже борнит; вторичные — халькозин, ковеллин, малахит; жильные — кварц, отчасти цеолиты, кальцит; в незначительном количестве встречаются хлорит, пренит, эпидот. Рудная минерализация проявляется в форме вкрапленности (главным образом медные минералы) и тонких прожилков и жил (преимущественно молибденит). На месторождении выделяют четыре стадии минерализации: 1) калишпатовую, актинолитовую, биотитовую; 2) молибденит-пирит-халькопиритовую; 3) кварц-молибденитовую; 4) кварц-пирит-халькопиритовую.

Месторождение *Асарел* располагается северо-западнее г. Панагюриште в зоне сочленения Центральносреднегорского антиклинория и Панагюрского синклинория. Структура месторождения определяется небольшим по площади грабеном, выполненным позднемеловыми вулканогенными породами. С севера и юга грабен ограничен разломами северо-западного простирания, по которым на поверхность выведены герцинские граниты нижнего структурного этажа. Сбросы близширотного и северо-восточного простирания устанавливаются по диагональным разломам, по которым опустились западные блоки (рис. 30, б).

Позднемеловые вулканогенные породы представлены двумя фациями: эффузивной (амфибол-биотитовые андезиты, кластолавы, агломераты, туфы) и субвулканической (диоритовые порфириды, кварцевые диорит-порфириды, гранодиорит-порфиры). На восточном фланге месторождения и в центральной части на глубине вскрыты лейкократовые граниты, взаимоотношения которых с другими породами пока не выяснены. На поверхности эти граниты переходят в герцинские граниты, а на глубине ограничены двумя указанными

выше системами разломов. Эффузивные породы имеют падение на юго-запад под углом около  $40^\circ$ . Субвулканические тела представлены многочисленными штоками и дайками, внедрившимися как в герцинские граниты, так и в позднемеловые эффузивные породы.

Распределение минерализации контролируется зоной контакта герцинских гранитов с верхнемеловыми породами, вдоль которой наиболее широко распространены субвулканические фации. Рудная минерализация развита в породах разного состава: преимущественно в диоритовых порфиритах, кварцевых диорит-порфиритах, лейкократовых гранитах и отчасти эффузивных породах (рис. 30, б).

Первичная минерализация представлена халькопиритом, пиритом, молибденитом, гематитом и в незначительных количествах борнитом, сфалеритом и галенитом. В приповерхностной зоне месторождения встречаются халькозин, ковеллин, вторичный борнит, малахит, азурит, самородная медь, куприт, вторичные силикаты меди и гидроокислы железа. Из жильных минералов преобладают кварц, эпидот, хлорит, отчасти кальцит и цеолиты. Рудные минералы присутствуют в виде жилок и импрегнации. При этом выделяют три минеральные ассоциации первичных минералов: мелкозернистый кубический пирит, распространенный в виде импрегнации исключительно среди пород эффузивной фации; пирит — халькопирит — гематит — молибденит, слагающие прожилки и включения в субвулканических телах и в лейкократовом граните; крупнозернистый кварц с крупнокристаллическим пиритом, заполняющий трещины и тектонические зоны.

Гидротермальные метасоматические процессы выражены в калишпатизации, окварцевании, серицитизации, эпидотизации, хлоритизации, а в лейкократовых гранитах — и в перекристаллизации полевых шпатов и темноцветных минералов. В отдельных участках эффузивные породы превратились в серицитовые, алунитовые и диаспоровые вторичные кварциты, переходящие в пропилиты. Устанавливаются две генерации метасоматитов: серицитовые кварциты включая обломки монокварцитов.

Месторождение *Елаците* приурочено к региональной тектонической зоне, вдоль которой проходит контакт между гранодиоритовыми батолитами предположительно карбонового возраста (герцинский структурный этаж) и метаморфическими породами диабаз-филлитовой формации (каледонский структурный этаж). Среди пород метаморфического комплекса выделяют неизменные (филлитовые, хлорит-серицитовые, кварц-серицитовые, глинисто-серицитовые) и контактово-измененные сланцы (кварц-биотитовые, актинолит-тремолитовые, андалузитовые, биотитовые). Гранодиоритовый батолит характеризуется постоянным минеральным составом и однородной структурой. Эта региональная тектоническая зона определяет расположение дайковых тел, ориентировку разрыв-

ных структур и трещиноватости и является контролирующей для локализации медно-молибденового оруденения.

Месторождение приурочено к полю широкого развития даек, представленных кварцевыми сиенито-диоритовыми порфиритами, гранодиоритовыми порфиритами, диоритовыми порфиритами и аплитами. Среди трещин, контролирующих размещение даек, прожилков и зон нарушений, выделяют три главные системы: северо-восточную ( $60^\circ$ ), юго-восточную ( $125-140^\circ$ ) и близширотную ( $85-110^\circ$ ) (рис. 30, в).

Рудовмещающими являются все породы, слагающие рудное поле. Самое богатое оруденение в сланцах приурочено к зонам контакта и тектоническим нарушениям. В гранодиоритах наблюдается равномерное распределение меди и ее наиболее высокое содержание. Последнее падает по мере удаления от центральной части рудного поля, насыщенного дайками, к периферии, где даек значительно меньше. В дайковых породах содержание меди зависит от их состава: наиболее высокие концентрации меди отмечаются в дайках граносиенитов, самые низкие — в дайках аплитов.

Рудное тело, ограниченное изолинией с минимальным промышленным содержанием меди, имеет столбообразную форму с длиной горизонтальных сечений 1000 и шириной около 600 м. По простиранию и падению оно контролируется линией контакта между сланцами и гранодиоритами и имеет падение на юг под углом  $45-50^\circ$ , на глубину прослежено до 800 м.

В заключение описания месторождений Среднегорской зоны укажем, что для них сохраняются многие особенности, которые были отмечены для медно-порфировых месторождений, охарактеризованных выше зон.

## ВЕНГРИЯ

Большой интерес представляет выявленное в последние годы на территории Венгрии медно-порфировое месторождение *Речк*. Геологическая позиция рудного поля этого месторождения в региональном плане определяется приуроченностью к крупной тектонической зоне — линии Дарно, которую рассматривают как краевой глубинный разлом Карпатской орогенической зоны [240, 247]. Линия Дарно, имеющая ширину около 10 км, представляет собой систему субпараллельных взбросов северо-восточного — юго-западного простирания. К северо-западу от этой линии преобладают тектонические элементы древнего заложения с простиранием северо-запад — юго-восток, северо-восток — юго-запад, восток-северо-восток и запад-юго-запад. Юго-восточнее распространены параллельные ей структуры, имеющие в основном север-северо-восточное и юг-юго-западное простирание. Вдоль линии на поверхности обнажаются породы палеозойского фундамента и широко проявлены разновозрастные (мезозойские и кайнозойские) магматические образования. Линия Дарно разделяет два триасовых эвгеосинкли-

нальных прогиба — Среднегорский и Игаль-Бюкк (рис. 31). Э. Садецки-Кардошш [240] рассматривает тектоническую линию Дарно как зону субдукции. Магматические породы проявились в пределах зоны вдоль неоднократно подновлявшихся глубинных разломов от мезозоя до плиоцена и составили в совокупности единый закономерный эволюционный ряд.

По составу породы изменяются от основных, которые рассматриваются как инициальные вулканы, к средним, представленным субинтрузивными и вулканическими сериями пород, соответствующими по времени образования позднеорогенным, а далее к кислым игнимбрикам, средним щелочным вулканикам и базальтам.

С перечисленными магматическими образованиями связано проявление разнообразного комплекса рудных элементов: железа, меди, молибдена, свинца и цинка. Все перечисленные металлы встречаются в рудном поле месторождения Речк, где выявлено несколько типов минерализации: медно-порфировый, молибденово-медный и свинцово-цинковый скарновый, жильный и др. (рис. 32).

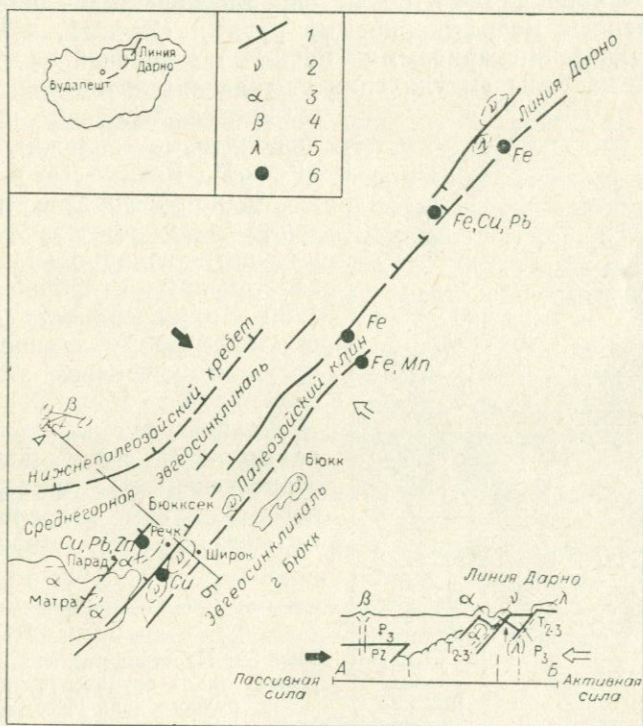


Рис. 31. Положение рудного поля Речк по отношению к линии Дарно и другим структурным элементам территории Венгрии [247].

1 — линия главного поддвига; 2 — диабазы, силиты, габбро; 3 — андезиты; 4 — базальты; 5 — риолиты, дациты; 6 — участки, обогащенные железом, медью, свинцом и цинком.

Проявление магматических пород эоценового возраста рассматривают как крупный стратовулкан, в центральной части которого, приподнятой в виде горста, обнажается субвулканическое тело биотит-амфиболовых андезитов, прорывающих известняки и мергели триаса. Наряду со штокообразным телом андезиты образуют мощный (400—700 м) покров, сложенный тремя сериями пород: амфибол-биотитовыми, кварц-биотит-амфиболовыми и биотит-амфиболовыми андезитами. Образование андезитов относят к позднеорогенной стадии развития альпийской геосинклинали. Возраст их определяют цифрой  $37 \pm 1$ , а связанного с ними оруденения —  $35 \pm 1$  млн. лет.

По отношению к субвулканическому телу андезитов в рудном поле Речк выявляется отчетливая горизонтальная и вертикальная зональности в распределении различных типов оруденения. По мере удаления от тела андезитов наблюдается переход от медно-порфировых руд (Речк-I), локализующихся непосредственно в теле андезитов и экзоконтактовой зоне, к скарновым, распространенным в полосе шириной 100—150 м, окружающей тело андезитов, и представленным медно-скарновыми рудами (Речк-II) в нижней и полиметаллически-скарновыми (Речк-III) в верхней части рудной зоны. Еще на большем удалении от тела андезитов локализуются

галенит-сфалеритовые и энаргит-люцитовые залежи и жилы (Речк-IV, Речк — Лахоца).

Медно-порфировое месторождение Речк-I представляет собой штокверк неправильной формы, залегающий на глубине от 500 до 1200 м от поверхности, имеющий в плане форму эллипса. Мощность штокверковой зоны изменяется от 2 до 150 м.

Главные рудные минералы — халькопирит, пирит, молибденит; второстепенные — сфалерит, галенит; жильные — кварц, хлорит, кальцит, пироксен, амфибол, фло-

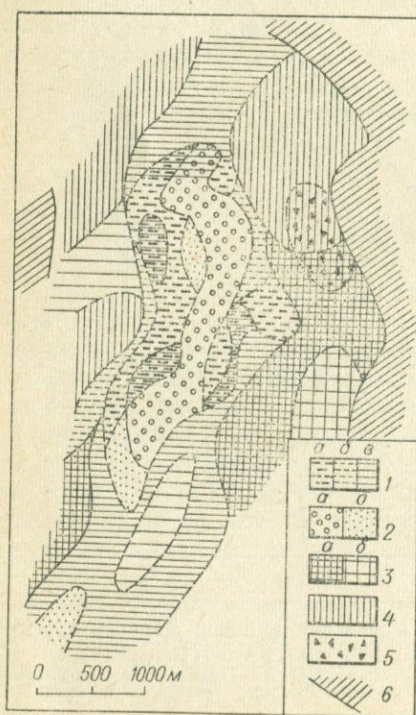


Рис. 32. Пространственное размещение разных типов оруденения в пределах рудного поля Речк [210].

Руды: 1 — скарновые [медные богатые (а) и бедные (б) и полиметаллические (в)]; 2 — медно-порфировые богатые (а) и бедные (б); 3 — гидротермальные полиметаллические (Pb-Zn-Cu) богатые (а) и бедные (б); 4 — полиметаллические; 5 — энаргитовые; 6 — вмещающие породы.

гопит, серпентинит. Содержание меди в рудах составляет 0,4—0,7, молибдена — 0,006%.

В зонах штокверковой минерализации широко проявлены гидротермальные изменения: непосредственно в андезитах — окварцевание, каолинизация, карбонатизация; в более глубоких частях штока — пропилитизация; на контакте тела андезитов с карбонатными породами триаса — скарнирование.

## АРМЕНИЯ

На территории СССР к системе Средиземноморского подвижного пояса относится только одна Мисхано-Зангезурская зона с медно-порфировой минерализацией, расположенная на Малом Кавказе, в пределах Армянской и отчасти Азербайджанской ССР. Геологические особенности медно-порфировых месторождений Малого Кавказа и закономерности их размещения в ряду других групп эндогенных месторождений нашли широкое отражение в работах многих исследователей — Р. Н. Абдуллаева, Ш. А. Азизбекова, А. Т. Асланяна, Б. С. Вартапетяна, В. Г. Грушевого, В. Н. Котляра, И. Г. Магакьяна, С. С. Мкртчяна, С. А. Мовсесяна, Г. А. Твалчрелидзе и многих других.

Зона прослеживается с северо-запада на юго-восток на расстояние около 300 км при ширине 50—60 км. В ее пределах сосредоточено большинство известных на территории Армении и прилегающей части Азербайджана молибденово-медных штокверковых месторождений (Каджаран, Агарак, Дастакерт и др.), а также ряд скарновых и жильных молибденово-медных (Айгедзор, Парагачай, Урумыс и др.), наряду с которыми выявлены многочисленные рудопроявления (рис. 33).

Положение Мисхано-Зангезурской зоны в региональном плане определяется приуроченностью к одноименной структурной зоне, которую одни исследователи рассматривают как крупную остаточную геоантиклиналь, другие — как северо-западное окончание Ирано-Афганского срединного массива.

Мисхано-Зангезурская зона граничит на северо-востоке с Сомхето-Карабахской, представленной, по Г. А. Твалчрелидзе [133], рядом прогибов, сложенных породами андезит-базальтовой, андезит-дацит-липаритовой геосинклинальных формаций юрского, позднемелового и отчасти палеогенового возраста, чередующихся с зонами относительных поднятий. Две вышеназванные зоны разделяются Севано-Амасийским офиолитовым поясом.

Е. Е. Милановский [84] отмечает, что из всех геосинклиналей Альпийского пояса прогибы Малого Кавказа с наибольшим правом могут быть названы эвгеосинклинальными. Развитие их начиная с юры и до позднего палеогена сопровождалось исключительно мощной эффузивной и интрузивной деятельностью. В пределах прогибов развиты медно-, серно- и полиметаллически-колчеданные

месторождения (Шамлуг, Алаверды, Кафан и др.). В разделяющих прогибы зонах поднятия в пространственной связи с интрузиями плагногранитов и гранодиоритов, относимых по времени образования к позднегеосинклинальной стадии киммерийского и альпийского тектонических циклов, встречаются рудопроявления прожилково-вкрапленных молибденово-медных руд (Мамули-Сопели, Техут, Шикахок и др.).

На примере Мисхано-Зангезурской и соседней с ней зон отчетливо проявлена региональная зональность, которая выражается в переходе от медно- и полиметаллически-колчеданного оруденения Кафанской эвгеосинклинальной зоны к расположенной в пределах

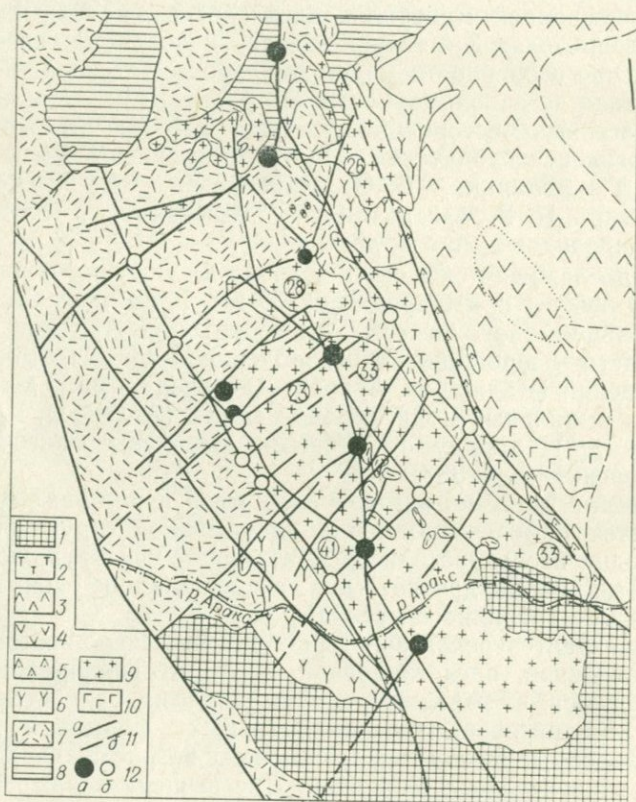


Рис. 33. Схема размещения молибденово-медных месторождений Малого Кавказа. Геологическая основа составлена Р. Г. Шагиняном по материалам Ш. А. Азизбекова, А. Э. Багирова, Т. Г. Гаджиева и других.

1—8 — осадочные, вулканогенно-осадочные, вулканогенные формации (1 — докембрийско-нижнепалеозойские, 2 — верхнедевонские, 3 — нижне-среднеюрские, 4 — верхнеюрские, 5 — нижнемеловые, 6 — верхнемеловые, 7 — эоценовые, 8 — неогеновые); 9 — олигоцен-нижнемиоценовые гранитоиды; 10 — базальты; 11 — глубинные разломы прослеженные (а) и предполагаемые (б); 12 — месторождения и рудопроявления (а), прогнозируемые рудные поля (б); цифры в кружках — абсолютный возраст интрузивных образований, млн. лет.

геоантиклинального поднятия Мисхано-Зангезурской зоне с медно-молибденовым оруденением в нижнем и свинцово-цинковым в верхнем структурных этажах и далее к Нахичеванской зоне с сурьмяным и ртутным оруденением.

Интересно подчеркнуть следующие особенности геологического развития и строения Мисхано-Зангезурской зоны, важные, с нашей точки зрения, для понимания закономерностей размещения молибденово-медных порфировых месторождений.

Для Мисхано-Зангезурской зоны характерно отчетливо выраженное трехэтажное строение: нижний структурный этаж, сложенный интенсивно дислоцированными метаморфическими породами докембрия и вулканогенно-карбонатными отложениями палеозоя (девона и перми); средний этаж, представленный карбонатными отложениями верхнего мела и вулканогенными породами эоцена; верхний этаж, сложенный континентальными породами и лавами миоцена — плиоцена.

Существенная перестройка структурного плана всей области, включающей в том числе Мисхано-Зангезурскую зону, начинается с позднего мела и сопровождается оживлением древних расколов фундамента северо-западного или близмеридионального простирания, расчленением области на большое число блоков, испытывавших в дальнейшем разный режим развития. Первичные альпийские геосинклинали Кавказа закладывались и развивались на гетерогенных структурах допалеозойского и палеозойского складчатого основания. Эоценовые, местами верхнемеловые отложения трансгрессивно залегают на древнем фундаменте. На территории Мисхано-Зангезурской зоны породы нижнего структурного этажа занимают наиболее приподнятое положение.

Таким образом, резко сокращенная мощность, а в большинстве случаев полное отсутствие палеозойских и большей части мезозойских морских отложений свидетельствуют о том, что на протяжении всего этого времени Мисхано-Зангезурская зона отличалась по истории развития от соседних зон и обнаруживала отчетливую тенденцию к воздыманию.

Начиная с послесреднеэоценовой эпохи до раннего миоцена включительно в диапазоне от 48 до 20 млн. лет в Мисхано-Зангезурской зоне проявлялся мощный интрузивный магматизм и, в частности, происходило формирование гранитоидов Мегринского плутона.

Все толщи до верхнего эоцена включительно прорваны в осевых частях антиклиналей крупными массивами гранитоидов. Поля развития гранитоидов совпадают с участками воздымания пород нижнего структурного этажа и соответствуют более глубокому эрозионному срезу структур, в то время как в местах погружения широко развиты вулканогенные образования палеогена с небольшими штоками гранитоидов. В частности, в это время происходит

формирование Мегринского плутона, отличающегося большим разнообразием слагающих его пород и даек.

Для Мегринского плутона и других интрузивов Мисхано-Зангезурской зоны выделяют три или даже четыре фазы внедрения, которые можно представить следующим обобщенным рядом: 1) габбро-габбро-порфириты; 2) гранодиориты, кварцевые диориты, монцониты, кварцевые монцониты; 3) граносиениты, кварцевые сиениты; 4) порфириовидные гранодиориты и граниты. Олигоцен-миоценовый возраст гранитоидов Мегринского плутона свидетельствует об образовании их в орогенный этап развития альпийской геосинклинали.

Гранитоидные породы сопровождаются сложной дайковой серией пород, которые подразделяются по составу на две группы [84]:

1) более ранние по времени образования умеренно кислые и кислые: кварцевые плагиогранит- и гранодиорит-порфиры, которые контролируются в основном системой нарушений северо-западного простирания;

2) более поздние, средние и основные: диоритовые порфириты, габбро-диабазы, керсантиты (обычно подчинены зонам нарушения северо-восточного простирания).

Для широко проявленных в пределах рудоносных площадей дайковых пород устанавливается обратная по сравнению с интрузиями последовательность их формирования, т. е. антидромная направленность, соответствующая ряду от кислых к основным: кварцевые плагиогранит-порфиры — гранодиорит-порфиры — диоритовые порфириты — габбро-диабазы — керсантиты. По времени образования весь комплекс даек предшествует как метасоматическим породам, так и оруденению.

Молибденово-медные месторождения обнаруживают тесную пространственную и временную связь с гранитоидами, слагающими Мегринский плутон, и локализуются как в самом массиве непосредственно в интрузивных породах (Каджаран, Агарак), так и в породах экзоконтактовой зоны (Парагачай, Урумыс).

Размещение месторождений и рудопроявлений Мисхано-Зангезурской зоны отчетливо контролируется системами разрывных нарушений разных порядков. Оруденение локализуется, как правило, в местах двойных и более сложных пересечений и сочленений. Определяющее значение имеют участки пересечения разломов северо-западного простирания (I порядка) и более поздних по времени заложения северо-восточных (II порядка). В размещении последних наблюдается определенная периодичность. В частности, Р. Г. Шагинян [147] отмечает, что нарушения северо-восточного простирания располагаются закономерно, образуя системы субпараллельных нарушений с постоянным шагом 12—14 км. Указанные системы нарушений северо-западного и северо-восточного простираний четко фиксируются зонами и поясами даек, прослеживаю-

щихся на расстоянии до нескольких десятков километров. Дайковые зоны и пояса, так же как и участки их пересечений между собой и с тектоническими зонами северо-западного простирания, имеют в ряде случаев определяющее значение для локализации оруденения, что особенно четко проявлено на Дастакертском месторождении.

## ИРАН

Медная минерализация широко проявлена на территории Ирана. Большинство выявленных к настоящему времени месторождений и рудопроявлений расположено в зонах развития молодого позднемиоценового — палеогенового вулканизма. По характеру взаимосвязи с магматизмом, составу вмещающих пород и морфологии рудных тел медные месторождения Ирана подразделены на шесть групп [161]: 1) ассоциирующие с плутоническими породами кислого — среднего состава — скарновые залежи, жилы и др.; 2) связанные с субвулканическими породами, включающие, в частности, месторождения прожилково-вкрапленных руд порфирирового типа; 3) связанные со средними — основными вулканическими породами — пластовые тела с прожилково-вкрапленной минерализацией и др.; 4) залегающие в осадочных породах и встречающиеся вне видимой связи с интрузиями; 5) залегающие среди ультраосновных пород; 6) залегающие среди метаморфических пород.

Размещение медных месторождений в региональном плане определяется приуроченностью их к протяженному вулканогенному поясу, известному как пояс Урмия-Дохтур, обрамляющему с юго-запада и юга Ирано-Афганский срединный массив и уходящему далее на территорию Пакистана. Пояс контролируется зоной сочленения Ирано-Афганского массива со складчатыми сооружениями Загроса, а затем массива Чагаи и Белуджистанской эвгеосинклиналью (рис. 34).

Распределение медной минерализации в пределах пояса находится в отчетливой зависимости от палеогеографических и структурных условий локализации оруденения. По этим признакам на территории Ирана выделено три области.

Северный Азербайджан, занимающий относительно приподнятое положение и составляющий южное продолжение Мисхано-Зангезурской зоны, сложен в основном докембрийскими и палеозойскими толщами при резко сокращенной мощности вулканических пород. На площади широко распространены крупные батолитоподобные тела, в связи с которыми встречаются многочисленные скарновые и жильные месторождения.

Вторая область, включающая Центральный Азербайджан, Таром и еще ряд районов, занимает по сравнению с первой резко пониженное положение. Эта площадь сложена мощными вулканогенно-осадочными толщами обычно без интрузий. Медная минера-

лизация в вулканических покровах представлена в основном зонами вкрапленной минерализации, а также жилами.

Третья область — район Керман, включая южную часть Северного Азербайджана, — является главной площадью развития медно-порфировой минерализации, где сосредоточено большинство выяв-

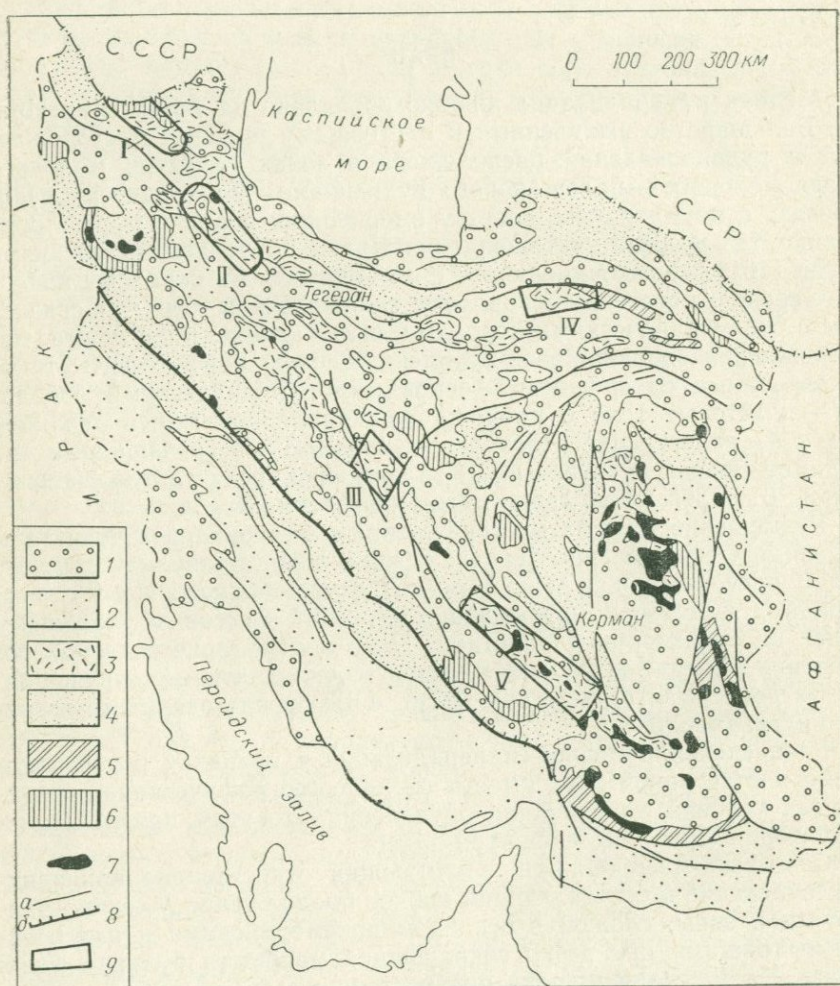


Рис. 34. Размещение главных меднорудных районов на территории Ирана [161, 244].

1 — четвертичные отложения; 2—4 — осадочные, вулканогенно-осадочные, вулканогенные формации (2 — нижнемеловые — палеогеновые, 3 — палеоген-неогеновые, 4 — палеозойско-мезозойские); 5 — сложные зоны своеобразных пестрых брекчий длительного развития — меланж; 6 — метаморфические породы докембрия; 7 — интрузивные породы; 8 — сбросы (а) и свдиги (б); 9 — главные районы с медной минерализацией; I — Северный Азербайджан; II — Таром; III — Анарак; IV — Аббасбад; V — Керман.

ленных на территории Ирана к настоящему времени месторождений и рудопроявлений этой формации (см. рис. 34). В районе Кермана резко преобладают вулканические породы, представленные мощными толщами чередующихся андезитовых туфов, лав, с горизонтами пирокластических пород. Вулканические породы пронизаны многочисленными субвулканическими телами — дайками, силлами, штоками, в пространственной связи с которыми встречается медно-порфировая минерализация. Выходы древних пород в этом районе практически отсутствуют и перекрыты повсеместно мощными вулканогенными толщами.

На площади, расположенной к юго-западу от Кермана, обнажаются несколько приподнятые блоки, сложенные вулканическими сериями со штоками гипабиссальных гранодиоритовых интрузий. Приподнятые блоки чередуются с опущенными, представленными вулканогенно-осадочными породами небольшой мощности со слабопроявленными интрузивными образованиями. В приподнятых блоках в пространственной связи с субвулканическими интрузиями диорит-гранодиоритового состава встречается наиболее интересная в промышленном отношении молибденово-медная прожилково-вкрапленная минерализация — месторождение Сар-Чешме, а также ряд более мелких.

Ниже рассмотрим подробнее особенности медно-порфировых месторождений на примере наиболее хорошо изученного к настоящему времени месторождения *Сар-Чешме* [161, 214].

Район месторождения сложен в основном палеогеновым вулканическим комплексом пород, представленным лавами и туфами андезитового состава и несколькими горизонтами кластических пород (рис. 35). Местами в тонких прослоях известняков, чередующихся с пирокластическими породами (например, вблизи от интрузии Сар-Чешме), находят фауну среднего эоцена. Этот комплекс пород слагает пологую антиклиналь, интродуцированную несколькими штоками гранодиоритов, в том числе штоком Сар-Чешме, к которому приурочено месторождение. Шток сложен несколькими разновидностями пород, сформировавшихся в четыре фазы: гранодиориты и гранодиорит-порфиры (первая фаза); гранодиоритовые и диоритовые дайки, секущие гранодиорит-порфиры или вулканогенно-осадочные породы вблизи штока (вторая и третья фазы); адамеллиты, интродуцирующие гранодиориты и содержащие многочисленные включения вулканических пород (четвертая фаза). Большой интерес представляет расположенный севернее штока Сар-Чешме молодой куполообразный вулкан, сложенный игнимбритами, туфовыми лавами, туфовой брекчией дацитового состава, залегающими горизонтально на более молодых породах. Этот вулкан считают экструзивной верхней частью штока Сар-Чешме.

Медная минерализация локализуется в пределах штока аргиллизированных гранодиорит-порфиров и в мелкозернистых гранодиоритах эндоконтактной зоны. Первичные рудные минералы

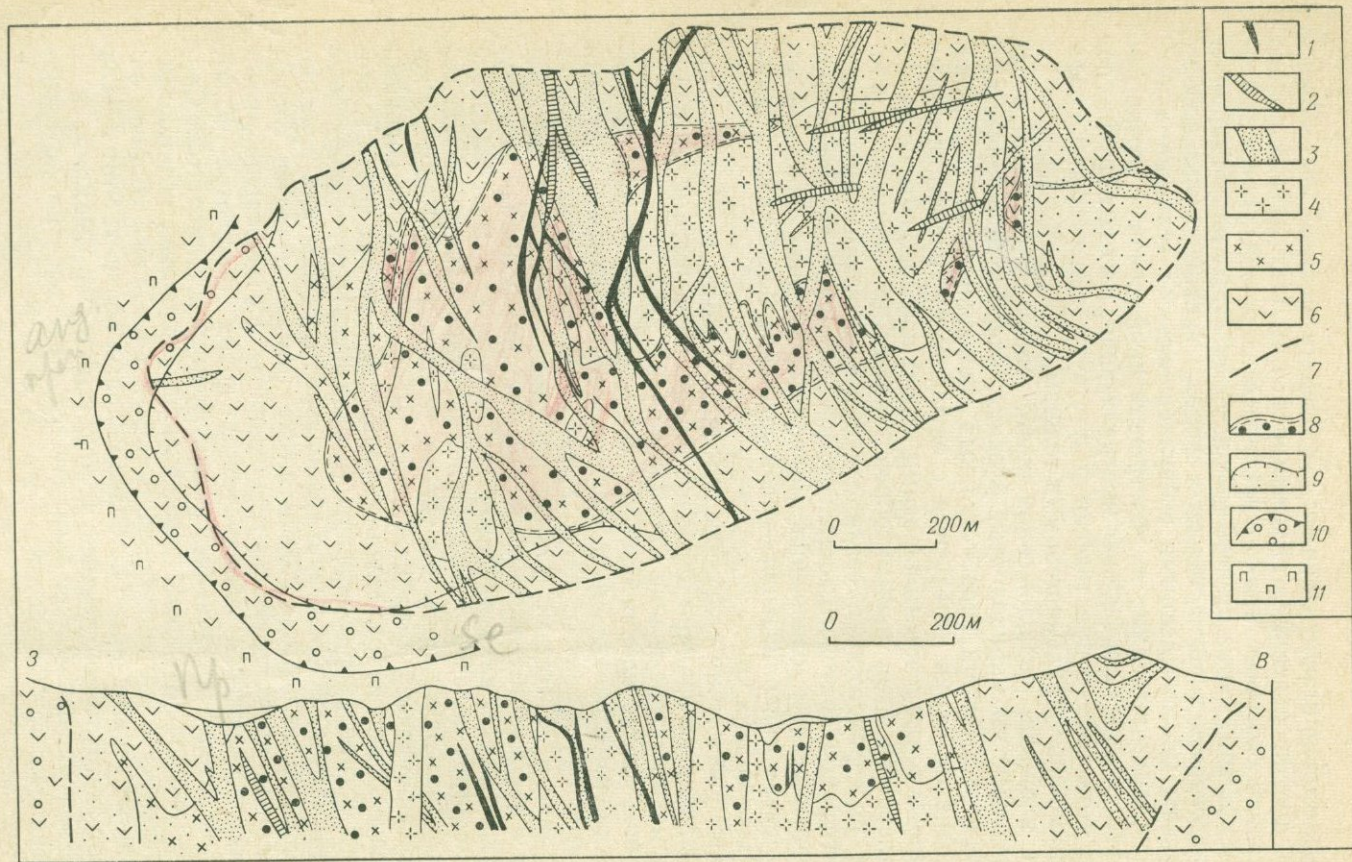


Рис. 35. Схема геологического строения месторождения Сар-Чешме [244].

1-3 — дайки порфиров (1 — биотитовых, 2 — полевошпатовых, 3 — горнблендитовых); 4 — «поздние» порфиры и брекчии; 5 — порфиры Сар-Чешме; 6 — андезиты; 7 — граница рудной зоны с содержанием Си 0,4%; 8-10 — гидротермально измененные породы с новообразованиями: серицита и калиевого полевого шпата (8), биотита (9), серицита (10); 11 — пропилиты.

представлены халькопиритом, пиритом, в небольшом количестве молибденитом. Наиболее высокие содержания меди отмечаются в мелкозернистых гранодиоритах вблизи контакта их с гранодиорит-порфирами. Среднее содержание меди составляет 0,7, молибдена 0,005%.

### ПАКИСТАН

В последние годы появляется все больше данных, свидетельствующих о широком проявлении медной минерализации в Западном Пакистане, в частности в районе массива Чагаи, являющегося юго-восточным продолжением Ирано-Афганского массива. По данным А. Д. Щеглова [151], в пределах массива Чагаи наиболее широко распространены медные рудопроявления, представленные маломощными кварц-халькопиритовыми жилами и скарновыми залежами. Молибденово-медная прожилково-вкрапленная минерализация обнаружена в западной части массива, в районе форта Сайндак. Площадь сложена пестрыми по составу вулканическими породами, среди которых выделяют несколько формаций. Самая древняя формация (палеоценового возраста) представлена песчаниками и алевритами с тонкими прослойками известняка. На ней залегают формация Сайндак эоценового возраста (агломераты, андезиты, известняки, сланцы). Самая молодая формация (поздний эоцен — ранний олигоцен) — это вулканические агломераты, андезит-базальты, песчаники, алевриты. К породам этой формации приурочена рудная минерализация и сопровождающие ее зоны гидротермальных изменений. Толща вулканических пород прорвана интрузиями кварцевых диоритов и небольшими штокообразными телами гранодиорит-порфиров, образующих цепочки трещинных интрузий [225]. Выделяют две фазы внедрения диоритов: 1) кварцевые диориты, 2) кварц-диоритовые порфириты.

Рассеянная молибденово-медная минерализация пространственно связана с трещинными интрузиями и развивается как в интрузивных породах (кварцевых диоритах), так и прорываемых ими андезитах, агломератах, туфах. Образцы керна из скважин содержат прожилки и рассеянную вкрапленность пирита и халькопирита. Обычно это бедные руды со средним содержанием меди 0,2—0,4%. Систематическое изучение и разведка выявленных проявлений пока не проводились.

## Глава III

### УРАЛО-МОНГОЛЬСКИЙ ПОДВИЖНЫЙ ПОЯС

Урало-Монгольский подвижный пояс, выделенный впервые как крупнейшая самостоятельная тектоническая единица на тектонической карте Евразии [135], прослеживается от Урала на западе

до Сихотэ-Алиня на востоке и ограничен с севера Сибирской, с юга Таримской и Китайской платформами (рис. 36). Этот пояс обладает целым рядом характерных особенностей как истории геологического развития, так и металлогении, получившим разностороннее освещение в работах многих исследователей [47, 48, 87].

В свете рассматриваемых вопросов Урало-Монгольский подвижный пояс представляет особый интерес в связи с тем, что в его пределах находятся такие известные медно-порфировые месторождения СССР, как Коунрад, Кальмакыр, Дальнее, Сары-Чеку, Коксай и др. В последние годы на рассматриваемой территории обнаружены новые медно-порфировые месторождения Аксуг, Актогай и др., а также выделен ряд перспективных площадей как в советской, так и монгольской частях пояса.

В отличие от охарактеризованных в двух предыдущих главах молодых поясов — Тихоокеанского с его продолжающимися активно формироваться в настоящее время структурами и Средиземноморского, завершившего развитие в палеогене — неогене (миocene), —

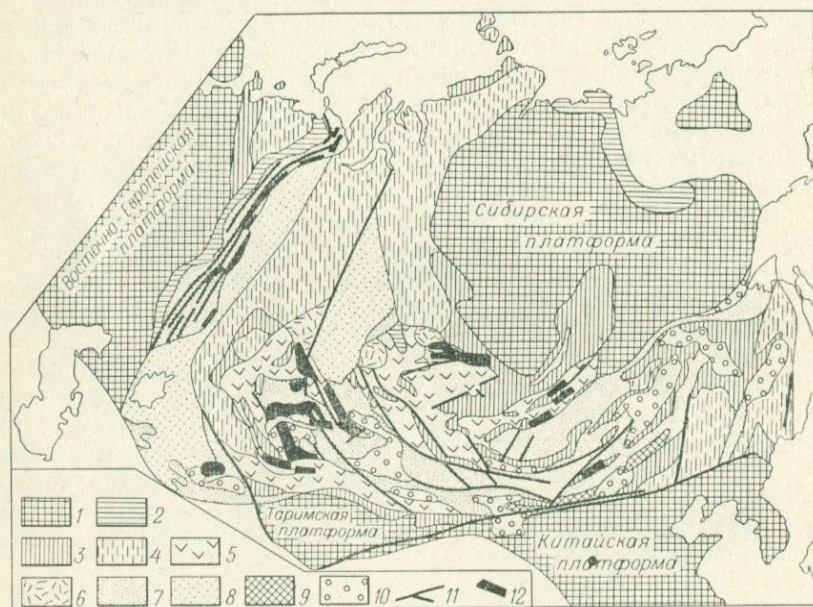


Рис. 36. Размещение зон с медно-порфировой минерализацией в пределах Урало-Монгольского подвижного пояса. Тектоническая основа по Н. Г. Марковой и М. В. Муратову [87].

1 — древние платформы; 2 — краевые прогибы на древних платформах; 3 — байкальские складчатые области и основание срединных массивов; 4 — то же, под платформенным чехлом; 5 — каледонские складчатые области; 6 — то же, под платформенным чехлом; 7 — герцинские складчатые области; 8 — то же, под платформенным чехлом; 9 — позднергерцинский (гобийский) комплекс; 10 — мезозойские и кайнозойские наложенные впадины; 11 — разломы; 12 — зоны с медно-порфировой минерализацией установленной и предполагаемой.

Урало-Монгольский подвижный пояс представляет собой область, полностью закончившую свое геосинклинальное развитие в перми — триасе. В последующем отдельные площади испытывали лишь орогенические и неотектонические движения, неоднократно проявлявшиеся процессы тектоно-магматической активизации.

Со сказанным связаны две главнейшие особенности, определяющие специфику медно-порфировой минерализации этого пояса. Во-первых, палеозойский возраст медно-порфирового оруденения и, во-вторых, отчетливая связь главной массы промышленного оруденения с зонами и поясами орогенного вулканизма (континентального типа), с которыми совпадают выделяемые исследователями самостоятельные протяженные металлогенические зоны и пояса. Следует отметить, что условия, благоприятные для развития медно-порфирового оруденения в пределах данного пояса, возникали неоднократно. Наиболее типичные медно-порфировые месторождения связаны с заключительной стадией формирования пояса: позднепалеозойским ( $C_2$ —P) орогенным вулканизмом (месторождения Коунрад, Кальмакыр, Дальнее, Сары-Чеку и др.). Вторым по значимости являются месторождения предшествующего орогенного этапа — девонского, с которым пока выявлено значительно меньше месторождений (Аксуг, Чатыркуль и др.). Третьей эпохой рудообразования является кембрийско-ордовикская (месторождения Бошекуль, Лекын-Тальбей). Этот период может рассматриваться, по существу, как орогенный этап геотектонического развития байкальской геосинклинали. Однако местами раннепалеозойский вулканизм, как и вулканизм последующих эпох (девонской, каменноугольной, пермской), проявляется как в типично орогенных, так и геосинклинальных условиях.

По сравнению с карбоновыми и карбоново-пермскими месторождениями орогенной и последующей активизационной стадии месторождения более ранних геосинклинальных периодов типа Бошекуля в Северном Казахстане, Салаватского на Среднем Урале, являющиеся наиболее близкими по своей геологической позиции к охарактеризованным в Канадских Кордильерах, на о-вах Океании и Филиппинах, представляются менее значительными как по своим масштабам, так и качеству руд.

Особенности структурной позиции главнейших рудных районов с медно-порфировой минерализацией, как подчеркивалось автором в более ранних публикациях [96, 99], определяются сочетанием ряда благоприятных факторов: проявлением орогенного вулканизма преимущественно андезитового состава, перекрывающего блоки сочленения более ранних эвгеосинклинальных прогибов со структурами поднятий. Эта «тройная» связь, или триада (орогенный пояс — эвгеосинклиналь — поднятие), усиленная система разломов, постоянно сопутствующих таким областям сочленения, в пределах которых проявляется вулканизм, предопределяет благоприятную обстановку для развития оруденения.

В пределах Урало-Монгольского подвижного пояса можно наметить ряд площадей, благоприятных по сочетанию геологических факторов для развития медно-порфирового оруденения. На одних площадях оруденение уже установлено, другие выделены в качестве перспективных для проведения работ. Ниже суммированы главным образом материалы по уже известным рудным районам, изучение которых позволяет сформулировать основные закономерности размещения рассматриваемых типов месторождений. При этом в пределах данного пояса из двух взаимосвязанных типов оруденения — геосинклинального (месторождения типа Бошекуль, Салаватского и др.) и орогенного (типа Коунрада, Кальмакыра) — основное внимание уделено второму, имеющему, как уже сказано, важное промышленное значение.

Наиболее удобной для изложения представляется последовательность описания: от Урала к югу на Тянь-Шань-Казахстанскую систему и далее на восток к характерным медным и молибденовым месторождениям Алтае-Саянской складчатой области и Монголии.

#### УРАЛ

На Урале в настоящее время не известны крупные медно-порфировые месторождения. Пока выявлены лишь отдельные небольшие месторождения и многочисленные рудопроявления с медной и молибденово-медной прожилково-вкрапленной минерализацией, относимые рядом исследователей к медно-порфировой формации [50, 112, 140]. Сравнительно изученными из них являются Лекын-Тальбейское на Полярном Урале, Салаватское, Биргильдинское, Вознесенское, Еленовское на Среднем и Южном Урале и Бенкалинское в Тургайском прогибе.

Прежде чем перейти к краткой характеристике перечисленных месторождений, следует отметить, что принадлежность как названных выше, так и других уральских месторождений к медно-порфировой формации остается дискуссионной. Указанные месторождения существенно отличаются от широко распространенной в СССР палеозойской группы типичных медно-порфировых месторождений орогенной стадии развития, подобных Кальмакыру, Коунраду и др. Эти месторождения встречаются в другой геологической обстановке и были выделены нами вслед за Ю. А. Билибиным в особую группу медно-порфировых месторождений «геосинклинального бошекульского типа» или как «молибденово-медные прожилково-вкрапленные, пропилитовые» [96, 99]. Вместе с тем необходимо указать, что термин «медно-порфировые» применительно к подобным месторождениям широко используется в литературе (в отечественной и особенно широко в зарубежной). Однако в это название не вкладывается, как правило, формационный смысл.

Указанные месторождения можно рассматривать как «первую генерацию», или «первое поколение», медно-порфировых месторож-

дений, образующихся на стадии островных дуг, во внутренних тыловых зонах, в отличие от колчеданных, формирующихся во внешних зонах. Подобные месторождения описаны во многих работах последних лет и были рассмотрены выше на примере островов Океании, Филиппин, Канадских Кордильер. Широким распространением они пользуются также на островах северной части Карибского моря. От собственно медно-порфировых они отличаются по многим особенностям, которые частично отмечены выше и более полно суммированы в последующих главах (после описания месторождений Урала и Северного Казахстана).

На Урале медные и молибденово-медные месторождения и рудопроявления прожилково-вкрапленных руд встречаются в разных типовых обстановках, различаются по своей структурной позиции и проявляются в широком диапазоне времени: от протерозоя — кембрия (?) до среднего карбона — перми. Краткая характеристика геологических особенностей проявления молибденово-медной минерализации в отдельных зонах Урала приведена в табл. 3, составленной с использованием данных ряда исследователей [50, 73, 140]. Положение зон и месторождений в региональных структурах отражено на схеме (рис. 37).

Ниже рассмотрим подробнее особенности этих месторождений на примере двух регионов: Лекын-Тальбейского рудного поля на Полярном Урале и Салаватского месторождения на Южном Урале.

На Северном Урале ряд месторождений и рудопроявлений, относимых к данному формационному типу, установлен в пределах Центральноуральской антиклинорной зоны. Наиболее значительным из них является *Лекын-Тальбейское* месторождение на Полярном Урале, охарактеризованное в работах А. Я. Ильющенкова и Б. Л. Полесико [50]. Данные этих исследователей использованы автором наряду с личными наблюдениями при составлении ниже следующей характеристики.

Структурное положение Лекын-Тальбейского месторождения, как и всего рудного поля, включающего ряд молибденово-медных и колчеданно-полиметаллических рудопроявлений, определяется приуроченностью его к сводовой части одноименной антиклинали. Ядро антиклинали сложено протерозойско-кембрийскими осадочно-вулканогенными породами (бедамельской свитой), а крылья — трансгрессивно залегающими терригенными толщами ордовика. Оруденение локализовано преимущественно в нижней пачке бедамельской свиты мощностью до 500 м, сложенной базальтовыми, андезит-базальтовыми, андезитовыми порфиритами с прослоями туфов основного состава в низах разреза, сменяющимися более кислыми вулканитами андезит-дацитового и дацитового состава с маломощными прослоями базальтовых и андезит-базальтовых порфиритов в верхах разреза.

Краткая характеристика главных зон с медной и молибденово-медной  
прожилково-вкрапленной минерализацией Урала

Название зоны	Геолого-структурная позиция	Состав и возраст интрузий, в пространственной связи с которыми встречается оруденение	Состав и возраст вмещающих оруденение вулканических и осадочных пород	Примеры месторождений и рудопроявлений
Лекин-Тальбейская	Центральноуральское поднятие	Диоритовые порфиры, плагиогранит-порфиры, PR — $\epsilon$ (?)	Осадочно-вулканогенные породы (бедамельская свита), PR — $\epsilon_1bd$	Лекин-Тальбейское
Зауральская	Алапаевско-Брединская эвгеосинклинальная зона	Габбро-диоритовая формация: диориты, плагиограниты, кварцевые диориты, гранодиорит-порфиры, $D_1 - D_2$ , $D_2 - D_3$ , $D_3 - C_1$ , $C_1$ , $C_{1n}$ , $C_{1t}$	Андезит-базальтовая, спилит-кератофировая формация, $S_1$ , $D_2 - C_{1t}$	Биргильдинское, Новониколаевское
Магнитогорская	Западная подзона Магнитогорского мегасинклинория	Габбро-диоритовая формация в связи с малыми интрузиями кварцевых диоритовых порфиритов	Андезит-базальтовая формация (ирендыкский комплекс), $D_1 - D_2\epsilon$	Салаватское
Валерьяновская	Валерьяновская геосинклинальная зона	Диорит-гранодиоритовая формация, $PZ_3$	Базальт-андезитовая формация (валерьяновская серия), $C_1v_2 - C_1v_3 - n_1$	Бенкалинское

Отложения бедамельской свиты прорываются малыми интрузиями, в том числе субвулканическими (штоками, дайками, силлами диоритов), группирующимися в пределах рудного поля в два пояса: западный и восточный. В западном поясе, который контролируется зоной Бедашорского разлома, распространены плагиограниты, кварцевые порфиры; в восточном — тела андезитов, андезит-дацитов и дацитовых порфиритов, габбро-диабазов и габбро-диоритов. Выделяются три главные системы разрывных нарушений: древняя субмеридиональная, согласная с общим простиранием структур (к ней, в частности, относится Бедашорский разлом) и две более молодых — северо-восточная и субширотная.

Рудное тело Лекын-Тальбейского месторождения представляют [50] как пластообразную залежь вкрапленных и прожилково-вкрапленных пиритовых, пирит-халькопирит-магнетитовых, пирит-молибденитовых, молибденит-борнит-халькопиритовых руд, приуроченных к интенсивно из-

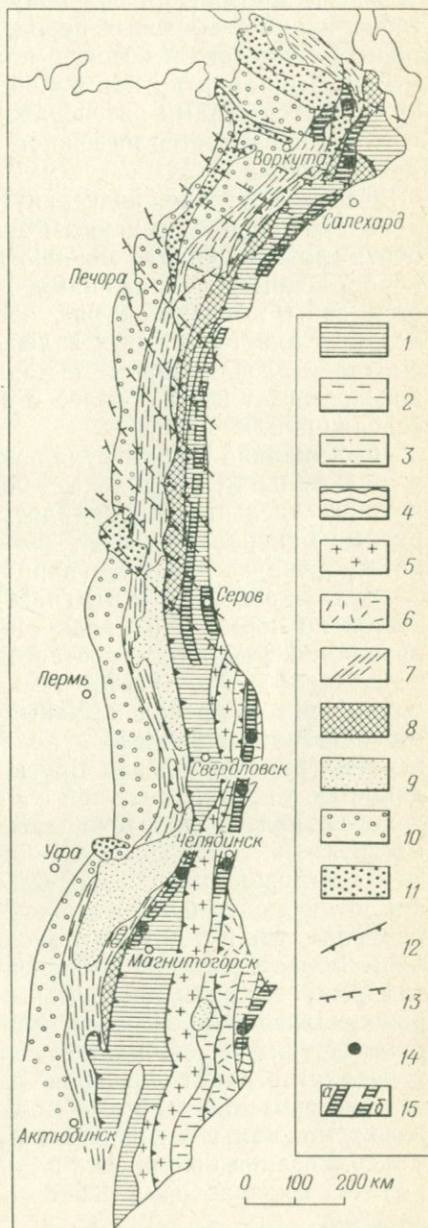


Рис. 37. Схема распределения медно-порфировых месторождений и зон на территории Урала. Составили И. Г. Павлова и А. М. Маренчев с использованием данных И. Б. Федоровой, Г. Г. Григорьевой и других. Тектоническая основа по О. А. и А. Г. Кондяиным, 1976 г.

1-9 — Уральская складчатая система; 1-6 — эвгеосинклинальные зоны; 1-4 — синклинозные зоны (1 — Тагило-Магнитогорская, 2 — Алапаевско-Верхнеуральская, 3 — Денисовская, 4 — Валерьяновская); 5 — Восточно-Уральская антиклинорная зона; 6 — Западно-Уральская зона краевых структур; 7 — Центральноуральская антиклинорная зона; 8 — позднеорогенные сводово-глыбовые поднятия; 9 — Предуральский передовой прогиб; 10 — Приуральское приразломное поднятие; 11 — крупнейшие надвиговые структуры; 12 — границы элементов поперечной к Уралу зональности; 13 — медные и молибденово-медные месторождения и рудопроявления; 14 — зоны с медно-порфировой минерализацией установленной (а) и предполагаемой (б).

менным пропилизированным вмещающим породам: кварцевым серицит-кварц-хлоритовым, альбит-кварцевым и т. п. По простиранию эта залежь прослежена на большом расстоянии. На значительном протяжении она приурочена к дайкообразному телу серицит-кварц-альбитовых пород, образовавшихся, как полагают, по породам кислого состава — плагиогранит-порфирам или кварцевым порфирам и др. На больших интервалах рудная залежь контролируется зонами интенсивной трещиноватости, что особенно отчетливо проявляется на южном фланге в районе Бедашорского рудопрооявления.

Следует, однако, подчеркнуть, что контуры залежи проведены довольно условно по данным опробования. Внутреннее строение ее очень сложное. Общая мощность зоны гидротермально измененных пород, вскрытых скважинами, доходит до 400—500 м. В пределах этой зоны выделяется ряд обогащенных сульфидами субпараллельных пластообразных залежей. Возможно, это единая залежь, смятая в изоклинальные складки. Мощность обогащенных участков достигает 50 м и более в зависимости от заданных бортовых содержаний.

Содержание меди в руде изменяется от 0,1 до 2% и составляет в среднем 0,5%, молибдена — 0,002 (по предварительным данным), хотя в отдельных пробах достигает 0,2 и даже 0,5%. Главные рудные минералы — пирит, халькопирит, борнит, молибденит, магнетит, реже встречаются пирротин, галенит, сфалерит.

Рудная залежь Лекын-Тальбейского месторождения характеризуется по нормали к напластованию вмещающих пород асимметричной зональностью, соответствующей ряду (от лежачего бока к висячему):  $Mo \rightarrow Cu-Mo \rightarrow Cu \rightarrow Zn-Pb(Ag)$ . Молибденово-медное оруденение в пределах Лекын-Тальбейского рудного поля пространственно сопряжено с полиметаллически-колчеданным оруденением (рудопрооявления Брусничное, Южное и Пиритовое), находящимся в пределах единой с Лекын-Тальбейским структуры. Оруденелая полоса прослеживается в общей сложности более чем на 20 км.

Характерными особенностями Лекын-Тальбейского месторождения, отличающими его от подобных месторождений, известных как на Урале, так и в других регионах, являются следующие.

1. Более отчетливо проявленная, чем в других районах, «стратиформность» рудных тел Лекын-Тальбейского месторождения, выражающаяся в преимущественной приуроченности к единому горизонту (нижней пачке бедамельской свиты) как субинтрузивных тел (плагиогранит-порфиров, диорит-порфиров), так и пространственно связанного с ними молибденово-медного оруденения. В то же время, как и в типичных медно-порфировых месторождениях, минерализация приурочена к порфировой интрузии, по мере удаления от которой оруденение, особенно молибденовое, отчетливо затухает.

2. Пространственная взаимосвязь молибденово-медной минерализации Лекын-Тальбейского месторождения с колчеданно-полиметаллическим оруденением (рудопроявления Брусничное, Пиритовое и др.) — приуроченность к единой рудоносной структуре с зональным размещением минерализации в ее пределах и переходом по простирацию рудных залежей от медно-молибденовых руд к колчеданно-полиметаллическим.

3. Более древний допалеозойский возраст вмещающих оруденение пород и, возможно, оруденения Лекын-Тальбейского рудного поля в отличие от девон-карбонового возраста молибденово-медной минерализации Среднего — Южного Урала. С древним возрастом можно увязать интенсивно проявленный метаморфизм, существенно преобразовавший вмещающие породы и, по-видимому, приведший к значительному перераспределению рудных элементов.

4. Приуроченность Лекын-Тальбейского месторождения в региональном плане к краевой зоне Центральнourальского поднятия в отличие от молибденово-медной минерализации Среднего — Южного Урала, локализующейся в прогибах.

В несколько иной геологической обстановке проявляется близкое по типу молибденово-медное прожилково-вкрапленное оруденение на Среднем и Южном Урале. Большинство выявленных здесь молибденово-медных месторождений и рудопоявлений располагается в прогибах Магнитогорском, Тагильском, Восточно-Уральском: в краевых частях эвгеосинклиналей, в геодантиклинальных поднятиях второго и более низких порядков. В пределах этих структур малые тела порфирировых интрузий и пространственно связанное с ними оруденение отчетливо контролируются зонами глубинных разломов и оперяющих их нарушений.

Особенности этого типа месторождений рассмотрим подробнее на примере *Салаватского* месторождения, охарактеризованного в ряде работ Б. Д. Магадеева [73, 74], использованных в приводимом описании.

Положение Салаватского месторождения в региональном плане определяется приуроченностью его к Ирендыкской зоне, представляющей собой антиклинальную структуру второго порядка по отношению к Магнитогорскому мегасинклинию.

Б. Д. Магадеев считает, что Ирендыкская зона была заложена как положительная структура в раннем девоне и существовала в течение всего последующего времени как устойчивая область поднятия. В пределах зоны распространены в основном вулканические породы андезитового и андезит-базальтового состава, имеющие значительно меньшую мощность по сравнению с соседними прогибами. В пределах поднятия широко проявлены интрузивные образования габбро-диоритовой формации — кварцевые габбро, габбро-диориты, слагающие Салаватский массив.

Месторождение располагается на южном продолжении массива. Прожилково-вкрапленная пирит-халькопиритовая минерализация

локализуется в основном среди пироксен-плагноклазовых порфиров ирендыкского вулканогенного комплекса. Оруденение пространственно связано с малыми интрузиями, представленными кварцевыми порфирами и кварцевыми диоритовыми порфиритами, внедрившимися, как полагают, вдоль Западно-Ирендыкского разлома. Эти малые тела порфировых интрузий относят, как и поро- ды, слагающие Салаватский массив, к габбро-диоритовой формации.

Рудное тело Салаватского месторождения представляет собой пластообразную залежь вкрапленных и прожилково-вкрапленных руд, прослеженную по простиранию более чем на 1 км и на значительную глубину по падению. Внутреннее строение залежи сложное. Распределение рудных минералов отличается большой неравномерностью. Местами на фоне вкрапленного оруденения выделяются обособления, линзы, полосы массивных или густо-вкрапленных пиритовых и халькопирит-пиритовых руд.

Медь является практически единственным полезным компонентом в рудах. Среднее ее содержание при бортовом содержании 0,3% составляет 0,5%. Систематическое опробование на молибден не проводилось. По предварительным данным содержание молибдена измеряется тысячными — десятитысячными долями процента. Максимальное содержание в единичных пробах достигает 0,07%.

Характерным типом изменения вмещающих пород является пропилитизация с широким развитием среди минералов-новообразований кварца, серицита, хлорита, альбита, кальцита, пренита, эпидота, пумпеллиита. В наиболее проработанных участках образуются кварцевые, серицит-кварцевые, серицит-хлорит-кварцевые и альбит-кварцевые метасоматиты, в распределении которых не намечается отчетливой закономерности.

Кроме Салаватского в этой же зоне находятся Вознесенское месторождение, относимое к тому же формационному типу, и ряд рудопроявлений (см. рис. 37).

Целая зона близких по своим особенностям молибденово-медных месторождений и рудопроявлений прослеживается, по данным И. Б. Федоровой и др. [140], вдоль восточной границы Восточно-Уральского прогиба: от Алапаевска на севере до Карталинского района на юге. Это месторождения Биргильдинское и Ново-Николаевское и рудопроявления Алтынайское, Крайчиково и др. Молибденово-медные месторождения выделяемой на территории Тургайского прогиба Валерьяновской зоны, пока также мало изученные, кратко охарактеризованы в табл. 3. Кроме названных выше известны и другие месторождения и рудопроявления этого формационного типа, расположенные вне пределов выделенных на схеме зон (например, Еленовское).

Заканчивая характеристику молибденово-медной прожилково-вкрапленной минерализации Урала, кратко подчеркнем еще раз

специфические особенности, присущие рассматриваемой группе месторождений:

— контроль размещения малых тел порфировых интрузий и связанной с ними минерализации зонами глубинных разломов и опережающими их системами нарушений;

— пространственную связь оруденения с малыми интрузиями габбро-диоритовой формации (производными базальтоидного интрузивного магматизма), характеризующимися преобладанием в составе слагающих их пород натрия над калием (3:1);

— линейный характер интрузий, пластообразную форму рудных тел; пропиловый тип изменения вмещающих пород; простой существенно медный состав руд; приуроченность к тем же металлогеническим зонам, рудным узлам или полям, в которых располагаются колчеданные месторождения.

В заключение следует отметить, что месторождения рассматриваемой группы в целом изучены слабо не только на Урале, но и в других регионах СССР. В связи с этим вопрос об оценке промышленного значения и возможных параметров как допалеозойского оруденения, локализующегося в блоках древних пород на Северном Урале, так и более молодого (девон — карбонового), установленного в эвгеосинклинальных толщах Среднего — Южного Урала и в Тургайском прогибе, остается пока не решенным. Разведочные работы, проведенные в пределах Лекин-Тальбейского и Салаватского месторождений, показали, что по масштабам это средние месторождения. Увеличение запасов в несколько раз для месторождений этой формации возможно за счет доразведки глубоких горизонтов и флангов. Большие возможности открытия подобных месторождений имеются как на многих новых площадях Урала, так и в других регионах СССР.

### СРЕДНЯЯ АЗИЯ

В сложных и неоднородных по геологическому строению складчато-глыбовых структурах Тянь-Шаня, различающихся широким спектром проявленных здесь рудных элементов и разнообразием генетических типов эндогенной минерализации, почти все выявленные к настоящему времени медно-порфировые месторождения сосредоточены в пределах только одной Кураминской зоны. Именно в этой зоне размещаются такие известные медно-порфировые месторождения, как Кальмакыр, Дальнее, Сары-Чеку, являющиеся эталонными для данной рудной формации, а также большое число более мелких (рис. 38).

Кураминскую зону в региональном плане Е. Д. Карпова [58] и другие исследователи рассматривают как обнажающуюся на поверхности часть протяженного Курамино-Кызылкумского интрузивно-вулканогенного пояса, прослеживающегося в северо-западном направлении на расстоянии более 800 км. Главная часть пояса

скрыта под чехлом платформенных отложений Северо-Кызылкумской синеклизы.

В. Г. Гарьковец [31] и другие исследователи протягивают Курамино-Кызылкумский пояс еще дальше на север и параллелизуют его с Зауральским орогенным вулканическим поясом, намеченным в последние годы на ряде геологических карт, в том числе на карте магматических формаций масштаба 1 : 2 500 000 [61]. На территории Зауралья интрузивно-вулканический пояс пока не изучался.

В этой связи Кураминская зона с ее типичнейшими медно-порфировыми месторождениями представляет особый интерес еще и потому, что дает основание для оценки перспектив на медно-порфировое оруденение очень крупной и протяженной региональной структуры, перекрытой на большем своем протяжении как на территории Средней Азии, так и Зауралья мощным (от 500 до 1500 м) чехлом платформенных отложений.

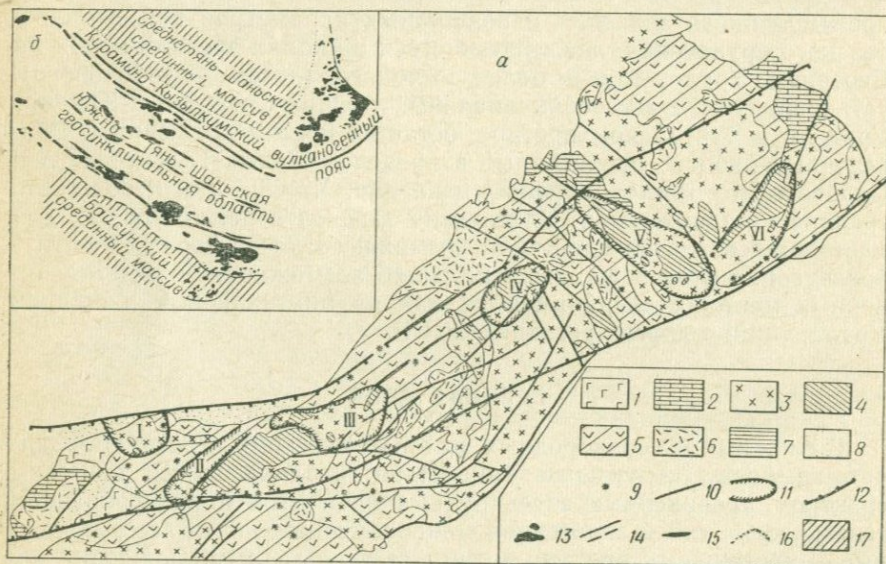


Рис. 38. Схематическая геолого-структурная карта Кураминской зоны (а) и положение ее по отношению к другим структурно-формационным зонам Средней Азии (б). Составлена на основании карт В. А. Арапова [5], И. А. и В. И. Айзенштатов [1] и других.

1 — неокаледонские гранитоиды; 2 — известняки и доломиты,  $PZ_2$ ; 3, 4 — гранитоиды (3 —  $PZ_3$  и  $T_1$ , 4 —  $P_1$ , куюндинский тип); 5 — вулканогенные породы,  $PZ_3-T_1$ ; 6 — субвулканические и экстразивные,  $PZ_3-T_1$ ; 7 — области распространения нековых фаций; 8 — отложения мела, палеогена, неогена; 9 — центры извержений; 10 — разломы; 11 — границы рудных полей (I — Алмалыкское, II — Саукбулакское, III — Кандырское, IV — Джиландинское, V — Кандаганское, VI — Бозымчакское); 12 — границы структурно-металлогенической зоны; 13 — выходы гранитоидных пород; 14 — глубинные разломы; 15 — оси складок; 16 — ориентировочные границы срединного массива; 17 — срединные массивы, перекрытые мезозойско-кайнозойским чехлом.

Курамино-Кызылкумский пояс в виде мощного плаща интрузивно-вулканогенных образований перекрывает неоднородное по своему строению основание: раздробленную краевую часть раннепалеозойской складчатой области на севере и площадь Кураминской структуры на юге и юго-западе, которую трактуют как «срединный массив» или «краевое геоантиклинальное поднятие».

Развитие слагающих пояс наземных вулканогенных формаций среднего и кислого состава, чередовавшихся с внедрением гипабиссальных и приповерхностных интрузий гранитоидов, происходило в течение длительного времени: от силура до триаса включительно. Пояс начал формироваться в позднем силуре — раннем девоне, когда на месте Кураминской зоны образовалась консолидированная антиклинальная структура. В этот период широко проявились андезитовые, андезит-дацитовые порфириды, дацитовые и липаритовые порфиры, фельзиты, туфы, туфобрекчии и др.; интрузии умеренно кислого и субщелочного состава (адамеллиты, аляскитовые граниты, гранодиорит-порфиры, сиенит-порфиры и др.), которые завершают каледонский цикл развития Кураминской зоны.

В живетский век в условиях глыбовых перемещений происходит общее погружение территории и заложение миогеосинклинального прогиба, в котором формируются мощные толщи карбонатных и терригенно-карбонатных отложений ( $D_{2gv}-C_{1-2}$ ) и вулканогенных образований андезитовой формации ( $C_{1n}-C_2$ ): преимущественно андезитов и андезито-дацитовых порфиритов общей мощностью до 3—4 км. В Кураминской зоне, в частности в приподнятых блоках, эти эффузивы, возможно, являются аналогами порфировой формации и фиксируют начало ее позднего орогенного этапа развития, проявившегося по всей зоне в позднем карбоне — триасе. Этот этап характеризуется интенсивным проявлением магматической деятельности: многократным чередованием эффузивных и интрузивных образований, сложной блоковой перестройкой зоны с проявлением тектонических движений разрывного и взбросо-сдвигового характера, сопровождавшихся интенсивной магматической деятельностью, многократным чередованием эффузивных и интрузивных образований. В этот период формируются наложенные структуры типа мульды проседания, грабен-синклиналей, приразломных прогибов и др. [1, 5, 6], в которых накапливаются позднепалеозойские вулканогенные образования порфировой формации, представленные дацит-липаритовой ( $C_2-C_3$ ), андезит-дацит-липаритовой ( $P_1$ ) и липаритовой ( $P_2-T_1$ ) формациями.

Для вулканогенных образований характерно частое чередование резко различных по составу пород. Отмечается [26, 27] общая тенденция к увеличению кислых разностей в поздних членах отдельных формаций и в разрезе толщи позднепалеозойских вулканогенных образований в целом. Общая эволюционная направлен-

ность в изменении последних соответствует смене андезитов андезито-дацитами и липаритами.

Широко проявленный интрузивный магматизм этого орогенного этапа представлен преимущественно породами гранитоидного ряда, образующими как многофазные сложно построенные батолитоподобные тела, так и мелкие штоки и дайки. По данным исследователей Алмалыкского района [42], среди позднепалеозойских интрузивных образований выделяются четыре интрузивных комплекса: 1) среднекаменноугольный — габбро, габбро-диориты, диориты, гранодиориты; 2) позднекаменноугольный — гранодиориты, граниты, гранодиорит-порфиры, плагиограниты; 3) раннепермский — породы основного, среднего и субщелочного состава, образующие малые интрузии, трещинные тела, штоки, дайки; 4) раннетриасовый — разнообразные по составу дайковые тела. Именно этот этап развития имеет определяющее значение для формирования медно-порфировой минерализации пространственно, а по мнению ряда исследователей и генетически [34, 81] тесно связанной с позднекарбовым — раннепермским комплексом малых интрузий.

Металлогенический профиль Кураминской зоны отличается большим разнообразием и определяется спектром таких элементов, как свинец, цинк, медь, фтор, мышьяк, молибден, золото, висмут, вольфрам, железо и др., проявляющихся в месторождениях разных генетических типов. Месторождения молибденово-медных прожилково-вкрапленных руд сосредоточены в западной части Кураминской зоны в пределах Алмалыкского рудного района.

Рассматривая Кураминскую зону как фрагмент Курамино-Кызылкумского пояса, Е. Д. Карпова [58] указывает, что эта зона в свою очередь состоит из мозаики локальных рудоносных структур, форма и размеры которых определяются полигональными блоками, ограниченными разломами. Именно разрывная тектоника предопределила формирование главных структурных элементов этой территории, ее блоковое строение, особенности размещения магматических образований и закономерности распределения рудной минерализации.

При анализе данных по территории Кураминской зоны в целом и Алмалыкскому рудному району в отдельности можно отметить следующие характерные особенности, определившие появление здесь в палеозойскую эру крупных медно-порфириновых месторождений.

Первостепенное рудоконтролирующее значение, как подчеркивали многие исследователи, имели факторы тектонического контроля, в частности системы разрывных нарушений разных порядков. В районе картируется ряд крупных разломов — Карабулакский, Бургундинский, Мисканский, Баштавакский и др., которые расчленяют всю территорию на отдельные блоки. В Алмалыкском рудном районе — это Северный, Центральный, Южный и Восточный блоки. Известные медно-порфириновые месторождения приурочены к двум

первым блокам. По разломам, ограничивающим эти блоки, происходили перемещения с амплитудой, достигающей в отдельных случаях нескольких километров. Так, по Мисканскому разлому Южный блок сдвинут относительно Центрального на 7 км при вертикальном перемещении до 700 м [25, 63]. В результате вертикальных перемещений блоков и последующей эрозии на дневную поверхность оказались выведенными породы разного возраста. Это определило довольно различную металлогеническую специализацию этих блоков. В пределах блоков размещение оруденения контролируется более мелкими разрывными, а также и складчатыми структурами: зонами интенсивной трещиноватости разных порядков, сводовыми частями антиклинальных и брахиантиклинальных складок.

Наряду с отмеченными выше системами отчетливо выраженных молодых разломов субширотного и северо-восточного простирания выделяются поперечные по отношению к Тянь-Шаньским структурам северо-западные разломы, представляющие собой глубинные разломы палеозойского фундамента. К ним, в частности, относится Западно-Алмалыкский разлом.

В соответствии с представлениями А. В. Королева, развитыми позднее В. Г. Гарьковцом, Н. Б. Вольфсоном, А. Г. Хваловским, И. Б. Федоровой и другими, Западно-Алмалыкский разлом контролирует размещение магматических образований (сиенито-диоритов и прорывающих их тел гранодиорит-порфиров), а также распределение рудной минерализации. На поверхности разлом непосредственно не выражен, но отчетливо проявлен в геофизических полях. С помощью магнитной съемки было установлено, что Западно-Алмалыкский разлом состоит из двух ветвей — Балыктинской и Накпайской [25, 63]. От других крупных разломов он отличается значительной мощностью (до 3 км и более), трассируется полями метасоматически измененных пород, геохимическими ореолами, дайками и т. п. По отношению к нему проявлена зональность оруденения. При этом штоки гранодиорит-порфиров и оруденение контролируются участками двойных и более сложных пересечений, имеющими первостепенное рудоконтролирующее значение. Известные рудные тела Кальмакырского месторождения размещаются в местах пересечения Балыктинской и Накпайской ветвей Западно-Алмалыкского разлома с крупным поперечным нарушением — Карабулакским разломом; месторождение Дальнее приурочено к тектоническому «клину», образованному Карабулакским и Кальмакырским разломами; Сары-Чеку — к зонам нарушений, оперяющим Мисканский и Саргалашский разломы, и т. д.

В Кураминской зоне отчетливо устанавливается связь медно-порфирового оруденения с интрузивным магматизмом. Следует начать с того, что сиенито-диориты ( $C_{1-2}$ ) являются основными рудовмещающими породами медно-порфировых месторождений; на втором месте среди интрузивных пород стоят диориты ( $C_{1-2}$ ); на

третьем — гранодиорит-порфиры. На месторождении Сары-Чеку и в некоторых рудопроявлениях прожилково-вкрапленная минерализация локализуется в кварцевых порфирах. Пространственно и по времени формирования оруденение связано со штоками и дайкообразными телами гранодиорит-порфиров ( $C_2-P_1$ ), образовавшимися в завершающие этапы герцинского магматического цикла, и представляют собой поздние дифференциаты габбро-диорит-гранодиоритовой или сиенит-диоритовой формаций.

Следует отметить широкое развитие среди вмещающих интрузивных пород гибридных разновидностей повышенной основности и щелочности с постепенными переходами от граносиенитов к сиенитам, сиенито-диоритам, монцонитам, габбро-диоритам. Это дает основание для вывода о возникновении перечисленных пород при ассимиляции вулканитов, базальных горизонтов известняков и других пород, первично обогащенных медью, например сланцев кембрия, ордовика и силура (содержание меди 65—100 г/т). Обращает на себя внимание тот факт, что интрузии гранодиорит-порфиров оказываются рудоносными только в полях распространения гранитоидов повышенной щелочности.

Приуроченность большого числа промышленных медных месторождений к породам указанных выше интрузивных формаций подтверждается также геохимической специализацией интрузий. По данным И. М. Голованова [38], в гранитоидных породах Кураминской зоны содержание меди, равное 42 г/т, в 3 раза выше по сравнению с Чаткальской и Южно-Тянь-Шаньской (соответственно 16 и 15 г/т).

Следует отметить, что данные определений абсолютного возраста подтверждают соответствие времени формирования оруденения и образования штоков гранодиорит-порфиров. По К—Ag-методу абсолютный возраст минерализации определяется такими цифрами, млн. лет: 294 по флогопиту, 301—309 по серициту, 273—276 по гидрослюдам, 270—300 по молибдениту по Re—Os-методу [38].

На примере Кураминской зоны отчетливо проявляется взаимная связь интрузивного магматизма и оруденения с вулканооструктурами. Исходя из взаимного расположения интрузивных тел и реликтов вулканических построек, можно предположить, что в период активной вулканической деятельности орогенного этапа ранее возникшие интрузии габбро-диорит-гранодиоритовой формации испытывали местные перерождения. Эти интрузии, судя по имеющимся данным, залегают на расстоянии 1,5—2 км от поверхности. Там, где интенсивно проявился вулканизм, оруденения нет. Вулканические структуры должны быть до этого достаточно сильно эродированными, чтобы в пределах таких блоков выявлялись сложно дифференцированные диорит-гранодиоритовые поля интрузий.

Помимо отмеченных выше особенностей на примере Кураминской зоны установлена еще одна интересная закономерность: соответствие вертикального размаха медно-порфирового оруденения

с мощностью горизонта раннедевонских кварцевых порфиров, прорванных порфиrowыми интрузиями. Многие исследователи обращали внимание на тот факт, что медно-молибденовое оруденение локализуется только в определенном «горизонте» интрузивных пород, примерно параллельном современной поверхности. Этот горизонт «трассирует» в теле гранитоидов продолжение покрова кварцевых порфиров ( $D_2$ ), входящего в состав вулканогенно-осадочной толщи, вмещающей интрузии. Большинство (около 85%) участков с рудной минерализацией располагается в одном предверхнебашкирском структурном ярусе. Исходя из того, что именно в этом ярусе фиксируется максимальное накопление в Тянь-Шане осадочных руд алюминия и железа, Р. А. Мусин [88] обосновывает вывод о связи медно-порфиrowого оруденения с формированием предверхнебашкирских латеритных кор выветривания. Как следствие этого, Р. А. Мусин намечает связь периода формирования медно-порфиrowого оруденения не только с проявлением тектонических движений, становлением интрузий, но и с периодом существования тропического климата, определявшего благоприятную геохимическую среду.

Эти выводы позволяют с новых позиций подойти к проблеме совместного влияния эндогенных и экзогенных факторов, восходящей и нисходящей миграции минерализованных вод при формировании медно-порфиrowых месторождений, традиционно считающихся типично гидротермальными. Косвенным подтверждением правомерности такого подхода может служить тот факт, что самые молодые медно-порфиrowые месторождения (острова Океании, Новая Гвинея, Фиджи) также обнаружены в областях с тропическим климатом.

Все отмеченные выше особенности локализации оруденения отчетливо проявлены на месторождении Кальмакыр, являющемся типовым для рассматриваемой зоны.

Месторождение *Кальмакыр* (рис. 39) расположено в пределах Алмалыкского рудного поля, включающего еще ряд месторождений и участков со штокверковой медно-молибденовой минерализацией: Дальнее, Ак-Чеку, Карабулак, Северо-Западное Балыкты. Рудные тела перечисленных месторождений взаимно переходят друг в друга и сливаются на глубине. В пределах этого же рудного поля расположено полиметаллическое месторождение Кургашинокан и ряд других рудопроявлений.

Месторождение изучалось многими исследователями и описано в разных аспектах в работах А. В. Королева, С. Т. Бадалова, Е. Р. Бутевой, В. Ф. Викторова, И. М. Голованова, В. Ю. Деды, Р. А. Мусина, И. Б. Федоровой и других. Данные этих авторов использованы в нижеприведенном описании.

Площадь Алмалыкского рудного поля и непосредственно участка месторождения сложена преимущественно интрузивными породами сиенито-диоритового ряда ( $C_2$ ), среди которых в виде неболь-

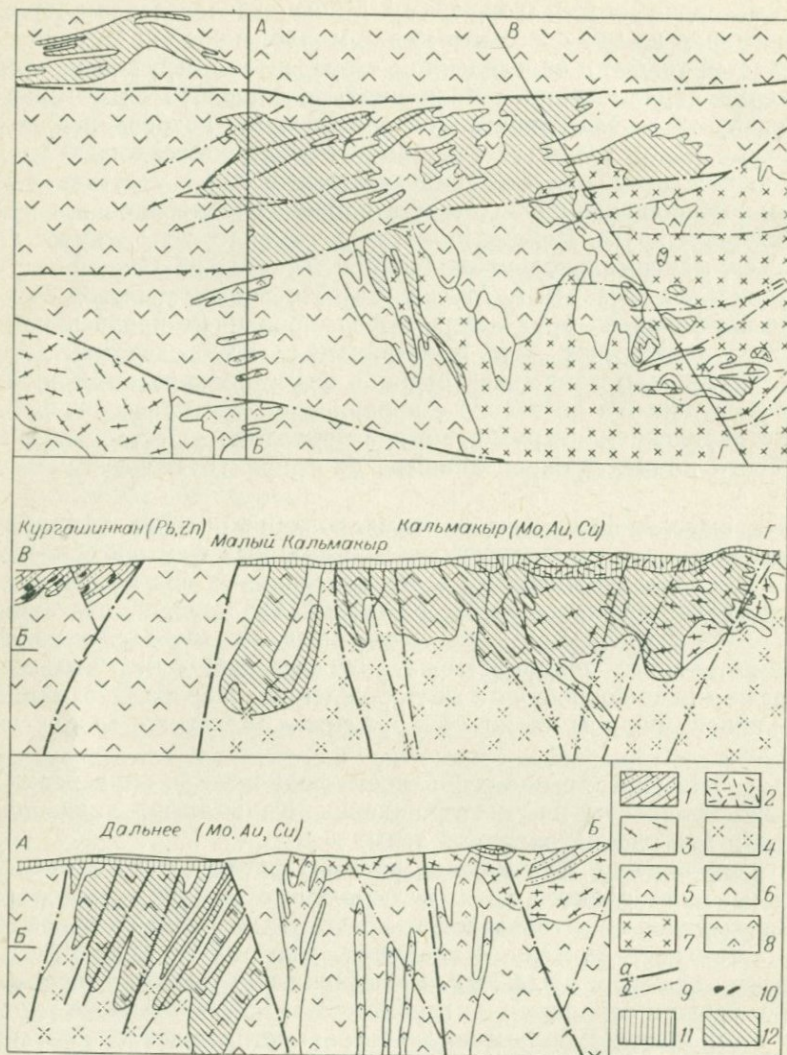


Рис. 39. Схематический геологический план горизонта *В* и разрезы Алмалыкского рудного узла, по материалам Алмалыкской ГРЭ [81].

1 — известняки, песчаники и конгломераты; 2—4 — порфиры (2 — андезито-дацитовые, 3 — кварцевые, 4 — гранодиорит-порфиры алмалыкского типа на разрезах); 5 — диориты; 6 — сиенито-диориты; 7 — гранодиорит-порфиры алмалыкского типа на плане; 8 — штоки и дайки диоритовых порфиритов; 9 — разломы крупные (*a*) и мелкие (*b*); 10 — сульфидная полиметаллическая минерализация; 11 — зона окисления; 12 — сульфидная медная минерализация.

ших (до 5 км<sup>2</sup>) изолированных полей сохранились эффузивные кварцевые порфиры (D<sub>2</sub><sup>1</sup>) и ксенолиты осадочно-карбонатных пород (D<sub>2</sub>—C<sub>1</sub>) с пластами ангидритов в низах толщи.

Интрузивные породы, распространенные на участке месторождения, представляют собой сателлиты Кураминского батолита, образующего массив площадью около 70 км<sup>2</sup>, сложенный габбро-монзонитами, сиенито-диоритами и прорывающими их гранодиорит-порфирами. Сиенито-диориты являются наиболее распространенными породами и представлены несколькими структурно различными разновидностями (резко преобладающими мелко- и среднезернистыми и др.).

Пространственно оруденение связано со штоком гранодиорит-порфиров (C<sub>2</sub>—P<sub>1</sub>), внедрившимся в центральную часть сиенито-диоритового массива. Тела гранодиорит-порфиров и оруденение контролируются участками пересечения Алмалыкского и субширотных разломов. Рудные тела, оконтуренные по данным опробования, представлены зонами вкрапленной и прожилково-вкрапленной минерализации. Они имеют в плане форму неправильного кольца с безрудным центральным ядром, сложенным гранодиорит-порфирами штоков Кальмакыр и Джаныбек. В разрезе рудное тело месторождения Кальмакыр представляет собой плоский усеченный конус (рис. 39).

Рудная минерализация концентрируется в зонах интенсивно измененных пород, представленных монокварцевыми, серицит-кварцевыми, калишпатовыми, биотит-калишпатовыми метасоматитами, распространенными, по данным В. Ф. Викторова [18], в центральной части месторождения (причем с возрастанием роли калишпатовых метасоматитов на более глубоких горизонтах). Промежуточная зона сложена аргиллизированными породами. Внешний ореол измененных пород, к которому приурочены слабооруденелые участки, представлен биотитизированными, хлоритизированными разностями сиенито-диоритов, переходящими еще на большем удалении в пропилитовые разности с эпидотом, альбитом, хлоритом. Интересной особенностью этого месторождения является широкое развитие ангидрита, который появляется с глубины 250—300 м и встречается в виде прожилков, гнезд, а также своеобразных ангидрит-калишпатовых метасоматитов.

Главнейшие рудные минералы — магнетит, пирит, халькопирит, молибденит; реже встречаются гематит, пирротин, марказит, галенит, сфалерит, блеклые руды, самородное золото.

В результате интенсивно проявившихся процессов гипергенеза на месторождении сформировалась мощная зона окисления.

По морфологическим особенностям И. М. Голованов выделяет три типа руд, соответствующих в то же время возрастной последовательности образования слагающих их парагенезисов: 1) рассеянно-вкрапленные (0,1—3 мм) — вкрапленность магнетита, гематита, пирита, халькопирита, молибденита в хлоритизирован-

ных и биотитизированных сиенито-диоритах; 2) прожилково-вкрапленные — прожилки и просечки кварца (от 1 мм до 2 см) с вкрапленностью магнетита, пирита, халькопирита, молибденита, а также прожилки без жильного выполнения; 3) жильные — кварцевые, кварц-ангидритовые, кальцит-баритовые и карбонатно-цеолитовые жилы (2—50 см) с вкрапленностью и обособлениями в них пирита, халькопирита, галенита, сфалерита и блеклых руд.

Характерным для Кальмакыра является содержание в рудах золота, основная масса которого приурочена к халькопириту.

Закономерности распределения рудной минерализации проявляются в смене оруденения снизу вверх: от более обогащенных молибденитом руд (с примесью вольфрама) к более медным. Отношение меди к молибдену уменьшается с глубиной при возрастании абсолютных содержаний столь закономерно, что его предложено использовать как фактор оценки глубинности формирования руд. В плане зональность концентрическая, но менее отчетливая: периферические части относительно обогащены медной и золото-медной минерализацией, тогда как внутренние — медно-молибденовой.

Исследователи Алмалыкского рудного поля, как отмечалось выше, установили, что в пределах выявленных месторождений молибденово-медное оруденение локализовано в определенном «горизонте» интрузивных пород, примерно параллельном современной поверхности. Этот горизонт как бы «трассирует» в теле гранитоидов продолжение покрова кварцевых порфиров ( $D_2$ ), входящего в состав вмещающей интрузию вулканогенно-осадочной толщи. В масштабе рудного поля здесь намечается своего рода «стратификация» оруденения.

Кальмакырское месторождение представляет особо большой интерес в связи с тем, что воплощает в себе все наиболее характерные черты медно-порфировых месторождений этой группы. По своим геологическим особенностям, составу руд, типам метасоматически измененных пород, особенностям их зонального распределения оно является наиболее представительным — «эталонным» — для этой рудной формации.

## КАЗАХСТАН

В истории изучения медно-порфировых месторождений Казахстан занимает совершенно особое место. Именно с открытия здесь в 1928 г. первого промышленного месторождения Коунрад начинается история освоения этого типа месторождений на территории СССР. Обнаружение медно-порфировых месторождений в палеозойских толщах в связи с карбоново-пермским вулканизмом и интрузивным магматизмом выявило принципиально новую геологическую обстановку их нахождения. Именно это и послужило толчком для ревизии и переоценки известных ранее как палеозой-

ских, так и более молодых медных и молибденово-медных месторождений прожилково-вкрапленных руд в других регионах СССР.

Вместе с тем именно в Казахстане в 30-е годы был выявлен и второй тип медно-порфировых месторождений, формирующихся в геосинклинальную стадию,—бошекульский. На протяжении многих десятилетий вопросы образования, природы, генезиса медно-порфировых месторождений рассматривались на основании исследований казахстанских месторождений (в первую очередь Коунрада, а также ряда более мелких). На примере этого региона были развиты представления о связи медно-порфировых месторождений с вулканизмом, с гидротермальными образованиями типа вторичных кварцитов, возникающими в процессе сольфатарно-фумарольной деятельности. Однако проводившиеся позднее в течение нескольких десятилетий большие геологоразведочные и поисковые работы не выявили новых крупных объектов порфировой формации.

Исследования, проводившиеся последние годы в Казахстане, были направлены на изучение особенностей структурной и тектонической позиций тех районов, в пределах которых располагаются Коунрад и другие медно-порфировые месторождения, а также отдельных сторон генезиса медно-порфирового оруденения.

В настоящем разделе территория Казахстана рассматривается в широких границах, включая наряду с Центральным Казахстаном (Прибалхашская зона) его северное, восточное, юго-восточное, южное обрамление — Бошекульскую, Чингиз-Тарбагатайскую, Зайсанскую и Южно-Джунгарскую области.

На рис. 40 показаны основные точки с медно-порфировыми месторождениями Центрального Казахстана. Характеристика их содержится в многочисленных публикациях [33, 36]. Указанные месторождения отличаются по масштабу, типу выявленной в их пределах минерализации и позволяют проследить переходы от медно-порфировых к медно-молибденовым скарновым и жильным.

Известные медно-порфировые месторождения и рудопроявления локализируются в нескольких главных структурных зонах. Эти зоны характеризуются определенными особенностями строения, истории геологического развития, а также отличаются по составу проявленной в их пределах минерализации.

### Прибалхашская зона

Прибалхашская зона, в которой расположено месторождение Коунрад и ряд более мелких, является частью Прибалхашско-Илийского интрузивно-вулканогенного пояса, прослеживающегося на расстоянии около 1000 км при ширине 70—140 км (см. рис. 40). Характерными особенностями Прибалхашско-Илийского пояса, сформировавшегося от раннего карбона до перми и триаса включительно, являются следующие.

1. Развитие пояса на гетерогенном блоковом основании. Мощные толщи вулканогенных пород перекрывают в его пределах блоки, сложенные породами различных формаций (см. рис. 40), что свидетельствует о разной истории развития отдельных блоков в среднем и раннем палеозое.

2. Чрезвычайно пестрый состав вулканических образований, варьирующий от липаритов до базальтов и андезитов-базальтов; резкая фациальная изменчивость вулканогенных образований, проявляющаяся в изменяющейся последовательности их формирования и в вариациях состава.

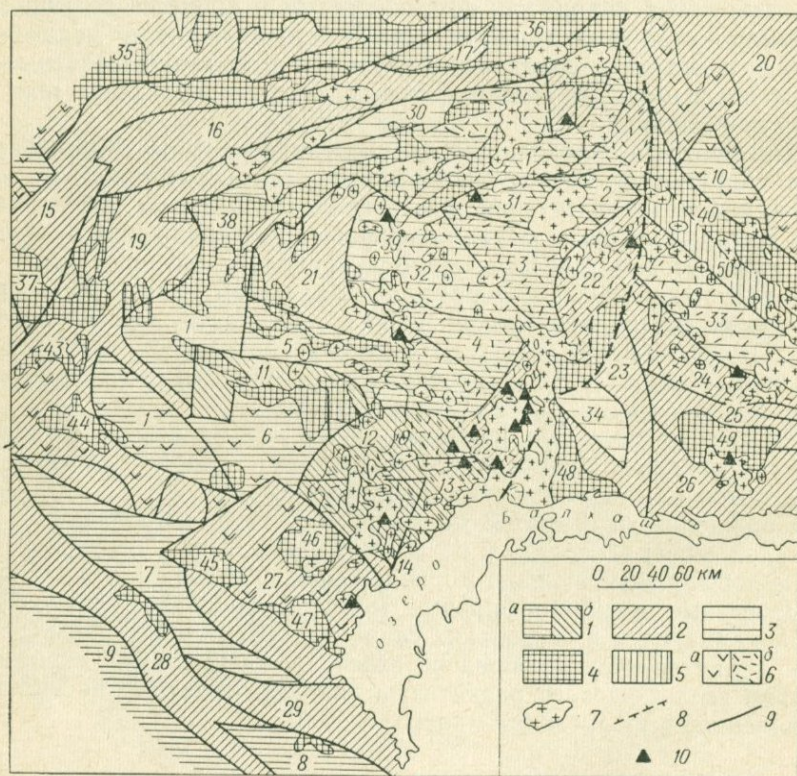


Рис. 40. Схема размещения медно-порфировых месторождений в тектонических блоках Центрального Казахстана, по Ю. П. Рождественскому [115].

**Блоки:** 1 — докембрийской консолидации «сиалического» (а) и «фемического» (б) типов; 2 — с эвгеосинклинальным типом развития в раннем и среднем палеозое; 3 — с миогеосинклинальным типом развития в силуре; 4 — с геосинклинальным типом развития в среднем девоне—раннем карбоне; 5 — то же, в среднем—позднем карбоне; 6 — область проявления позднепалеозойского орогенного вулканизма: девонского (а) и карбон-пермского (б); 7 — интрузивы эволюционной серии гетерогенных гранитоидов: габбро-плагногранитовой, габбро-диорит-гранодиоритовой и монзонит-сиенито-диорит-граносиенитовой формаций; 8 — Центральноказахстанский региональный глубинный разлом; 9 — зоны глубинных разломов, ограничивающие тектонические блоки 1—49 (цифры на карте); 10 — медно-порфировые месторождения.

3. Закономерное изменение состава и форм проявления вулканизма во времени.

4. Широкое развитие и закономерное чередование в разрезе и в плане следующих формаций (от древних к молодым): андезит-дацит-молассовой и дацит-липарит-молассовой, андезитовой (дацит-андезитовой), дацит-липаритовой и липаритовой, контрастной базальт-липаритовой и др.

Анализ геологических и геофизических данных, проведенный с целью выявления особенностей той части вулканогенного пояса, в которой размещаются основные медно-порфировые месторождения, позволил Ю. П. Рождественскому и другим исследователям прийти к ряду важных выводов [96, 115]. Установлено, что месторождения локализуются в пределах верхнего собственно вулканогенного этажа и нижнего подстилающего, относящегося к фундаменту. Вулканические покровы перекрывают блоки фундамента, среди которых как благоприятные для локализации медно-порфирового оруденения выделено два типа.

I. Блоки докембрийской консолидации с геотектоническим режимом срединных массивов, сложенные докембрийскими породами фемического профиля — амфиболитами, хлоритовыми, углистыми сланцами с прослоями и линзами мраморизованных известняков, гнейсами и др.

II. Блоки с эвгеосинклинальным типом развития в раннем и среднем палеозое, сложенные породами кремнисто-спилито-диабазовой, аспидной кремнисто-терригенной, морской молассовой и других формаций. Мощность пород этих формаций достигает 5—8 км. Широким развитием в таких блоках пользуются вулканогенные образования основного и среднего состава. Характерна резкая фациальная изменчивость разрезов.

Таким образом, медно-порфировые месторождения оказываются приуроченными только к блокам фемического профиля, перекрытым вулканогенными породами орогенного пояса.

В пределах блоков, благоприятных по типу разрезов, важное значение приобретает характер проявления интрузивного магматизма. Магматические образования, с которыми связано молибденово-медное оруденение, представлены габбро-диорит-гранодиоритовой, монцонит-граносиенитовой и габбро-плагιοгранитовой формациями. Молибденово-медное оруденение контролируется ареалами распространения интрузий габбро-диорит-гранодиоритовой формации ( $C_2$ ) и тесно связано с малыми телами гранодиорит-порфиров и гранит-порфиров, формирующимися в завершающие стадии многофазных плутонов.

Непосредственно контролирующие оруденение факторы более подробно рассмотрим ниже на конкретных примерах типовых для данной зоны месторождений — Коунрада и Актогая.

Первенец советских медно-порфировых месторождений *Коунрад* подробно охарактеризован в опубликованных работах, в том

числе в специальных монографиях М. П. Русакова, Н. И. Наконника, К. С. Газизовой, З. М. Нурбаева, А. И. Полетаева, И. М. Юдина и других, данные которых использованы в приводимом описании.

Коунрадское месторождение приурочено к крупной вулканической постройке центрального типа. Рудное поле сложено эффузивно-пирокластическими и экструзивными образованиями: покровами андезитовых порфиритов, андезито-базальтов, диабазов с прослоями туфов основного и среднего состава, перекрытых лавовыми потоками кварцевых порфиров и фельзитов, отходящими от купола липаритов (экструзии). Перечисленные породы инъецированы дайками, некками, апофизами гранитоидов Коунрадского массива, главные выходы которых располагаются к югу от месторождения.

Структурный план месторождения определяется пересечением кольцевых и радиальных разломов с более поздними линейными тектоническими зонами северо-восточного простирания, которые являются опережающими по отношению к Коунрад-Борлинской зоне глубинных разломов северо-западного простирания. Кольцевые и радиальные разломы устанавливаются по приуроченности к ним неков диабазов, штоков кварцевых диоритов, апофиз гранодиорит-порфиров. Зоны северо-восточного простирания контролируют размещение даек гранодиорит-порфиров, кварцевых диоритов, а также трубообразных и дайковых тел взрывных брекчий.

Гранитоиды Коунрадского массива образуют в пределах рудного поля три апофизы. К центральной из них, представляющей собой узкий гребневидный расширяющийся книзу выступ, приурочено оруденение (рис. 41). Именно центральная апофиза унаследовала при внедрении основной вулканический канал — жерловищу палеовулкана. Апофиза сложена гранодиоритами и гранодиорит-порфирами, которые рвут кварцевые порфиры и фельзиты, образуя в них многочисленные ответвления, а также содержат ксенолиты вулканических пород.

Формирование гранитоидов Коунрадского массива происходило в две фазы: в первую, более раннюю, образовались крупно-среднезернистые гранодиориты и гранодиорит-порфиры, сменяющиеся на более глубоких горизонтах равномернозернистыми разновидностями; во вторую — кварцевые диориты и крупнозернистые порфировидные гранодиориты.

Характерными и широко распространенными образованиями Коунрадского месторождения являются взрывные брекчии, сформировавшиеся в два этапа. Брекчии первого этапа представлены двумя трубообразными телами северо-восточного субмеридионального простирания, прорывающими гранодиорит-порфиры. Эти тела в свою очередь пересекаются дайками кварцевых диоритов, диоритовых порфиритов и брекчий второго этапа. Брекчиевые тела сложены различными по форме и размеру (от 1 см

до 3 м) обломками. Преимущественно это аргиллизированные гранодиорит-порфиры, реже кислые эффузивы, сцементированные тонкообломочным материалом (гранитоидные породы, кварц, полевой шпат) и замещенные кварц-серицитовым агрегатом.

Брекчии второго этапа представлены трубообразными и многочисленными дайкообразными телами — «галечными дайками», сложенными исключительно округлыми и окатанными обломками, и прорывают все известные на месторождении породы. В трубообразных телах обломки представлены преимущественно кварце-

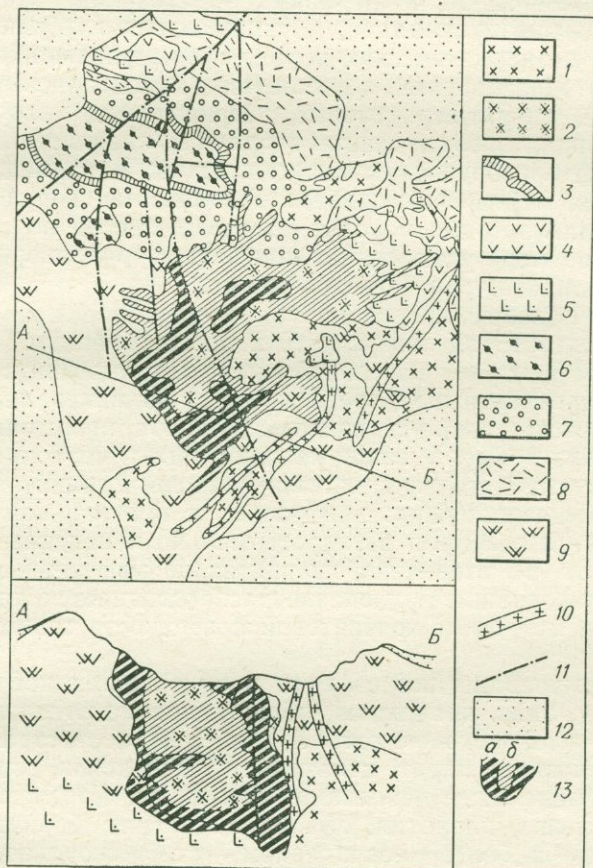


Рис. 41. Схематическая геологическая карта месторождения Коунрад, по А. И. Полетаеву, М. К. Чеховичу, Г. Х. Гильмутдинову и К. Мирзалиеву.

1 — гранодиорит-порфиры (слабоизмененные); 2 — серицит-кварцевые породы по гранодиорит-порфирам; 3 — горизонт игнимбритов; 4, 5 — эффузивы основного состава, С<sub>1т</sub> (4 — диабазы, 5 — лавобрекчии и туфы); 6—9 — вторичные кварциты по кислым эффузивам, С<sub>1т</sub> (6 — по сферолитовым и массивным фельзитам, 7 — альбитофирам и кварцевым порфирам, 8 — туфобрекчиям кварцевых порфиров, 9 — флюидалным фельзитам); 10 — дайки кварцевых диоритов; 11 — тектонические нарушения; 12 — кайнозойские рыхлые отложения; 13 — контур рудных тел (а — богатые, б — бедные руды).

выми диоритами, гранодиоритами, гранодиорит-порфирами; в галечных дайках наряду с перечисленными выше породами в обломках встречаются также диоритовые и диабазовые порфириты, граниты. Цемент в брекчиевых телах и первого и второго этапов состоит из мелких обломков кварца, полевых шпатов, гранитоидных и вулканогенных пород, интенсивно серицитизированных, хлоритизированных, окварцованных.

Слагающие рудное поле вулканические и интрузивные породы интенсивно изменены, особенно в участках скопления экструзивных, субвулканических и жерловых образований, фиксирующих активные центры вулканизма, а также вдоль глубинных разломов. Среди метасоматических пород, сформировавшихся по вулканогенным образованиям, выделяются: монокварцевые, диаспор-серицитовые, алунит-серицитовые, серицитовые, корунд-андалузитовые и андалузитовые фации вторичных кварцитов. Гранодиорит-порфиры преобразованы в аргиллизиты. В размещении метасоматических пород наблюдается зональность: корунд-андалузитовые и андалузитовые породы, образовавшиеся по липаритам, сменяются по мере удаления от контакта с гранодиорит-порфирами кварц-серицитовыми метасоматитами.

Гидротермальные изменения гранодиорит-порфиров в направлении от контактовой поверхности к более глубоким горизонтам проявляются в последовательной смене кварц-серицитовых метасоматитов аргиллизитами, среди которых по минеральному составу выделяются: кварц-серицитовые, кварц-диккитовые, кварц-каолинит-диккитовые и кварц-каолинитовые метасоматиты, сменяющиеся с глубиной пропицитизированными гранитоидами.

Рудная минерализация приурочена к центральной апофизе и локализуется в основном в гидротермально измененных гранодиорит-порфирах. Во вторичных кварцитах по эффузивным и экструзивным образованиям оруденение распространяется лишь на первые десятки метров от контактовой поверхности гранодиорит-порфиров.

Рудные минералы встречаются в виде рассеянной вкрапленности, гнезд, линз, прожилков, образующих на отдельных участках густую штокверковую сеть. К наиболее распространенным минералам относятся пирит, халькопирит, халькозин, энаргит, теннантит, молибденит; в небольшом количестве встречаются арсенопирит, марказит, пирротин, сфалерит, галенит, борнит, магнетит, гематит; еще в более подчиненном — стибнолюционит, люционит, идаит, колусит, самородное серебро и золото, а также такие редкие минералы, как фаматинит, реньерит, алтаит, валлернит, кубанит и штернбергит. Характерными элементами-примесями руд Коунрадского месторождения являются селен, теллур, олово, золото, серебро.

Рудное тело в целом имеет трубообразную форму с отчетливым концентрически-зональным строением. В пределах этого тела

контуры медной и молибденовой минерализации полностью не совпадают. Медное оруденение образует чашеобразное тело, в центральной части которого начиная со средних горизонтов устанавливается расширяющееся книзу ядро безрудных пород. Распределение меди неравномерное: максимальные ее концентрации приурочены к центральным и верхним частям рудного тела. Молибденовая минерализация в целом развита в тех же границах, что и медная, и локализуется в основном по северному и северо-западному обрамлению меднорудного тела. В ряде участков молибден образует повышенные концентрации за пределами контуров медного оруденения. Молибденовое оруденение образует тело воронкообразной формы, в пределах которого участки повышенных концентраций приурочены к фланговым зонам. С глубиной содержание молибдена снижается, но с меньшей интенсивностью, чем это устанавливается для меди. Центральное слабооруденелое ядро сохраняется и в распределении молибдена, но в отличие от меди оно прослеживается до верхних частей рудной залежи.

В пределах рудного штокверка отчетливо выражена горизонтальная и вертикальная зональность. Закономерности в распределении рудной минерализации по вертикали проявляются в отношении рудного обогащения верхних горизонтов медью и мышьяком (энаргит-халькозиновые руды), а нижних — молибденом. Зональность в плане характеризуется обогащением медью внутренней части штокверка, обрамляющей в виде подковы шток гранодиорит-порфиров, а внешней — молибденом. Эту специфику зональности можно увязать с возникновением рудного штокверка в центральной части вулканического аппарата. Краевые части штока гранодиорит-порфиров, к которому приурочен штокверк, были основными путями поступления гидротермальных растворов, и тогда по отношению к зонам контакта последовательность смены рудных элементов обычная (как на большинстве месторождений).

Схему формирования Коунрадского месторождения в обобщенном виде можно представить следующим образом. Внедрение гранодиорит-порфиров — брекчии первого этапа — образование кварц-серицитовых метасоматитов — молибденово-медное оруденение — дайки диоритовых порфиров — брекчии второго этапа — молибденово-медно-борнитовое (свинцово-цинковое) оруденение.

Формирование продуктивной рудной минерализации первого молибденово-медного этапа начинается с образования штокверковых зон кварцевых прожилков и процессов аргиллизации, сопровождающих оруденение. Последовательность формирования парагенетических ассоциаций рудных минералов соответствует ряду:  $Pu - Cr - Pu - Mb - Tn - Pu - Cr - Pu - Cr - Pu - Tn - Cs - Ep$ .

Второй этап, отделенный от первого внедрением даек и брекчий, сопровождается также процессами аргиллизации. С этим эта-

пом связано образование следующих парагенетических ассоциаций:  $Cr-Mt$ ,  $Pu-Mb-Qu-Bi-Sl$ ,  $Bo-Cr-Sl$ ,  $Bo-Cr-Sl-Ga$ . Процесс минералообразования завершается формированием кварцевых, мусковитовых, карбонатных, хлоритовых прожилков. Соответственно упорядоченный ряд расположения рудных элементов можно представить так:  $Fe-Mo-Cu$ , дайки, брекчии второго этапа,  $Fe-Mo-Zn-Cu-Pb-Zn$ . Указанные парагенетические ассоциации рудных минералов образовались, по мнению И. М. Юдина [154] и А. И. Полетаева [108], в результате эволюции одноактного (нестадийного) гидротермального процесса, а проявленная зональность руд является фациальной зональностью отложений.

В работах многих геологов Коунрад рассматривается как типичное месторождение вторичнокварцевитовой формации. Исследованиями последних лет и в связи с обширной информацией, полученной благодаря вскрытию рудных тел на больших площадях и глубоких горизонтах, установлено, что своеобразие месторождения Коунрад состоит в его совмещенном характере, обусловленном приуроченностью этого месторождения к штоку гранодиорит-порфиров (наиболее поздней фазе становления интрузивов габбро-диорит-гранодиоритовой формации), внедрившемуся в жерло вулкана, преобразованного задолго до этого в типичные вторичные кварциты. Именно это определило появление здесь характерных фаций вторичных кварцитов, по времени не связанных с оруденением, частично преобразованных впоследствии под влиянием интрузии гранодиорит-порфиров в аргиллизиты. Месторождение Коунрад представляет собой не чистую, а совмещенную метасоматическую формацию — ассоциацию формаций. Однако для данного месторождения характерны многие из перечисленных выше особенностей, присущих медно-порфировым месторождениям этой группы.

Месторождение *Актогай* [97] расположено в северо-восточной части Прибалхашско-Илийского пояса. Оно приурочено к осевой части Колдарской антиклинали субширотного простираения. Ядро антиклинали сложено вулканическими породами среднего и верхнего карбона; туфами, реже лавами андезитового, андезит-дацитового и трахидацитового состава, а также субвулканическими телами диоритов и базальтовых порфиритов. Эти породы распространены наряду с интрузивными в Актогайском рудном поле. Интрузивные породы, слагающие Колдарский массив, представлены следующими рядами, соответствующими нескольким фазам: 1) среднезернистыми кварцевыми диоритами и гранодиоритами, переходящими в краевых частях в монзониты, габбро, габбро-диориты; 2) микро-среднезернистыми гранитами и гранит-порфирами; 3) гранодиоритами, переходящими в кварцевые диориты; 4) малыми интрузиями и штоками гранодиорит-порфиров. Пестроту состава гранитоидов Колдарского массива объясняют интен-

сивным проявлением кремнекалиевого метасоматоза, изменившего состав первичных интрузивных пород [97].

На основании геологических данных возраст Колдарского интрузивного комплекса определен как средний—поздний карбон.

В центральной части месторождения выходят три небольших штока гранодиорит-порфиров, которые прорывают вулканические породы и интрузивные образования более ранних фаз (рис. 42). В штоках и на их контакте с вмещающими породами откартированы тела эруптивных брекчий, цементирующий материал которых состоит из кварца, калиевого полевого шпата, турмалина. С этими интрузиями пространственно связано молибденово-медное оруденение. Контур рудного тела подчиняется конфигурации контактов массивов гранодиорит-порфиров с вмещающими породами.

Штоки в западной и центральной частях месторождения сложены биотит-рогообманковыми гранодиорит-порфирами. Рассеянное прожилково-вкрапленное оруденение локализуется в гид-

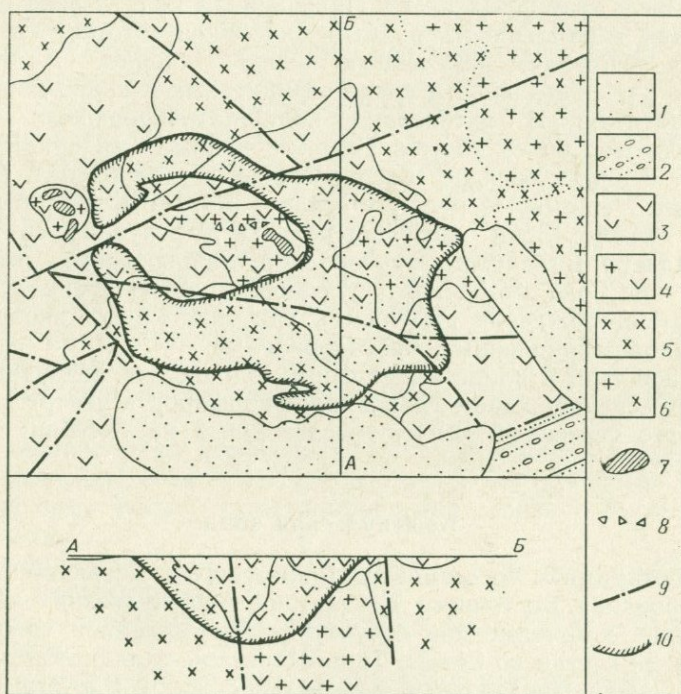


Рис. 42. Схематическая геологическая карта месторождения Актогай [97].

1 — четвертичные отложения; 2 — гравелиты и песчаники (колдарская свита); 3 — лавы и туфы андезитового и андезит-дацитового состава, туффиты (калмакзельская свита); 4 — малые интрузии гранодиорит-порфиров; 5 — кварцевые диориты и гранодиориты; 6 — гранодиориты; 7 — кварцевые тела и зоны кварцевого штокверка; 8 — эруптивная брекчия; 9 — разрывные нарушения; 10 — контур молибденово-медного оруденения.

ротермально измененных кварцевых диоритах, гранодиоритах, останцах пород кровли, повсеместно распространенных на участке месторождения.

Наиболее широко проявленным гидротермальным процессом является калишпатизация. С регионально проявленной калишпатизацией связывают метасоматические преобразования гранитоидных пород, с локальной — образование зон кварц-калишпатовых пород, непосредственно в пределах рудного тела ореолы гидротермальных пород характеризуются концентрически-зональным строением. Центральная зона представлена существенно кварцевыми метасоматитами, затем выделяется зона серицит-кварцевых пород с пиритом, далее зона кварц-калишпатовых метасоматитов. Внешняя зона представлена пропилитизированными породами с вкрапленностью пирита. Интенсивность пиритизации возрастает при движении от центра к периферии рудной зоны. По направлению к центру интенсивно проявляется кремнекальевый метасоматоз с образованием локальных зон кварц-калишпатовых метасоматитов и кварцевых гнезд. Пиритизация практически исчезает.

Тонкая вкрапленность рудных минералов тяготеет к темноцветным минералам измененных пород (хлориту и биотиту), а также распространена в кварц-серицитовых и кварц-хлоритовых метасоматитах. В интенсивно калишпатизированных породах вкрапленность более убогая. Главные рудные минералы — халькопирит и пирит, меньше распространены молибденит, борнит и халькозин; еще более редки ковеллин, магнетит, пирротин, сфалерит, галенит. Зона окисления развита до глубины 15—25 м и представлена малахитом, хризоколлой, халькозином, гематитом, лимонитом. Зона вторичного сульфидного обогащения отсутствует. На месторождении выделяется три типа руд: вкрапленные, прожилково-вкрапленные, брекчированные.

Рудное тело в плане имеет форму эллипса с безрудным или слабооруденелым ядром гранодиорит-порфиоров в центре. В разрезе — это усеченный конус, прослеженный на глубину первых сотен метров.

### Бошекульская зона

В соответствии со схемой тектонического и металлогенического районирования Восточного Казахстана Бошекульская зона, совпадающая с одноименной структурно-формационной зоной, относится к Кокчетавско-Северо-Тянь-Шаньской складчатой системе, обрамляющей Центральный Казахстан с востока и юга в виде огромной изогнутой дуги.

Из сопоставления разрезов Бошекульской зоны с сопредельными территориями исследователи приходят к выводу о том, что до верхнего кембрия эта зона составляла единое целое с расположенными южнее эвгеосинклинальными зонами Чингиз-Тарба-

гатайской системы. Начиная со среднего кембрия, после замыкания Бошекульской эвгеосинклинали, судя по характеру разрезов, эта область превратилась в геоантиклинальное поднятие, разделявшее в силуре и ордовике геосинклинальные прогибы Северо-Восточного Казахстана.

В пределах Бошекульской зоны распространены преимущественно вулканогенные породы, занимающие более 3/4 ее площади и представленные спилито-кератофировой формацией (бошекульская серия нижнего кембрия, по Р. А. Борукаеву [13, 14]).

Бошекульская серия, имеющая общую мощность около 6700 м, подразделяется на две свиты: 1) нижнюю — спилитовую — лавы и туфы спилитового и диабазового состава общей мощностью более 4000 м и 2) верхнюю — кератофировую — лавы и туфы среднего и кислого состава, альбитофиры, дацитовые порфиры, реже андезитовые порфиры и их туфы общей мощностью более 2000 м.

В результате проявления первой фазы салаирской складчатости бошекульская толща оказалась собранной в крутые складки, выдерживающие линейное направление на десятки километров и повторяющие простирание позднепротерозойских антиклинорных поднятий.

Интрузивные образования распространены в Бошекульской зоне незначительно. Они представлены небольшими телами и дайками диоритов, диоритовых порфиритов, гранодиорит-порфиритов, граносиенитов, сиенитов и др. Эти интрузивные образования рассматривают как коагматы эффузивов спилито-кератофировой формации. Как для эффузивных, так и для интрузивных пород характерна отчетливо выраженная гомодромная эволюционная направленность в рядах магматических образований, проявляющаяся в последовательной смене базальтов андезитами, дацитами, риолитами в ряду вулканических пород и габбро, кварцевыми диоритами, гранодиоритами, плагиогранитами, граносиенитами в ряду интрузивных.

По мнению ряда исследователей, граносиениты относятся к более позднему, возможно ордовикскому, интрузивному комплексу, имеющему только пространственную связь с Бошекульским интрузивом.

Бошекульская зона характеризуется отчетливо выраженной медной специализацией.

Типовое месторождение этой зоны — Бошекуль — охарактеризовано ниже.

Пространственно месторождение *Бошекуль* приурочено к гипабиссальной дайкообразной интрузии предположительно среднекембрийского возраста, залегающей среди измененных вулканических пород, представленных пироксен-плагиоклазовыми, роговообманковыми порфиритами и их туфами, чередующимися с кембрийскими песчаниками и алевролитами (рис. 43).

Р. А. Борукаев, К. Е. Миллер, В. Г. Ли и другие исследователи, изучавшие это месторождение, выделяют в составе бошекульской интрузии несколько разновидностей пород, соответствующих самостоятельным фазам и субфазам: 1) диоритовые порфиры, 2) гранодиорит-порфиры и адамеллиты, 3) сиенит-порфиры. Все вмещающие оруденение породы гидротермально изменены; диоритовые порфиры альбитизированы, серицитизированы; по роговой обманке в них развивается эпидот, хлорит, широко развит пирит [92]. Гранодиорит-порфиры повсеместно замещены кварц-хлорит-серицитовым агрегатом с пиритом; часто в этих породах содержится альбит. Характерным процессом изменения как интрузивных, так и вмещающих их вулканогенных пород является биотитизация, сопровождающаяся окварцеванием и образованием лейкоксена. По плагиигранитам и гранодиорит-порфирам образуются вторичные кварц-альбит-хлорит-биотит-серицитовые парагенезисы, которым среди вулканогенных пород соответствуют биотит-актинолит-эпидотовые метасоматиты с кварцем. В пределах рудной зоны плагииграниты замещены кварц-хлоритовыми и хлорит-карбонатными метасоматитами, к которым и приурочена основная рудная минерализация. При переходе биотит-актинолитовых пород внешних зон в кварц-хлоритовые метасоматиты по-

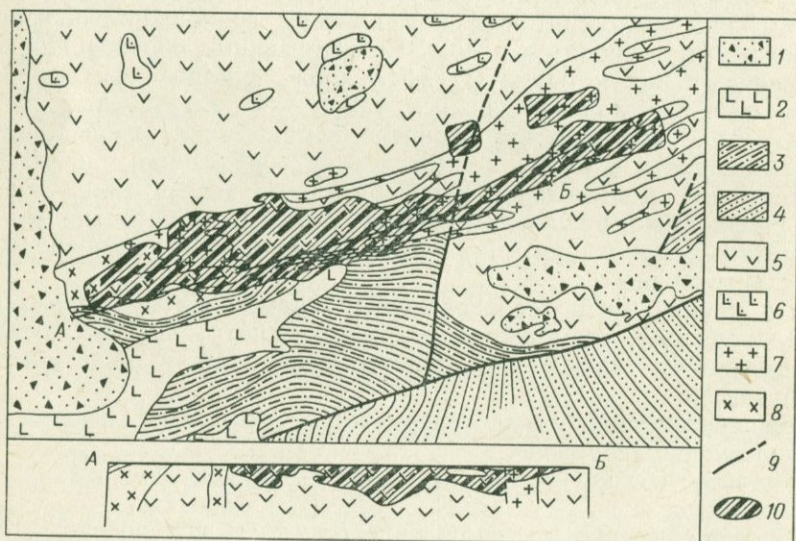


Рис. 43. Схематическая геологическая карта Бошекульского месторождения, по Р. А. Борукаеву и В. Г. Ли [71].

1 — конгломераты и кварциты, P<sub>2</sub>; 2 — диабазы; 3 — песчаники и алевролиты, E<sub>2</sub>; 4 — песчаники и алевролиты, E<sub>2</sub>; 5 — порфиры и их туфы; E<sub>1</sub>; 6 — диабазовые порфиры, E<sub>1</sub>; 7 — плагиигранит-порфиры, E-O(?); 8 — диоритовые порфиры, E-O(?); 9 — разрывные тектонические нарушения; 10 — контур рудных тел.

являются эпидот, пренит, пумпеллит, кальцит и серицит. В отдельных околотрещинных зонах развиваются кварц-серицитовые породы с пиритом.

Рудная минерализация представлена вкрапленностью и прожилками халькопирита, пирита, пирротина, молибденита, борнита, галенита, сфалерита. В рудах Бошекуля обнаружен никельсодержащий сульфид железа — макинавит. В виде элементов-примесей в рудах содержатся золото, серебро (в пирите, халькопирите), кобальт, рений (в молибдените), палладий, платина.

Последовательность образования рудных минералов, по Р. А. Борукаеву (1970 г.), соответствует ряду: Mb — Qu — Mb — Py — Po — Cr — Sl — Bo — Ba — Ga. Повышенные концентрации рудных минералов наблюдаются вдоль зон интенсивно раздробленных пород. Оруденение локализуется как в измененных плагиигранитах, так и во вмещающих их вулканических породах.

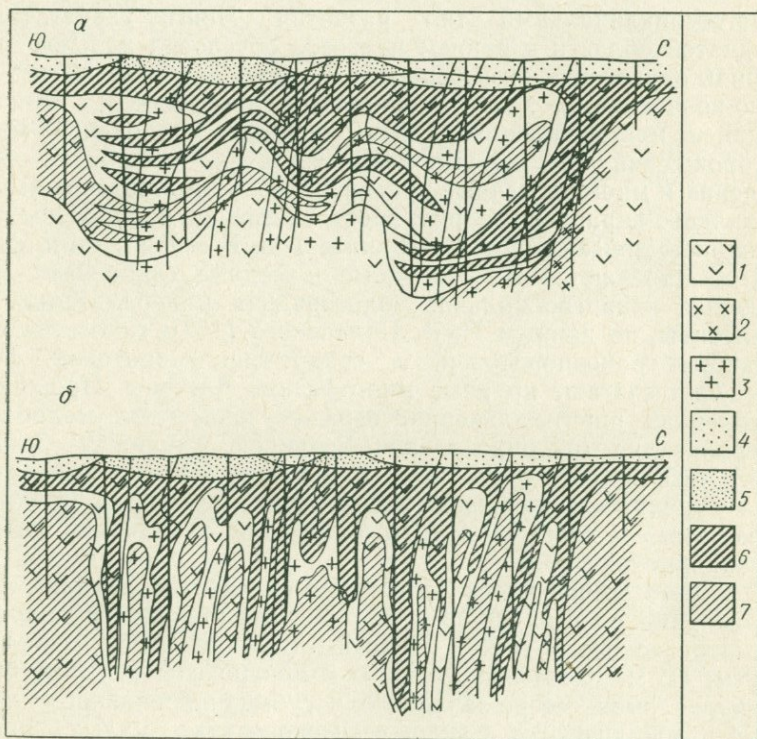


Рис. 44. Морфология рудных тел месторождения Бошекуль в интерпретации Р. А. Борукаева, В. Г. Ли [71] (а) и Л. А. Кулагинной [69] (б).

1 — диабазовые порфиры; 2 — диоритовые порфиры; 3 — плагиигранит-порфиры; 4—7 — руды (4 — выщелоченные, 5 — окисленные, 6 — сульфидные балансовые, 7 — убогие сульфидные; участки сульфидных забалансовых руд не заштрихованы).

Форма рудных тел до сих пор трактуется неоднозначно. По мнению одних исследователей [71], это пологие пластообразные седловидной формы тела, тогда как другие [69] считают, что это крутопадающие жилообразные тела (рис. 44).

Однако если принять во внимание напряженный характер складчатости пород бошекульской серии, форму рудных тел можно интерпретировать как пластообразную, подчиненную отмеченным складчатым структурам. Крутые (до  $85^\circ$ ) углы падения крыльев могут создавать ложное впечатление о жилообразной форме тел. Такие крутые складчатые структуры описаны для ряда стратиформных колчеданно-полиметаллических месторождений (например, Озерного, Горевского и др.). Рассмотрение с отмеченных позиций формы рудных тел Бошекульского месторождения дает возможность по-новому интерпретировать его структуру.

### Чингиз-Тарбагатайская и Зайсанская области

Эвгеосинклиальный тип развития Чингиз-Тарбагатайской складчатой области в раннем палеозое обусловил халькофильный профиль оруденения этой зоны. Важнейшее значение имеют здесь медно-колчеданные, колчеданно-полиметаллические и серно-колчеданные месторождения. Промышленных молибденово-медных месторождений пока не выявлено. Известные небольшие месторождения и многочисленные рудопроявления молибденово-медных прожилково-вкрапленных руд пространственно приурочены к выходам палеозойских (S и C) гранитоидов. В связи с теми же гранитами встречаются железорудные и медные скарновые месторождения, кварцево-жильная золоторудная минерализация. Эти гранитоиды, по данным Н. В. Полянского [109], относятся к габбро-диорит-гранодиоритовой и гранит-гранодиоритовой формациям. Они слагают крупные многофазные плутоны. Прожилково-вкрапленная пирит-халькопиритовая с примесью молибденита минерализация (рудопроявления Белунрек, Каншоки, Западное и др.) локализуется в участках совмещения зон глубинных разломов с куполами и апофизами гранитоидов (гранодиоритов, сиенито-диоритов) и пространственно приурочено к выходам интрузий гранодиорит-порфиров.

В юго-восточной части Зайсанской складчатой области, в Саурском районе, выявлен ряд молибденово-медных рудопроявлений штокверкового типа (Кенсай-Кызылкаинская группа). По данным Н. Я. Шевченко [148], они приурочены к узлам пересечения разломов северо-западного и субмеридионального простираний и локализуются в эндо- и экзоконтактах малых интрузий гранодиорит-порфиров, завершающих становление визе-намюрских интрузивов габбро-диорит-гранодиоритовой формации.

Молибденово-медная минерализация приурочена к широким ореолам гидротермально измененных пород (пропилитизирован-

ных, серицитизированных, окварцованных). На измененные породы накладывается густая сеть разноориентированных ветвящихся кварцевых прожилков с пиритом, халькопиритом, гидроокислами железа, гематитом, иногда малахитом. Среднее содержание меди составляет 0,46, в 20% проб 0,85—1, в единичных — 2,75—3%. Содержание молибдена от сотых долей процента до 0,4%.

### Южно-Джунгарская зона

Южно-Джунгарская зона расположена в южном — Илийском — звене Прибалхашско-Илийского пояса, перекрытого на значительной площади мощным чехлом рыхлых отложений (рис. 45). По особенностям геологического строения Южно-Джунгарская зона подразделяется на две части: Илийскую и Текелийскую подзоны. С точки зрения медной минерализации интерес представляет Илийская подзона. На площади подзоны выявлены многочисленные рудопроявления, предствленные рассеянной халькопирит-пиритовой минерализацией, приуроченной к эффузивно-пирокластическим и экструзивным образованиям поздне-

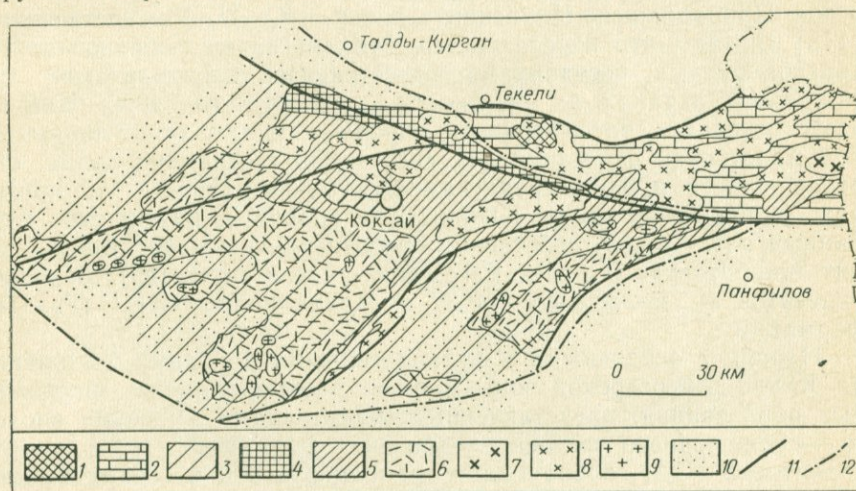


Рис. 45. Положение месторождения Коксай по отношению к региональным структурам Южной Джунгарии. Схема составлена Ю. П. Рождественским на основе карты геологических формаций Восточного Казахстана [60].

1 — блоки докембрийской консолидации, перекрытые кварцевыми песчаниками, PZ<sub>1</sub>; 2 — Текелийская подзона, сложенная терригенно-карбонатными породами, PZ<sub>1</sub> (миогеосинклинальный комплекс); 3 — Илийская подзона, сложенная туфогенно-кремнисто-карбонатно-терригенными породами, S (геосинклинальный комплекс); 4 — породы андезит-плагиолипаритовой терригенной геосинклинальной формации, С<sub>1</sub>; 5 — породы андезит-дацит-липаритовой молассовой геосинклинальной формации, С<sub>1</sub>—С<sub>2</sub>; 6 — область проявления позднепалеозойского орогенного вулканизма; 7 — гранитоиды гранодиорит-гранитовой формации, О; 8 — гранитоиды габбро-диорит-гранодиоритовой и гранит-гранодиоритовой формаций, С<sub>2</sub>; 9 — гранитоиды гранит-граносиенитовой формации, Р; 10 — мезозойско-кайнозойские и неоген-четвертичные отложения, выполняющие межгорные впадины; 11 — зоны глубинных разломов; 12 — граница Южно-Джунгарской металлогенической зоны.

го карбона и перми. Широко распространены кварцевые, кварц-кальцитовые и кальцитовые жилы с халькопиритом, борнитом, халькозином и другие типы. Однако по масштабам выявленного оруденения к промышленным относится пока только медно-порфировое месторождение Коксай.

В пределах Илийской подзоны отдельные изолированные блоки сложены наиболее древними отложениями, представленными карбонатными и вулканогенно-осадочными породами кремнисто-известняково-терригенной формации ( $S_1$  и  $S_2$ ) мощностью 1000—1500 м. Среди силурийских карбонатно-терригенных отложений часто встречаются туфопесчаники и пепловые туфы. Наиболее широко в пределах зоны развиты позднепалеозойские породы следующих формаций (от древних к молодым): андезит-дацит-липаритовая молассовая ( $C_1—C_2$ ) мощностью 4000—5000 м; дацит-липаритовая ( $C_3—P_1$ ), 300 м; дацит-андезитовая ( $P_1$ ), 300—500, редко 1000 м; дацит-липаритовая ( $P_2$ ), 700—1000 м; трахилипаритовая ( $P_2—T_1$ ), 200—500 м.

По мнению большинства исследователей [34], все перечисленные формации относятся к орогенным, слагающим илийский отрезок Прибалхашско-Илийского пояса, Ю. П. Рождественский [115] считает, что переслаивание вулканогенных образований с конгломератами, песчаниками, известняками, алевролитами, аргиллитами, а также их мощности, достигающие 4000—5000 м, дают основание рассматривать породы андезит-дацит-липаритовой молассовой формации как собственно геосинклинальные, образовавшиеся в ранне-среднекаменноугольный период в прогибах, залеженных вдоль Южно-Джунгарской и других зон глубинных разломов. К собственно орогенным он относит только дацит-липаритовую ( $C_3—P_1$ ,  $P_2$ ), дацит-андезитовую ( $P_1$ ), базальт-андезитовую молассовую ( $P_2$ ) и трахилипаритовую ( $P_2—T_1$ ) формации.

Наряду с осадочными и вулканогенными породами на площади Южно-Джунгарской зоны широко распространены интрузивные образования, представленные гранитоидами умеренно кислого — субщелочного состава следующих формаций: гранодиорит-гранитовой ( $C_3$ ), габбро-диорит-гранодиоритовой и гранит-гранодиоритовой ( $C_2$ ), гранит-граносиенитовой ( $P_1$ ).

Молибденово-медная минерализация связана с гранитоидами габбро-диорит-гранодиоритовой и гранит-гранодиоритовой формаций, имеющими наибольшее площадное распространение в Южно-Джунгарской зоне. Возраст их по геологическим данным среднекаменноугольный, по радиометрическим определениям 370—300 млн. лет. Гранитоиды слагают крупные массивы сложного строения. Интрузивные образования первой фазы — габбро, габбро-диориты, кварцевые диориты — образуют небольшие тела или ксенолиты среди гранитоидов более поздних фаз. Во вторую, главную, фазу формировались гранодиориты, адамеллиты, био-

тит-роговообманковые граниты, плагиограниты и лейкократовые граниты, связанные между собой постепенными переходами. Породы третьей фазы представлены лейкократовыми, аляскитовыми, аплитовидными мелко- и среднезернистыми гранитами, гранит-порфирами, образующими сравнительно небольшие тела. По морфологии интрузивы относятся к межформационным плутонам.

По геофизическим данным интрузивы габбро-диорит-гранодиоритовой и гранит-гранодиоритовой формаций прослеживаются под песками Южно-Прибалхашской впадины в северо-западном направлении и смыкаются в Северном Прибалхашье с Токрауским массивом.

Пермские гранитоиды гранит-граносиенитовой формации слагают небольшие по размерам трещинные тела, приурочены исключительно к области проявления позднепалеозойского вулканизма в Илийской подзоне и локализуются вдоль зон разломов. Массивы имеют сложное строение и представлены следующим рядом пород: 1) габбро, габбро-диориты, монцониты, гранодиориты; 2) сиенито-диориты, граносиениты, сиениты; 3) лейкократовые и аляскитовые субщелочные граниты, гранит-порфиры, формирующие штоки и небольшие по размерам тела неправильной формы, а также кварцевые порфиры, слагающие экструзивные тела.

Как типовое для Южно-Джунгарской зоны ниже охарактеризовано месторождение *Коксай* (рис. 46). Оно расположено в пре-

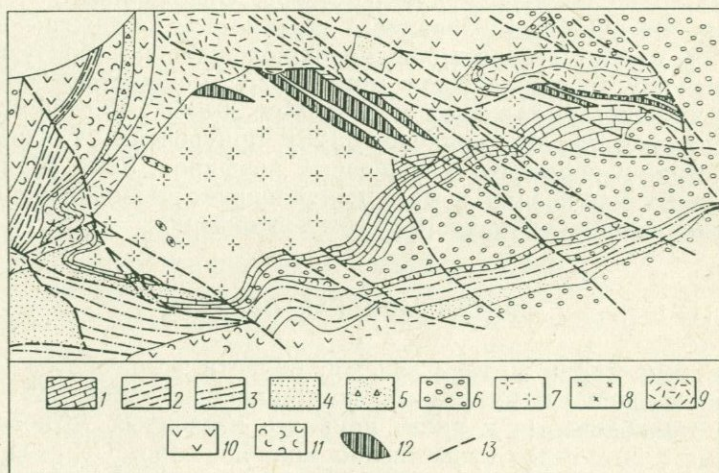


Рис. 46. Геолого-структурная схема месторождения Коксай, по М. М. Серикбаеву [126].

1 — известняки; 2 — доломитизированные алевриты; 3 — кремнистые сланцы; 4 — песчаники аркозовые и полимиктовые; 5 — туфопесчаники; 6 — конгломераты олигомиктовые и полимиктовые; 7 — плагиограниты; 8 — диориты, кварцевые диориты; 9 — кварцевые порфиры, их туфы; 10 — роговообманковые, пироксеновые порфириты, плагиопорфириты, их туфы; 11 — пепловые туфы; 12 — медное оруденение; 13 — разрывные нарушения.

делах крупного тектонического блока известняково-кремнисто-терригенных пород, слагающих геоантиклинальное поднятие в пределах геосинклинального прогиба, выполненного ниже-среднекаменноугольными отложениями андезит-дацит-липаритовой молассовой формации.

В районе месторождения силурийские отложения, по данным М. М. Серикбаева [126], представлены известняками, пепловыми туфами, кремнистыми сланцами, алевролитами, песчаниками, конгломератами и развиты главным образом вдоль южного обрамления массива. Небольшие останцы силурийских известняков сохранились также в северной экзоконтактовой зоне гранодиорит-порфиоров и в пределах интрузива. Силурийские отложения слагают вытянутую в широтном направлении антиклинальную структуру, к ядерной части которой приурочен массив гранодиорит-порфиоров. На западе и севере гранодиорит-порфиры по зоне разломов граничат с ниже-среднекаменноугольной вулканогенно-осадочной толщей, сложенной переслаивающимися кварцевыми порфирами, андезитовыми порфиритами, туфами кислого и среднего состава, кремнистыми сланцами, песчаниками и конгломератами.

Важное значение в локализации молибденово-медного оруденения имеют разрывные нарушения северо-западного и субширотного направлений. Наиболее крупным из них является Северный Коксайский разлом субширотного простирания, ограничивающий массив гранодиорит-порфиоров с севера. Опережающие его разрывные нарушения северо-западного простирания сближены в центральной части массива гранодиорит-порфиоров и образуют зону повышенной трещиноватости гранитоидов мощностью 200—250 м с общим южным падением под углами 30—60°. К этой зоне, как подчеркивает М. М. Серикбаев [126], приурочены также дайки плагиогранит-порфиоров и дацитовых порфиоров. Зона сближенных разрывных нарушений и даек контролирует размещение и морфологию линейно вытянутого рудного штокверка.

### АЛТАЕ-САЯНСКАЯ ОБЛАСТЬ

На территории Алтае-Саянской области встречаются медные месторождения самых разных формационных типов. Из группы медно-молибденовых к числу наиболее изученных относятся известные с 50-х годов существенно молибденовое Сорское месторождение, подробно охарактеризованное в литературе, и открытое сравнительно недавно, в конце 60-х годов, медно-порфировое с молибденом месторождение Аксуг. Промышленное значение имеет также ряд средних по масштабу скарновых месторождений: от существенно медных (Пасельщик, Иттю) до существенно молибденовых (Балыксинское, Сосновское). Однако наиболее широ-

ко распространены комплексные молибденово-медно-железорудные месторождения, основное значение в рудах которых имеют медь и молибден.

Положение зоны, в которой находится Аксугское месторождение и ряд молибденово-медных рудопроявлений близкого типа (Уюк и др.), определяется в региональном плане приуроченностью к ранне-среднедевонскому интрузивно-вулканогенному поясу, сформировавшемуся в орогенную стадию развития каледонской геосинклинали. Девонские вулканические породы перекрыли резко неоднородное основание. Как подчеркивает Б. Н. Лапин [70], девонский вулканизм был проявлен в Алтае-Саянской области в межгорных впадинах или наложенных и унаследованных прогибах с геосинклинальным режимом осадконакопления и отличался большой пестротой состава вулканического материала.

На отдельных участках вулканические породы перекрыли геантиклинальные поднятия, сложенные широко развитыми в пределах выделенной зоны докембрийскими и раннепалеозойскими породами, представленными мощными (до 1—2 км) толщами пород спилито-кератофировой, спилито-диабазовой, кварц-кератофировой формаций.

Учитывая значительные площади совмещения на территории Алтае-Саянской области ранне-среднедевонского орогенного магматизма и кембрийско-силурийского инициального вулканизма, представленного спилито-кератофировой формацией, широкое развитие докембрийских и раннепалеозойских блоков фемического типа, в пределах которых орогенный магматизм проявился дважды, а также принимая во внимание существенно медный профиль многих площадей этой территории, можно заключить, что по региональной геологической позиции территория девонского орогенного пояса является благоприятной для медно-порфиорового оруденения. Однако при этом следует иметь в виду, что при резко неоднородном строении обнаружение минерализации возможно здесь лишь в узко ограниченных участках (блоках).

Как типовое медно-порфиоровое месторождение Алтае-Саянской области ниже охарактеризовано месторождение Аксуг [2].

Месторождение *Аксуг* расположено в нескольких километрах к югу от Кандатского глубинного разлома субширотного простирания и непосредственно контролируется мощной зоной расщепленных пород, образование которой связывают с влиянием этого разлома (рис. 47).

Участок месторождения характеризуется двухъярусным строением. Нижний структурный ярус сложен интенсивно дислоцированными породами раннего кембрия: авгитовыми и плагиоклазовыми порфиритами, полосчатыми кремнистыми сланцами, претерпевшими зеленокаменное перерождение (хашсаринская свита) и прорывающими их плагиогранитами и диоритами (таннуольский

комплекс). Севернее месторождения Аксуг широко развиты породы неоднородного по составу ольховского диоритового комплекса. Верхний структурный ярус сложен породами среднего девона, залегающими на породах кембрия (нижний ярус) с резким угловым несогласием.

Следует отметить, что интрузивные породы ( $D_1?$ ), приуроченные к нижнему структурному ярусу, наложившись на уже консолидированный кембрийский фундамент. В расположении интрузивных тел, имеющих субширотное простирание, не устанавливается подчиненности кембрийским структурам. Предполагают, что они контролируются более поздними региональными дизъюнктивными нарушениями, в первую очередь Кандатским разломом.

Пространственно месторождение связано с малыми интрузиями гранит-порфиров и кварцевых порфиров (послераннедевонского возраста). Вопрос о верхней возрастной границе интрузий и связанного с ним оруденения остается открытым.

Прожилково-вкрапленное молибденово-медное оруденение развивается как в интрузиях, так и во вмещающих их породах экзоконтактной зоны. Процессы оруденения сопровождаются окварцеванием, серицитизацией, особенно интенсивно проявленными в зонах дробления и рассланцевания. Максимально измененные участки сложены существенно кварцевыми и серицит-кварцевыми метасоматитами. Характерная ассоциация рудных минералов — халькопирит, пирит, менее распространенные — борнит, блеклые руды, молибденит.

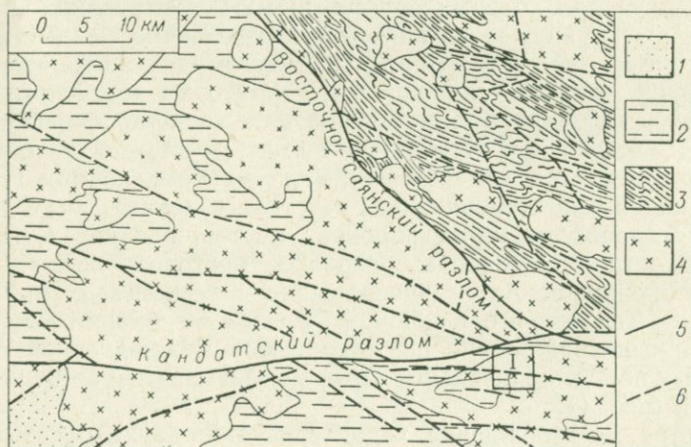


Рис. 47. Положение района Аксугского месторождения (1) по отношению к региональным структурам. Тектоническая основа по Н. Н. Стамборовскому [2]. 1 — герцинский структурный ярус; 2 — то же, каледонский; 3 — докембрийские складчатые сооружения; 4 — интрузивные массивы; 5 — глубинные разломы; 6 — прочие тектонические нарушения.

На территории Монгольской Народной Республики в последние годы открыт ряд медно-порфировых месторождений промышленного значения, выявлено большое число рудопроявлений этой формации и намечен ряд перспективных для поисков новых площадей.

Наиболее изученными в настоящее время являются два рудных узла: Эрдэнитуин-Обо в Северной и Цаган-Субарга в Южной Монголии. Приводимое ниже описание медно-порфировых месторождений Монголии дано по материалам М. Жамсрана, Д. Гармжава и Г. Сандуйжава [96].

Рудный узел Эрдэнитуин-Обо расположен в Северо-Монгольской металлогенической провинции, характеризующейся преимущественным развитием каледонских складчатых сооружений, составляющих южное продолжение разновозрастных образований Западного Забайкалья [78]. Границы как провинции в целом, так и отдельных областей и зон в ее пределах выражены достаточно отчетливо и в большинстве случаев совпадают с крупными разрывными региональными структурами глубинного заложения и длительного сквозного развития или соответствуют системам разломов более высоких порядков. Важно подчеркнуть, что на металлогенический облик Северо-Монгольской провинции существенное влияние оказали процессы тектоно-магматической активизации, проявившиеся в разное время в разновозрастных складчатых областях и чрезвычайно усложнившие в ряде случаев расшифровку истории геологического развития отдельных участков этой территории.

Например, в интересующей нас северной части провинции, где находится рудный узел Эрдэнитуин-Обо, раннекаледонские структуры оказались интенсивно переработанными герцинскими и особенно позднепалеозойскими — мезозойскими процессами тектоно-магматической активизации. Геотектоническое положение рудного узла Эрдэнитуин-Обо отражено на схеме (рис. 48).

Рудный узел Эрдэнитуин-Обо расположен в пределах Орхоно-Селенгинского пояса, в той его части, где вулканические породы перекрывают краевую часть Тарят-Селенгинского поднятия каледонид.

Орхоно-Селенгинский пояс сложен разнообразными по составу породами, формировавшимися от позднего триаса до ранней юры. По составу породы варьируют от андезито-базальтов до липаритов. Широко распространенные интрузивные породы близкого возраста относятся в целом к габбро-диорит-гранодиоритовой формации и представлены преимущественно умеренно кислыми разновидностями: гранодиоритами, сиенит-диоритами и др., образовавшимися в поздние фазы внедрения. Породы более ранних фаз, имеющие значительно меньшее распространение, характеризуются

более основным составом. С магматическими породами именно этой формации связано медно-порфировое оруденение рудного узла Эрдэнитуун-Обо.

В строении складчатых сооружений Тарят-Селенгинского поднятия кроме верхнемезозойских — кайнозойских покровных образований принимают участие породы следующих комплексов: протерозойского геосинклинального, собственно орогенного, охватывающего места наряду с породами нижнего кембрия образования верхнего протерозоя, а также позднеорогенного и активизационного, среднепалеозойского и раннемезозойского комплексов. Благодаря неоднократному и длительному проявлению процессов тектоно-магматической активизации это геоантиклинальное поднятие приобрело сложное складчато-глыбовое внутреннее строение.

Особенно интенсивно процессы тектоно-магматической активизации проявились в раннемезозойское время, в результате чего центральная и восточная краевые части поднятия оказались перекрытыми вулканическими породами Орхоно-Селенгинского пояса. Наряду с формированием вулканических пород происходило образование внегессинклинальных трещинных интрузий. Следует отметить, что гранитоиды Тарят-Селенгинского поднятия существенно отличаются от интрузивных образований других частей провинции. В восточной части поднятия, например, включающей площадь рудного узла Эрдэнитуун-Обо, наряду с кислыми и субщелочными гранитоидами ранней фазы широко развиты более основные породы габбро-диоритового, а также монцититового ряда.

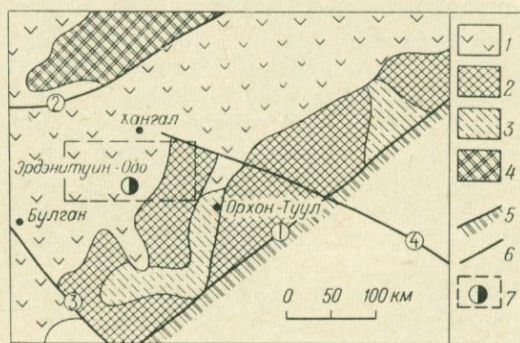


Рис. 48. Структурное положение района рудного узла Эрдэнитуун-Обо [96].  
 1 — позднепалеозойский — раннемезозойский вулканогенный пояс; 2 — Тарят-Селенгинское геоантиклинальное поднятие (каледониды); 3 — пригессинклинальный каменноугольный прогиб на каледонском основании; 4 — выступы байкальского фундамента, переработанные каледонской складчатостью; 5 — краевое Северо-Хэнтэйское геоантиклинальное поднятие; 6 — глубинные разломы (цифры в кружках: 1 — Байягольский, 2 — Селенгинский, 3 — Хушутыгольский, 4 — Харинский); 7 — молибденово-медное месторождение Эрдэнитуун-Обо и одноименный рудный узел.

Породы метаморфических комплексов, слагающие Тарят-Селенгинское поднятие, выходят на поверхность среди более молодых, преимущественно вулканогенных образований в виде обособленных тектонических блоков, а в пределах рудного узла встречаются в виде крупных ксенолитов в интрузивных породах.

В настоящее время в районе рудного поля Эрдэнитуин-Обо к северо-западу, северо-востоку и югу от него в радиусе 25—60 км обнаружен ряд объектов с медной и молибденово-медной минерализацией (рис. 49). По своей структурной позиции, характеру связи с вулканогенно-интрузивными образованиями, минеральному составу и другим особенностям эти объекты близки между собой и, видимо, относятся к той же медно-порфировой формации, что и месторождение Эрдэнитуин-Обо. Непосредственно для района месторождения характерно отчетливо выраженное двухэтажное строение. Нижний структурный этаж представлен интенсивно дислоцированными и сильно метаморфизованными образованиями преимущественно силурийского возраста, а также эффузивными и терригенными породами нижней перми (?). Этот комплекс осложнен разрывной тектоникой и интрузивирован небольшими телами габбро, диоритов и крупными массивами ранне- и позднегерцинских гранитоидов. Верхний структурный этаж сложен позднепермским и триасово-юрским комплексом эффузивных вулканогенных пород и близкими по возрасту интрузивными гранитами, гранодиоритами, сенинтами и др., с которыми пространственно связано молибденово-медное оруденение.

Месторождение Эрдэнитуин-Обо расположено в пределах одноименного массива в зоне крупного тектонического нарушения северо-западного простирания. Этот интрузив сложен разнообразным по составу комплексом пород: средне- и мелкозернистыми

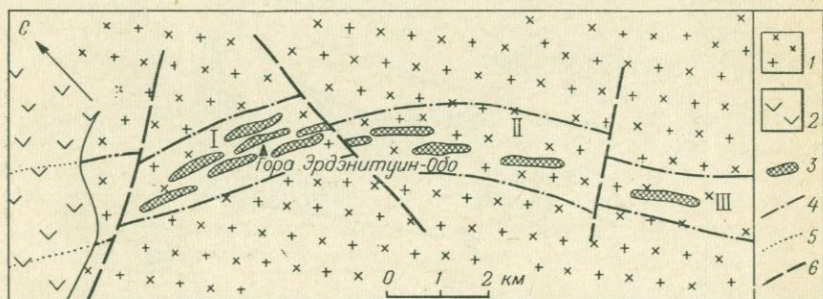


Рис. 49. Схема расположения участков с молибденово-медной минерализацией в пределах рудного поля Эрдэнитуин-Обо [96].

I—III — рудные участки (I — Северо-Западный, II — Центральный, III — Юго-Восточный). 1 — гранитоиды интрузива сложного строения, в пределах которого преобладают гранодиориты; 2 — поля развития эффузивов; 3 — дайкообразные тела гранодиорит-порфиров; 4 — установленные контуры рудного поля; 5 — предполагаемое продолжение рудного поля; 6 — поперечные разломы.

гранитами, плагиогранитами, гранодиоритами и сиенитами. Широко представлена здесь также дайковая серия пород: гранодиорит-порфиры, диоритовые порфириты, гранит-порфиры, аплиты и сиенит-порфиры. В апикальной части интрузива и во вмещающих его породах на протяжении 16 км прослеживается зона интенсивной трещиноватости северо-западного простирания с видимой мощностью до 1,5 км. Эту зону рассматривают как оперяющую по отношению к крупной дизъюнктивной структуре, расположенной северо-восточнее массива Эрдэнитуин-Обо. В пределах зоны широко развиты дайки, породы интенсивно изменены гидротермальными процессами, местами большим распространением пользуются своеобразные брекчии, природа которых остается до сих пор дискуссионной. Оруденение в зоне тяготеет к наиболее трещиноватым и интенсивно измененным породам.

Цаган-Субаргинский рудный узел находится в Южно-Монгольской провинции, которая территориально совпадает с одноименной раннегерцинской складчатой системой (рис. 50). Характерной особенностью этой провинции в целом является широкое развитие в ее пределах зеленокаменных терригенно-кремнисто-вулканических формаций. Это дает основание предполагать, что она сформировалась на основе прогибов эвгеосинклинального типа.

В пределах провинции распространены породы следующих четырех комплексов: протерозойского складчатого основания (фундамента); ранне-среднепалеозойского геосинклинального; позднепалеозойского, местами включающего нижний карбон, собствен-

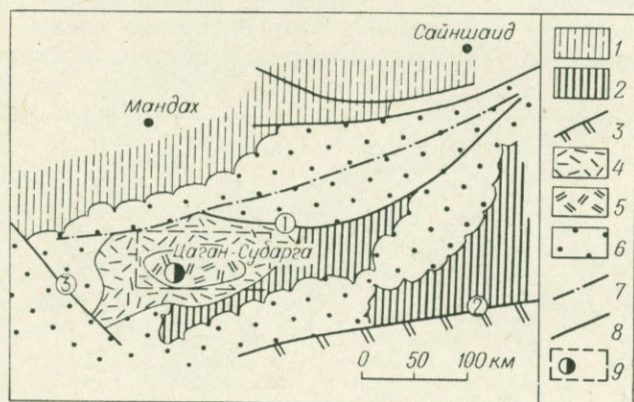


Рис. 50. Структурное положение района рудного узла Цаган-Субарга [96].

1 — внутригеосинклинальный вулканогенный прогиб; 2 — краевое Улан-Ульское геосинклинальное поднятие (герциниды); 3 — выступы байкальского фундамента (Тото-Шаньское поднятие); 4 — верхнепалеозойская вулканогенная зона; 5 — каменноугольная наложенная мульда; 6 — мезозойские терригенные впадины; 7 — границы ареала мезозойской активизации; 8 — глубинные разломы (цифры в кружках: 1 — Баргобинский, 2 — Улан-Бадрахинский, 3 — Аргалантуинский); 9 — молибденово-медное месторождение Цаган-Субарга и часть одноименного рудного узла.

но орогенного и раннемезозойского орогенно-активизационного. Рассматриваемая провинция характеризуется четко выраженным зональным строением, которое подчеркивается главными структурными элементами этой территории: Северным и Южным краевыми геосинклинальными поднятиями и разделяющим их Центральным внутригеосинклинальным прогибом.

Цаган-Субаргинский рудный узел расположен в Южной геосинклинальной зоне, в краевой части Улан-Ульского поднятия на границе с Центральным (Сайшандинским) геосинклинальным прогибом, выполненным разновозрастными эффузивными образованиями (см. рис. 50).

В связи с одновременностью проявления главных инверсионных движений в указанных выше структурах (на границе девона и карбона в краевых геосинклинальных поднятиях, между ранним и средним карбоном в осевом геосинклинальном прогибе) одновременно началось также формирование орогенных формаций и соответствующих интрузивных комплексов. С интенсивно проявившимися раннегерцинскими тектоническими движениями в конце девона связано формирование сложного комплекса раннеорогенных гранитоидов, проявившегося только в пределах краевых поднятий.

В южной части рассматриваемой провинции в Улан-Ульском и Гоби-Тянь-Шаньском поднятиях девонские интрузии часто тесно ассоциируют с разновозрастными вулканогенными образованиями и относятся к габбро-диорит-гранодиоритовой формации. В строении крупных массивов, нередко группирующихся в близширотные протяженные пояса, преобладают мезократовые граниты и гранодиориты. Именно с этими интрузиями некоторые исследователи склонны связывать молибденово-медную минерализацию. Однако пространственная близость интрузивных пород и оруденения не может однозначно доказывать их генетическую связь. Например, даже для наиболее хорошо изученного месторождения Цаган-Субарга возраст вмещающих оруденение гранитоидов остается спорным.

В стадию орогенного развития Южно-Монгольская провинция целиком вступила в конце раннего карбона, после замыкания последних геосинклинальных прогибов. Синхронно с образованием позднепалеозойских субсеквентных вулканитов происходит формирование комагматичных им позднекарбонных и раннепермских многофазных гранитоидных массивов, являющихся наиболее распространенными интрузивными образованиями рассматриваемой территории и образующих в целом непрерывный ряд формаций от габбро-диорит-гранодиоритовой до завершающей субвулканической гранитной.

С магматическими образованиями именно этой стадии большинство геологов связывают образование медно-порфировой минерализации, основываясь на изучении соотношений гранитоидов и

оруденения как непосредственно в пределах месторождения, так и в широких окрестностях в районе этого рудного узла.

На площади Цаган-Субаргинского рудного узла выделяется ряд более локальных структур: горст-антиклиналей и грабен-синклиналей. В ядрах грабен-антиклиналей обнажаются или глубоко метаморфизованные комплексы «цоколя», или рудовмещающие интрузивные массивы различной конфигурации, но преимущественно изометричные в плане. Как важную особенность истории развития широкой окрестности рудного узла следует отметить, что начиная с конца позднего карбона эта территория в целом характеризуется устойчивой тенденцией к воздыманию и являлась областью размыва, о чем свидетельствует отсутствие здесь пермских и триасовых образований. Начиная с ранней перми в районе преобладает наземная вулканическая деятельность, сопровождаемая трещинными гипабиссальными и субвулканическими интрузиями умеренно кислого состава. Эти же особенности геотектонического режима развития сохраняются и в раннем мезозое.

Для района Цаган-Субаргинского рудного узла, как и для зоны в целом, характерно отчетливо выраженное двухэтажное строение. Нижний структурный этаж представлен интрузивными породами преимущественно среднепалеозойского комплекса и осадочно-эффузивными образованиями карбона. Породы именно этого комплекса слагают ядро и крылья Цаган-Субаргинской горст-антиклинали, в пределах которой концентрируется большинство известных проявлений медно-порфировой минерализации (рис. 51). Верхний структурный этаж сложен позднепалеозойскими — мезозойскими вулканическими породами (главным образом

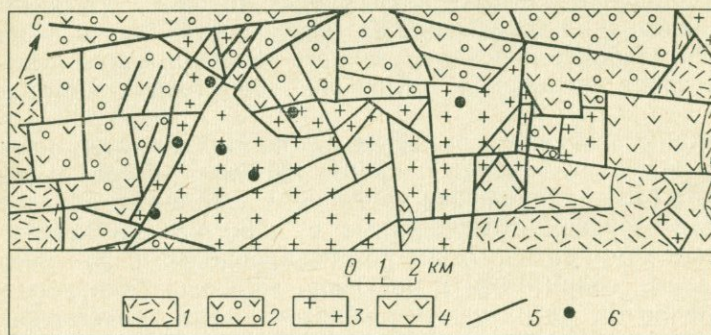


Рис 51. Схема расположения участков с молибденово-медной минерализацией в пределах рудного поля Цаган-Субарга [96].

1 — эффузивно-пирокластические образования меловых грабенов; 2 — вулканогенно-молассовые отложения карбона; 3 — сиенито-диориты, сиениты, граносиениты и гранодиориты северо-западной части массива Цаган-Субарга; 4 — вулканогенные толщи девона; 5 — разломы, ограничивающие микроблоки; 6 — рудные участки, контролируемые тектонически ослабленными зонами в эндоконтактовой части массива.

андезитовыми порфиритами и их туфами), перекрывающими с резким угловым несогласием породы нижнего структурного этажа. Непосредственно в пределах рудного узла на современном эрозионном срезе вулканические породы сохранились в горст-антиклинальных структурах лишь в виде небольших нашлапок. Более широким распространением они пользуются в участках сочленения горст-антиклиналей и горст-синклиналей.

Строение района осложнено разрывными нарушениями обычно высоких порядков, относящимися к различным системам. Рудный узел в целом находится в зоне влияния крупного Баргобинского разлома. Цаган-Субаргинское рудное поле охватывает северную, северо-восточную и юго-западную периферические части одноименного массива, приуроченного к ядру горст-антиклинали (см. рис. 51). Массив сложен гранодиоритами, сиенито-диоритами, переходящими на отдельных участках в граносиениты. В пределах массива широко распространены дайки, которые концентрируются в виде двух локальных обособленных субширотных поясов: северного (дайки аплитов, сиенит-порфиров, микродиоритов, не выходящие за пределы массива) и южного (дайки плагиоклазовых порфиритов и альбитофиров, встречающиеся как в пределах массива, так и в породах зоны экзоконтакта). Наряду с дайками распространены также штокообразные тела разнообразного состава. К наиболее ранним образованиям относятся штоки мелкозернистых лейкократовых гранитов и гранит-порфиров неправильной и изометричной формы, площадь которых варьирует от нескольких десятков квадратных метров до 0,03 км<sup>2</sup>. Позднее были сформированы дайки кератофиров и аплитов, пересекающие как гранитоиды массива, так и вмещающие каменноугольные отложения в северной и северо-западных частях интрузива.

К весьма характерным образованиям, играющим важную роль в локализации оруденения, относятся тела эруптивных брекчий, размещение которых контролируется крупными разломами и участками их пересечения. Эруптивные брекчии образуют пластовые и трубообразные тела, локализованные в эндо- и экзоконтактовой зонах массива. В составе обломков установлены эффузивы и туфы, аналогичные каменноугольным вулканогенным образованиям, а также дайки сиенит-порфиров и альбитофиров. Обломки эффузивных и интрузивных пород сцементированы катаклазированной, интенсивно окварцованной, хлоритизированной и карбонатизированной основной массой.

Особенности структуры Цаган-Субаргинского рудного поля определяются широким развитием разрывных нарушений нескольких систем. Ведущее значение для локализации молибденово-медного оруденения имеют нарушения северо-восточного простирания, особенно в участках пересечения их с разломами субширотной системы. Именно эти две системы контролируют также размещение даек и гидротермально измененных пород.

Молибденово-медное оруденение локализовано преимущественно в сиенито-диоритах и гранодиоритах Цаган-Субаргинского массива, а также устанавливается в позднепалеозойских аплитовидных гранитах и телах эруптивных брекчий. Рудовмещающие породы в участках проявления минерализации претерпели интенсивные гидротермальные изменения. Наиболее широкое площадное распространение имеет калишпатизация, которая представлена в пределах всего массива линейными зонами северо-восточного простирания. Молибденово-медное оруденение непосредственно не связано с зонами развития калишпатизированных пород, которые распространены в пределах массива значительно шире, чем рудная минерализация. Более подчиненное значение, преимущественно в участках с молибденово-медным оруденением, имеют процессы альбитизации, серицитизации, окварцевания и карбонатизации.

Молибденово-медное оруденение локализуется в пределах массива в виде линейно вытянутых штоковерковых зон, из которых главным является штокверк Сэрвэн-Сухайт (рис. 52). Этот штокверк контролируется зоной трещиноватости северо-восточного

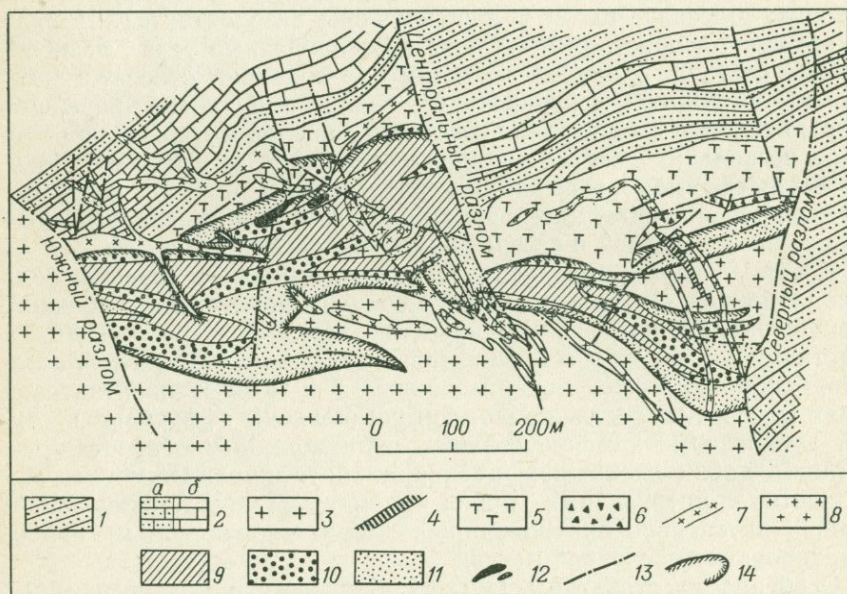


Рис. 52. Геологическая карта участка № 1 Сэрвэн-Сухайт месторождения Цаган-Субарга [96].

1 — песчаники нижнего карбона; 2 — известковые песчаники (а) и известняки (б); 3 — сиенито-диориты, гранодиориты; 4 — дайки диоритовых порфиров и габбро-порфиров; 5 — туфы андезитовых порфиров; 6 — тела эруптивных брекчий; 7 — дайки сиенит-порфиров и кератофиров; 8 — штоки лейкократовых гранитов; 9 — интенсивно оруденелые участки; 10 — слабо оруденелые; 11 — минерализованная зона; 12 — линзообразные кварцевые тела; 13 — тектонические нарушения; 14 — граница рудных тел.

простирается, приуроченной к контакту массива с эффузивно-пирокластическими породами андезитового состава, и залегает согласно с контактом под углом 37—53°. В пределах рудного штокверка Сэрвен-Сухайт обособляются два кулисообразно расположенных рудных тела, прослеживающиеся по простиранию на расстоянии около 2 км. Наиболее богатые руды сконцентрированы в пределах штокверка вдоль Центрального разлома и на контакте с нижнекаменноугольными отложениями (под экраном пород кровли).

Среди первичных рудных минералов участка Сэрвен-Сухайт преобладающими являются халькопирит, молибденит, пирит, которые встречаются как в маломощных кварц-серицитовых и кварцевых прожилках, так и в виде вкрапленности в хлоритизированной роговой обманке. В верхней части штокверка до глубины 20 м от поверхности, а в отдельных участках до 75 м развита зона окисления. Главными минералами здесь являются малахит, лимонит; второстепенными — азурит, окислы марганца, куприт, халькозин, провеллит, гематит и др. Ниже зоны окисления располагается зона сульфидных руд, в верхней части которой проявлены процессы вторичного сульфидного обогащения. Наряду с халькопиритом здесь встречаются халькозин, ковеллин и борнит. Глубина развития сульфидных руд с проявлением вторичного сульфидного обогащения колеблется в разных сечениях штокверка от 133 до 238 м.

## Глава IV

### ДРУГИЕ СКЛАДЧАТЫЕ ПОЯСА

До конца 50-х годов промышленная медно-порфировая минерализация палеозойского возраста была известна, по существу, только на территории СССР в пределах Урало-Монгольского пояса.

В начале 60-х годов медно-порфиновые месторождения этого возраста обнаружили на территории Монголии. Позднее появились описания палеозойского и более древнего медно-порфинового оруденения в Аппалачах [191], Восточной Австралии [176, 178], в районе озер Верхнее, Гурон в Канаде [163] и в других районах. Эти открытия значительно расширили возрастной диапазон проявления месторождений медно-порфировой формации и существенно видоизменили географию их размещения.

Месторождения палеозойского возраста, как следует из описания этого типа оруденения на примере Урало-Монгольского пояса, характеризуются многими особенностями, которые были отмечены для медно-порфиновых месторождений более молодых областей. Размещение их подчинено в целом тем же закономер-

ностям. Но в то же время более древние месторождения отличаются определенными специфическими чертами, которые частично отражены ниже.

### ВОСТОЧНАЯ АВСТРАЛИЯ

Выявленные на территории Восточной Австралии в Тасманийской складчатой области медно-порфировые месторождения сосредоточены в двух районах: Рокхамптоне (штат Квинсленд) и рудном поясе Лахлан (штат Новый Южный Уэльс). На примере последнего ниже охарактеризована медно-порфировая минерализация этой области (рис. 53). Пояс Лахлан представляет собой характерный тип палеозойской металлогенической провинции с широким развитием колчеданных, медно-порфировых, железорудных и золоторудных месторождений различных типов с отчетливо выраженной региональной зональностью в их размещении. Этот пояс интересен для сравнительного изучения медно-порфировых месторождений палеозойских складчатых областей, в первую очередь для сопоставления с Уралом.

По мнению австралийских геологов [176], рассматриваемая часть Австралии по геологическому строению наиболее близка к Уральской складчатой системе: меридиональная линейность структур, время геосинклинального развития и инверсии, смена с востока на запад эвгеосинклинальных зон миогеосинклинальными, развитие близких типов месторождений полезных ископаемых.

Главные типы пород, слагающие рудный пояс Лахлан, в основании разреза представлены (снизу вверх): основными вулканитами, криптокристаллическими меденосными кварцитами, кварц-хлорит-слюдистыми сланцами, граувакками и филлитами. Эти породы перекрыты в восточной части андезитами, андезито-дацитами ордовика. Вверху разреза ордовикских пород среди андезитов, туфов, сланцев располагаются стратиформные гематит-магнетитовые месторождения и колчеданные пиритовые залежи. В восточной части пояса породы ордовика представлены кислыми вулканитами: дацитами, риолитами, сменяющимися вверху мало мощными алевритами с прослоями песчаников. К ним приурочены стратиформные колчеданные залежи (медь, цинк, свинец). В западной части пояса в основании широко развиты конгломераты, сменяющиеся выше по разрезу мощными пачками алевритов (турбидиты). В этой толще залегают основные медно-свинцово-цинковые месторождения (Кобарская зона). Породы девона представлены в восточной части дацитовыми порфирами, субвулканическими дацитовыми порфирами, кварц-полевошпатовыми порфирами, гранит-порфирами, с которыми ассоциируют медно-порфировые месторождения. Таким образом, снизу вверх по разрезу возрастает значение аргиллитов, песчаников, уменьшается роль

вулканитов. Для последних характерно постепенное раскисление снизу вверх. Вместе с тем последовательно снизу вверх по разрезу изменяется тип и метальность оруденения: Fe—Fe-Cu—Cu-Zn-Pb—Cu-Zn-Pb-Au—Cu-Mo-Au.

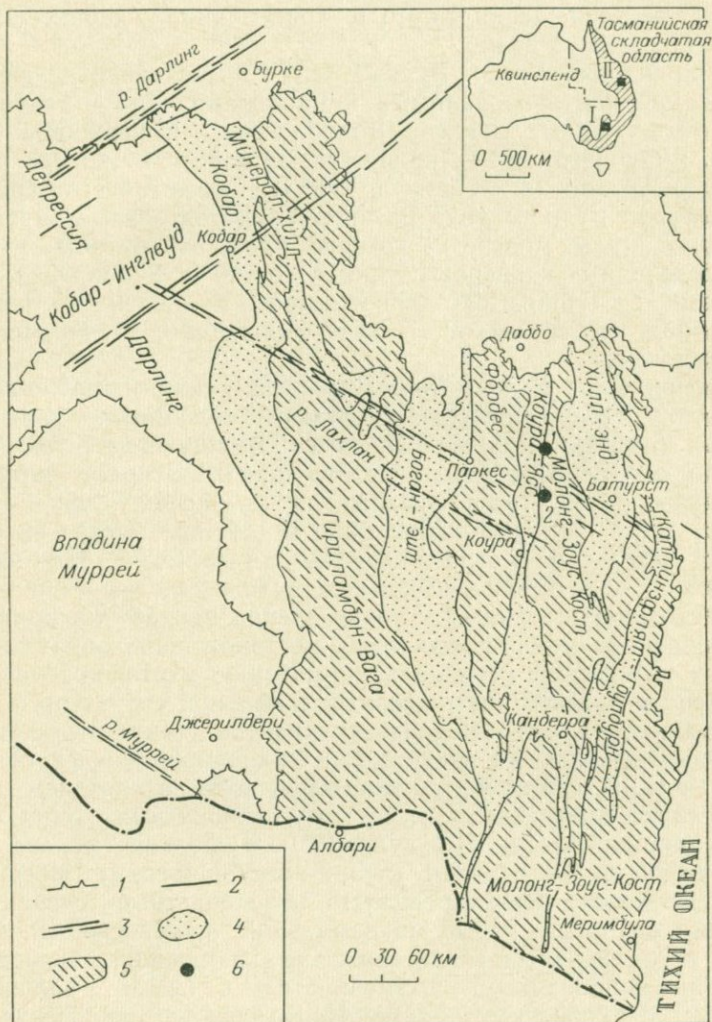


Рис. 53. Размещение медно-порфировых месторождений рудного пояса Лаклан по отношению к региональным структурам, по Н. Макхаму [176].

I — пояс Лаклан; II — район Рокхэмптон.

1 — трангрессивная граница; 2 — границы структурных единиц; 3 — линеаменты; 4 — синклиналильные зоны; 5 — антиклиналильные; 6 — медно-порфировые месторождения (1 — Коппер-Хилл, 2 — Карго).

Геологические данные позволяют рассматривать золото-свинцово-цинково-медное оруденение Кобарской синклинальной зоны, медно-порфировую с золотом и молибденом минерализацию геантиклинальных зон и полиметаллически-колчеданное оруденение западной полосы как примерно синхронные ( $D_2$ ?).

Типичными медно-порфировыми месторождениями этой зоны являются месторождения Карго и Коппер-Хилл, характеристика которых приводится ниже.

Месторождение *Карго*. Рудные тела представлены окварцованными пропилитизированными монцонитами ( $D_2$ ) с вкрапленностью халькопирита, пирита, молибденита. Содержание меди 0,2—0,4, молибдена 0,01%, присутствуют золото и серебро. Оруденение разведано на глубину до 300 м. Масштаб его средний. На периферии рудного поля развиты самостоятельные кварц-золоторудные жилы, многие из которых ранее отработаны в виде узких щелевидных карьеров глубиной до 100 м. В образцах керна из скважин с глубины 200—300 м широко проявлена калишпатизация пород, что сближает это месторождение с типичными медно-порфировыми.

Месторождение *Коппер-Хилл* относится также к медно-порфировому типу. Приурочено оно к двухфазному штоку дацитовых порфиров (дациты II более калиевые). Вмещающие шток ордовикские породы — андезиты, андезито-дациты. Возраст интрузивных дацитов и зон гидротермального изменения — девон [385—340 млн. лет (?)]. Содержание меди в общей массе низкое — 0,15%; в отдельных обогащенных гнездах до 1,43%. На некоторых участках отмечается высокое содержание золота.

Представляется важным с точки зрения разработки критериев прогнозирования медно-порфировых месторождений обратить внимание на интересную региональную позицию месторождения. Оно приурочено к краевой части геантиклинальной структуры и залегает среди основных — средних вулканитов (андезито-дацитов), прорванных девонскими экструзиями гранодиорит-порфиров, дацитов I и II. В соседней синклинальной зоне в позднем ордовике — силуре происходило отложение карбонатных толщ, алевролитов, проявлялся кислый вулканизм, в среднем девоне продолжался кислый вулканизм (кварц-полевошпатовые порфиры), в позднем девоне формировались красноцветные песчаники с прослоями сланцев. Зоны максимальной рудоносности (медь, золото) и интенсивных гидротермальных изменений (кварц-хлорит-серицит-карбонатных) размещаются в виде полукольца вокруг менее рудоносных дацитов II. Во внешней периферической зоне возрастает роль бедной полиметаллической минерализации.

В целом Коппер-Хилл среднее по масштабам месторождение бедных медно-порфировых руд. Оно представляет интерес с точки зрения анализа закономерностей формирования, связи с магматизмом, особенностей структуры, зональности рудного поля.

Медно-порфировые месторождения Аппалачей размещаются в ином по сравнению с рудным поясом Лахлан типе палеозойской металлогенической провинции, в пределах которой наблюдается переход от существенно медных месторождений порфирового типа к медно-молибденовым, молибденовым, вольфрамово-молибденовым, вольфрамово-молибденово-оловянно-бериллиево-висмутовым.

Изменение состава минерализации происходит на фоне направленного эволюционного изменения интрузивных пород, с которыми взаимосвязано оруденение: от кварцевых монцититов наблюдается переход к умеренным и кислым гранитоидам (гранитам, кварцевым порфирам и др.). Причем возраст существенно медной минерализации по геологическим данным более ранний — кембрийско-ордовикский, а молибденовой — предположительно девонский. По времени формирования молибденовые месторождения относятся к посттектоническому периоду. Медные и молибденовые месторождения, взаимосвязанные с близкими сериями пород, располагаются в пространственно разобщенных зонах (рис. 54).

Основываясь на работе В. Холлистера и др. [191], ниже отметим некоторые характерные особенности медно-порфировых месторождений Аппалачей, которые отражают специфику их древнего палеозойского возраста. В отличие от других меднорудных провинций Американского континента (Перу-Чилийского пояса, Юго-Западных штатов США) медно-порфировые месторождения Аппалачей не обнаруживают взаимосвязи с вулканическими породами, синхронными по времени с минерализованными интрузиями.

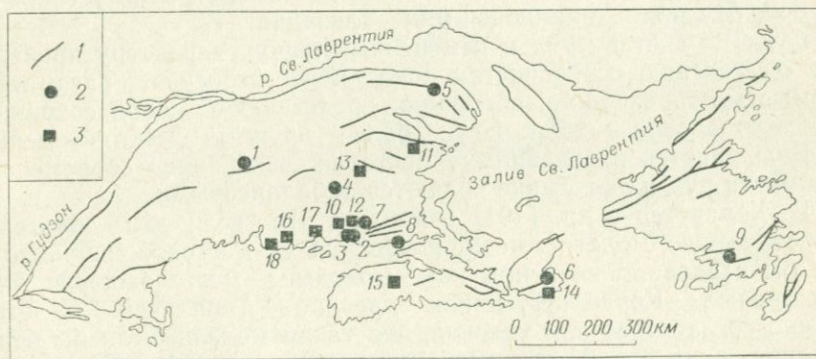


Рис. 54. Размещение медных, молибденово-медных и молибденовых месторождений северной части Аппалачского орогена [191].

1 — разломы; 2, 3 — месторождения (цифры на схеме): 2 — медно-порфировые (1 — Кетхарт-Селли, 2 — Кларкс-Лейк, 3 — Игл-Лейк, 4 — Вудсток, 5 — Гаспе, 6 — Маринер, 7 — Эвандейл, 8 — Альма, 9 — Ранконтр-Ист), 3 — молибденовые (10 — Маунт-Плезант, 11 — Пабино, 12 — Сквейр-Лейк, 13 — Бернт-Хилл, 14 — Габарус-Бей, 15 — Нью-Росс, 16 — Катерин, 17 — Купер, 18 — Кадиллак).

Гидротермально измененные породы в большинстве месторождений представлены только зоной калишпатизации, которая располагается концентрически вокруг неизмененных порфировых интрузий. По составу это ортоклаз-микроклиновые метасоматиты с тем или иным количеством биотита, хлорита, эпидота. В ряде месторождений Аппалачей наряду с зоной калишпатизации развита зона пирит-кварц-серицитовых изменений.

Минеральный состав руд медно-порфировых месторождений очень простой. Наиболее распространенный минерал халькопирит, в некоторых месторождениях встречается борнит, относительно редко отмечаются энаргит, тетраэдрит и другие сульфиды. Единственный молибденовый минерал — молибденит. В месторождениях Аппалачей значительно в меньшем количестве, чем в Кордильерах, распространен пирит. Для месторождений не характерны супергенные концентрации меди.

В большинстве медных месторождений сульфиды представлены преимущественно вкрапленностью в калишпатовой зоне, в меньшей степени прожилками в зоне пирит-серицит-кварцевых изменений. Обычно это бедные руды с содержанием меди 0,25, молибдена 0,01%.

В месторождениях проявлена зональность с обособлениями зон с молибденовой и медной минерализацией. В месторождениях Ранконтр-Ист, Кэтхарт-Селли, Маринер, Игл-Лейк отмечается горизонтальная зональность: в центре зона с молибденовой минерализацией, по периферии с медной; в месторождении Гаспе проявлена вертикальная зональность, выражающаяся в повышении концентрации молибдена с глубиной. В Аппалачах известно лишь несколько месторождений, в которых во внешней зоне установлены ореолы свинцово-цинковой минерализации.

Судя по составу руд и измененных пород, характеру проявления оруденения, особенностям зонального строения, рассматриваемые месторождения, возможно, представляют собой сохранившиеся от эрозии нижние части более крупных месторождений.

Большинство разведанных месторождений при современной стоимости руд и экономике являются забалансовыми.

В. Холлистер и др. [191] отмечают, что если бы создавать теоретическую модель медно-порфировых месторождений, то в нее бы следовало включить как молодые — месторождения Анд, как зрелые — Кордильер, и как древние — Аппалачей. С этим можно согласиться при условии, что такая модель была бы справедлива лишь для Американского континента, но неприемлема, например, для Урало-Монгольского пояса.

#### ОЗЕРО ВЕРХНЕЕ (КАНАДА)

Как медно-порфировое оруденение возможно докембрийского возраста ( $1070 \pm 80$  млн. лет) описаны проявления прожилково-вкрапленной существенно медной минерализации, выявленные на

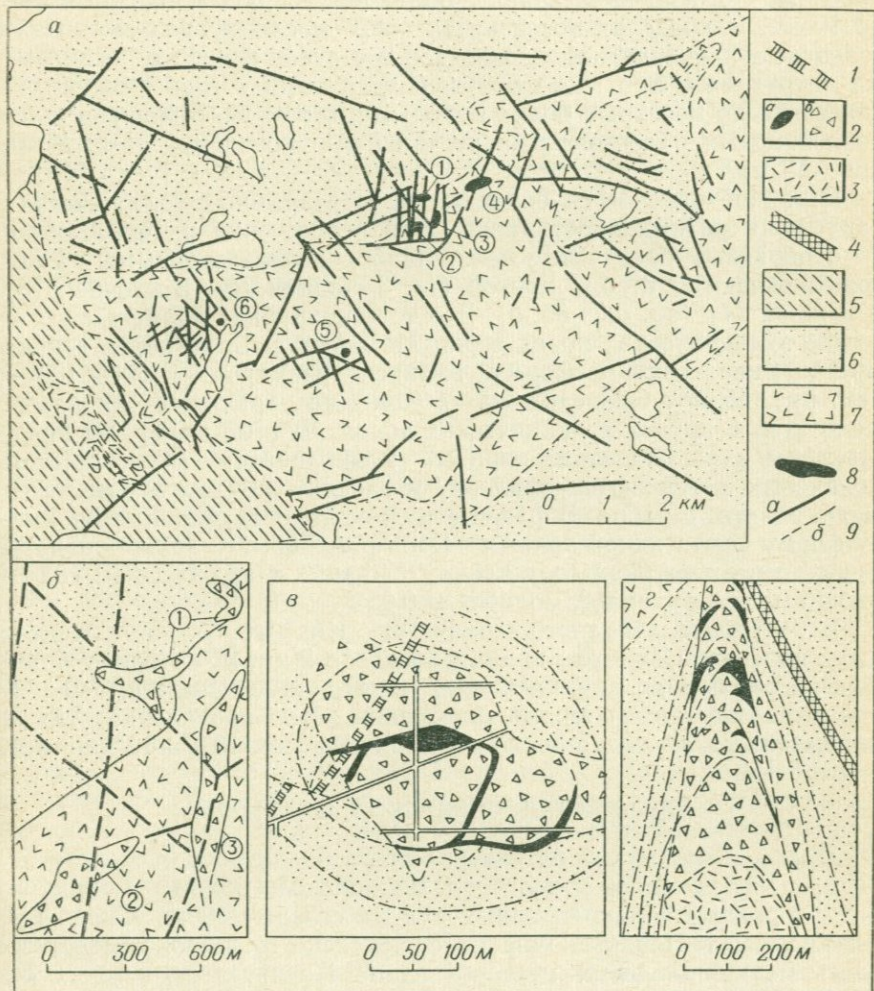


Рис. 55. Геологическая карта площади Батчевана (а) с более детальной схемой размещения на поверхности брекчиевых трубок (б), а также планом (в) и разрезом (з) трубки Бретон, отражающими распределение рудной минерализации по отношению к системам разломов [163].

1 — амигдалоидная дайка; 2 — брекчиевые трубки (цифры в кружках на а и б: 1 — Бретон, 2 — Западная, 3 — Южная, 4 — Восточная, 5 — Пальмер, 6 — порфир Джогран) и брекчи (на в и з); 3 — фельзитовые интрузии; 4 — диабазы; 5 — позднпротерозойские вулканические и осадочные породы; 6 — архейские граниты; 7 — архейские вулканические породы; 8 — рудная минерализация; 9 — разломы (а — главные, б — второстепенные).

западном берегу оз. Верхнего близ его слияния с оз. Гурон [163] (рис. 55).

Район располагается в пределах зеленокаменного пояса архея, прослеженного по простиранию более чем на 80 км при ширине до 10 км. В пределах пояса интенсивно дислоцированные метасадочные и метавулканические породы ассоциируют с основными интрузиями. Этот пояс окружен гранитами и гнейсами архея и несогласно перекрыт более молодыми, в том числе горизонтальными лежащими палеозойскими песчаниками, конгломератами и пр. (рис. 55, а).

В районе отмечается большое число разрывных тектонических нарушений разных простираний. При пересечении их образуются трубообразные брекчиевые тела, наиболее значительными из которых являются трубки Бретон (1), Западная (2), Восточная (3) и Южная (4) (см. рис. 55, б). Все четыре трубки размещаются в толще вулканических пород серии Мамайинкс. Брекчиевая трубка Бретон имеет в плане форму эллипса размером  $\sim 1500 \times 100$  м (см. рис. 55, в). Она сложена обломками гранитов, диабазов, фельзитов и других вулканических пород. Рудные минералы представлены халькопиритом, пиритом, молибденитом, в небольшом количестве встречаются сфалерит и галенит. Из руд извлекаются медь, золото, серебро. В разрезе рудное тело трубки Бретон имеет форму седловидной залежи (см. рис. 55, г). Общие запасы руды во всех трубках составляют  $\sim 40$  млн. т при среднем содержании меди в рудах 0,2, молибдена 0,05%.

В 6—7 км к запад-юго-западу от этих трубок обнажается шток порфиров Джогран диаметром около 2 км, к которому приурочена рассеянная вкрапленность пирита, халькопирита, молибденита, отмечается немного халькозина. Это проявление также описывалось как медно-порфировое с возрастом  $1070 \pm 30$  млн. лет.

### СЕВЕРО-ЗАПАД СИБИРСКОЙ ПЛАТФОРМЫ

Представляет большой интерес открытие в 1965 г. *Болгохтохского* месторождения — первенца молибденово-медных месторождений прожилково-вкрапленных руд на северо-западе Сибирской платформы, в Норильском районе, недалеко от широко известных здесь медно-никелевых месторождений. Поучительна история открытия месторождения, которое было обнаружено нефтяниками при разбурировании купола на нефть под чехлом рыхлых отложений (мощностью 60—80 м). В пределах выявленного по геофизическим данным купола здесь вскрыт шток гранитоидных пород диаметром 1,2—1,4 км с прожилково-вкрапленным молибденит-халькопиритовым, галенит-сфалеритовым и магнетитовым оруденением. Краткая характеристика Болгохтохского штока и связанного с ним оруденения приводится ниже по материалам М. З. Комаровой и Л. В. Макеевой (1977 г.) и М. З. Комаровой [62].

Региональное положение района месторождения не совсем ясно. Болгохтохский шток приурочен к краевой части Норильско-Вологодчанской мульды, к зоне регионального Богандинского разлома северо-западного простирания. Непосредственно шток контролируется сводовой частью брахиантеклинальной складки, крылья которой сложены ниже-, среднепалеозойскими карбонатно-терригенными, гипсоносными глинисто-карбонатными толщами, переслаивающимися с редкими пластообразными телами траппов. Шток образован пестрым по составу рядом пород, сформировавшихся в несколько фаз: I — граносиениты, сиенито-диориты, граносиенит-порфиры и др., гранодиориты, граниты, гранит-порфиры и др.; II — малые тела и дайки гранит-порфиров, граносиенит-порфиров, гранодиорит-порфиров; III — дайки аплитов и лампрофиров. Абсолютный возраст пород по биотиту  $183 \pm 10$  млн. лет.

Месторождение представляет собой типичный штокверк, приуроченный к зонам трещиноватых гидротермально измененных пород в краевых (эндо-эзоконтактовых и апикальных) частях Болгохтохского штока.

В пределах штока на основании данных опробования по бортовому содержанию меди (0,5%) и молибдена (0,02%) выделено две рудные зоны: Южная и Восточная. Мощность Южной зоны колеблется от 170 до 370 м, с глубиной она отчетливо возрастает. В пределах зон среди измененных пород выделяются отдельные более обогащенные рудными минералами участки, разделенные слабооруденелыми или безрудными породами. К наиболее распространенным типам гидротермальных изменений относятся калишпатизация, серицитизация, окварцевание в гранитоидных породах; скарнирование — гранатизация, развитие амфибол-полевошпатовых, флогопитовых, хлоритовых метасоматитов — в известняках эзоконтактовых зон. На флангах рудной зоны развита полиметаллическая сфалерит-галенитовая минерализация, переходящая с глубиной в пирит-борнит-халькопиритовую. В верхней части минерализованной зоны вскрыты массивные магнетитовые руды с горизонтами, обогащенными пирротинном.

Главные рудные минералы — халькопирит, молибденит; в подчиненном количестве встречаются борнит, блеклые руды, халькозин, самородная медь, ковеллин, галенит, сфалерит. Сопутствующие широко распространенные минералы — пирит, марказит, магнетит, пирротин; из нерудных широко развиты кварц, полевые шпаты, серицит, меньше амфибол, пироксен, хлорит.

По своим особенностям Болгохтохское месторождение совмещает в себе черты двух формаций: порфировой и скарновой. Из известных месторождений оно ближе всего к месторождению Речк в Венгрии, где в субинтрузивном штоке развито медно-порфировое оруденение, а в окружающем чехле скарнированных известняков — медная и полиметаллическая скарновая минерализация.

*Ялонварское* месторождение молибденово-медных прожилково-вкрапленных руд, расположенное на территории Карелии, представляет интерес в первую очередь как наиболее древнее из известных в настоящее время месторождений этого типа с абсолютным возрастом минерализации  $1800 \pm 100$  млн. лет [110]. Оно располагается в одноименном рудном поле, в пределах которого выявлена также серноколчеданная, молибденовая и полиметаллическая минерализация. Приводимое ниже краткое описание Ялонварского рудного поля основано на результатах работ Саблинской металлогенической партии ВСЕГЕИ 1973—1976 гг. (В. Е. Попов и другие).

В региональном плане положение Ялонварского рудного поля определяется размещением его в зоне сочленения жесткого блока архейского фундамента — Карельского массива — с Саво-Ладжской геосинклинальной зоной среднепротерозойского возраста. Рудное поле приурочено к узлу пересечения тектонических нарушений практически всех известных здесь систем: северо-восточной, северной, северо-западной и др. В более локальном плане Ялонварское рудное поле располагается в южной части Ялонварской грабен-синклинали субмеридионального простирания, заключенной между двумя блоками архейского фундамента.

Грабен-синклиналь выполнена вулканогенными породами основного состава: порфиритами с горизонтами туфолав и агломератовых туфов в основании (мощность 500—600 м). На порфиритах залегает пачка кварц-слюдяных сланцев по кислым туфам с маломощными прослоями андезит-дацитовых порфиритов, филлитовых сланцев и др. Среди вулканогенно-осадочных пород присутствуют относительно протяженные по простиранию тела габброидного состава, которые относятся к субвулканическим образованиям, синхронным с основными порфиритами.

Интрузивные породы Ялонварского рудного поля — порфиривидные плагиомикроклиновые граниты — слагают Ялонварскую интрузию грубоовальной формы размером  $2,5 \times 6$  км, вытянутую в северо-западном направлении. Таким образом, Ялонварское рудное поле сложено двумя комплексами пород: раннепротерозойской эффузивной толщей с подчиненным содержанием терригенных пород и прорывающими эту толщу интрузиями гранитного и диоритового состава. К пострудным образованиям относятся дайки диабазов и габбро-диабазов предположительно позднепротерозойского возраста, развитые по системе трещин северо-западного ( $305\text{—}310^\circ$ ) простирания. С юга и запада рудное поле ограничивают терригенные породы.

Гранит-порфиры, слагающие небольшие штокообразные тела в юго-восточной части Ялонварского массива, рассматриваются как сателлиты Ялонварской интрузии. Пространственно они тяго-

теют к тектонической зоне северо-западного простирания. Жильный комплекс представлен дайками плагиопорфиров, аплитовидных гранитов и гранит-порфиров. Диориты и плагиограниты выходят в краевой части Ялонварской интрузии, обрамляя ее с востока, а также в контактовой зоне блока Карельского массива в восточной части рудного поля.

В пределах Ялонварского рудного поля выделяют три типа молибденовой и медно-молибденовой минерализации, соответствующие трем стадиям рудоотложения. Первый тип — зона молибденового и медно-молибденового прожилково-вкрапленного оруденения среди кварц-сланцевых сланцев экзоконтактной зоны штока гранит-порфиров (в юго-восточной его части). Зона прослежена по простиранию на большом расстоянии. Молибденовая минерализация распространена во внутренней зоне, примыкающей к контакту тела гранит-порфиров, и сменяется во внешней зоне молибденово-медной. Молибденит рассеян в массе сланцев и образует нитевидные прожилки в ассоциации с кварцем. Средние содержания молибдена изменяются от 0,024 до 0,042%. Второй тип минерализации — это линейный штокверк молибденово-медных прожилково-вкрапленных руд (мощность до 20 м) в юго-восточном эндо-экзоконтакте Ялонварской интрузии порфировидных гранитов, представленный серией субпараллельных зон северо-восточного простирания. Содержание молибдена — сотые доли процента, меди — десятые. Третий тип минерализации — кварц-молибденовые проявления вдоль контакта интрузии гранодиоритов и агломератов нижнеялонварской подсвиты в северо-восточной части рудного поля с максимальным содержанием молибдена 0,18%.

## ГЛАВНЫЕ ФОРМАЦИОННЫЕ ТИПЫ МЕДНО-ПОРФИРОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

### Глава V

#### ОБЩИЕ ОСОБЕННОСТИ МЕДНО-ПОРФИРОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

В настоящей главе охарактеризован состав руд и гидротермально измененных пород медно-порфировых месторождений, рассмотрены особенности их зонального строения. Вместе с тем принята попытка подчеркнуть специфические черты, характерные для отдельных групп месторождений, что представлялось необходимым для их подразделения при разработке критериев прогнозирования.

Из сопоставления состава и зональности месторождений с особенностями их геологического строения следует, что они различаются также по условиям локализации оруденения. Это находит отражение во взаимосвязи месторождений с определенными геологическими формациями — магматическими, метасоматическими, рудными.

Наиболее характерные медно-порфировые месторождения, такие как Коунрад, Кальмакыр, Каджаран в СССР, Касл-Доум, Санта-Рита, Сильвер-Белл, Рей и другие в США, Чукикамата в Чили и им подобные, представляют собой типичные штокверки. Месторождения образуют сеть пересекающихся прожилков и рассеянной рудной вкрапленностью среди гидротермально измененных пород: окварцованных, серицитизированных, аргиллизированных, калишпатизированных, биотитизированных гранодиорит-порфиров, монцитит-порфиров и т. п.

Форма штокверков в плане может быть разнообразной. В большинстве случаев это изометричные тела (кольцевые, овальные или более сложные). Для многих месторождений характерны линейно вытянутые штокверки. В разрезе штокверки представляют собой столбово-, трубо-, конусообразные тела, могут иметь форму перевернутой пирамиды, разорванного кольца и т. п. Для ряда месторождений характерны пластообразные тела.

Рассматривая морфологию рудных тел медно-порфировых месторождений в целом, А. М. Бетман писал, что они представляют собой огромные пластообразные залежи, грубо параллельные рельефу земной поверхности и распространяющиеся на глубину в виде «протуберанцев» неправильной формы.

Рудная минерализация рассредоточена в большом объеме пород и распределяется в одних месторождениях довольно равномерно, тогда как в других обогащенные участки отчетливо контролируются зонами повышенной трещиноватости, наряду с которыми встречаются блоки слабооруденелых, обычно менее трещиноватых пород. Рудные тела, как правило, не имеют четких границ и постепенно переходят в слабоминерализованные и неизмененные породы с бедным, убогим и затем фоновым содержанием рудных элементов, характерным для данного района.

### Минеральный состав руд

Медно-порфировые относят к числу месторождений, характеризующихся крупными запасами, относительно низкими, но выдержанными содержаниями меди и молибдена в руде. Для типичных медно-порфировых месторождений средние содержания меди составляют 0,3—0,8, молибдена 0,005—0,05%. По соотношению меди и молибдена могут быть выделены как существенно медные (Салаватское — СССР, Бетлехем — Канада и др.), так и собственно молибденовые месторождения (Жирекен — СССР, Клаймакс — США, Эндако — Канада и др.). Для большинства медно-порфировых месторождений отношение содержания меди к молибдену попадает в интервал от 20 до 40. Эти цифры близки к отношению кларков указанных элементов в средних по составу породах.

Медно-порфировые месторождения отличаются также по ассоциациям сопутствующих элементов, представленных Fe, Pb, Zn, Au, Ag, Se, Te, Bi, Re, As, Sb и др.

Наиболее ценной примесью в рудах многих медно-порфировых месторождений является золото. Золото — постоянная примесь в рудах медно-порфировых месторождений Алмалыкского района, где содержание его коррелируется с концентрацией меди [38]. Причем установлено, что содержание золота в рудах уменьшается с увеличением глубины формирования месторождения [38]. Как характерный элемент золото отмечается во многих медно-порфировых месторождениях юго-запада Тихого океана [174]. По вариациям соотношений меди, молибдена и золота месторождения этого региона подразделяют на медно-молибденовые, медно-золотые и собственно молибденовые. Причем подчеркивается, что между золотом и молибденом наблюдается даже определенный антагонизм и пространственная разобщенность выделенных двух классов. Подробный обзор данных об элементах-примесях медно-порфировых месторождений приведен в работе В. С. Попова [111].

*Особенности минерального состава первичных руд.* В большинстве медно-порфировых месторождений устойчиво сохраняется состав первичных рудных минералов, что составляет одну из наиболее характерных особенностей этой группы. Рудные минералы

представлены относительно простой ассоциацией. Повсеместно распространены пирит, халькопирит и молибденит, в небольших количествах — сфалерит, галенит, часто встречается магнетит. В ряде месторождений наряду с халькопиритом распространены такие медные минералы, как борнит, энаргит, блеклая руда, халькозин. Количественные соотношения между минералами резко варьируют, но в большинстве месторождений пирита больше, чем халькопирита, и значительно больше, чем молибденита.

Для всех медно-порфировых месторождений характерно выделение рудных минералов в виде мелкой рассеянной вкрапленности и маломощных прожилков. На месторождении Кальмакыр, например, по подсчетам З. А. Королевой (1935 г.), преобладающее значение по количеству зерен имеет халькопирит с самыми мелкими размерами: 0,1—39, 0,1—0,2—44% от общего объема минерала. В месторождениях Юго-Западных штатов США по размерам зерна рудных минералов, рассеянных в породе, колеблются от точек, невидимых невооруженным глазом, до зерен диаметром 0,5 см; самые мелкие сульфидные частички едва различимы при увеличении в 100 раз [227].

Интересно подчеркнуть, что формирование морфологически разных типов минерализации (рассеянной, вкрапленной, прожилково-вкрапленной, жильной) происходит в определенной последовательности. Эта особенность, впервые отмеченная К. С. Газизовой [30] для Коунрадского месторождения, выдерживается также и на других месторождениях. Наиболее ранней является при этом рассеянно-вкрапленная минерализация, ореол распространения которой значительно шире площади рудного тела. Следующая по времени проявления — прожилково-вкрапленная, распространённая обычно в пределах контура рудного тела; еще позднее образуются жилы. К. С. Газизова считает рассеянно-вкрапленную, прожилково-вкрапленную и жильную минерализацию, различающиеся по широте проявления и составу сульфидных минералов, разными стадиями гипогенного этапа минерализации.

При сопоставлении молибденово-медных месторождений разных регионов обращает на себя внимание сохраняющаяся для большинства месторождений выдержанная последовательность отложения первичных рудных минералов и их ассоциации. На рис. 56 приводятся ряды последовательности минералообразования в молибденово-медных месторождениях, составленные с использованием данных многих авторов и соответствующие последовательности проявления стадий минерализации (или парагенетических ассоциаций).

Вопрос о стадийности проявления минерализации остается спорным. По мнению одних авторов, формирование медно-порфировых месторождений — многостадийный процесс, в котором в отдельных случаях выделяется до 10—12 стадий (Г. О. Пиджян, К. А. Карамян, С. Т. Бадалов, И. М. Голованов). По мнению дру-

гих (И. М. Юдин, С. Н. Гаврикова), правильнее говорить о последовательности проявления не стадий, а парагенетических ассоциаций. Однако последовательность образования различных рудных минералов сохраняется в ходе как единого направленного, так и пульсационного процесса. Наряду с этим существенное значение имеет и фациальная изменчивость, приводящая к единовременному (одноактному) образованию различных рудных парагенезисов в разных зонах месторождений, что показали С. Н. Гаврикова, И. М. Юдин [28] на примере изучения Коунрадского месторождения, А. П. Берзина [80] — при изучении Сорского месторождения и др. При этом основной принцип временной стадийной зональности соответствует, как правило, пространственной (фациальной) зональности.

Состав нерудных минералов, слагающих наряду с рудными самостоятельные прожилки, гнезда, а также метасоматические породы, отличается большим разнообразием и находится в прямой зависимости от состава вмещающих пород. К наиболее широко распространенным относятся кварц, серицит, ортоклаз, биотит, минералы группы каолина, в заключительной стадии рудного процесса широко развиты цеолиты, карбонаты, сульфаты.

*Особенности состава руд зоны окисления.* Во многих медно-порфировых месторождениях развиты мощные зоны окисления и вторичного сульфидного обогащения, определяющие в ряде случаев промышленную ценность месторождений, делающие их рентабельными для эксплуатации (Чукикамата, Коунрад, Сан-Мануэль, Сильвер-Белл [227] и др.).

Для месторождений, на которых хорошо выражена зона окисления, характерна зональность, представленная четырьмя обыч-

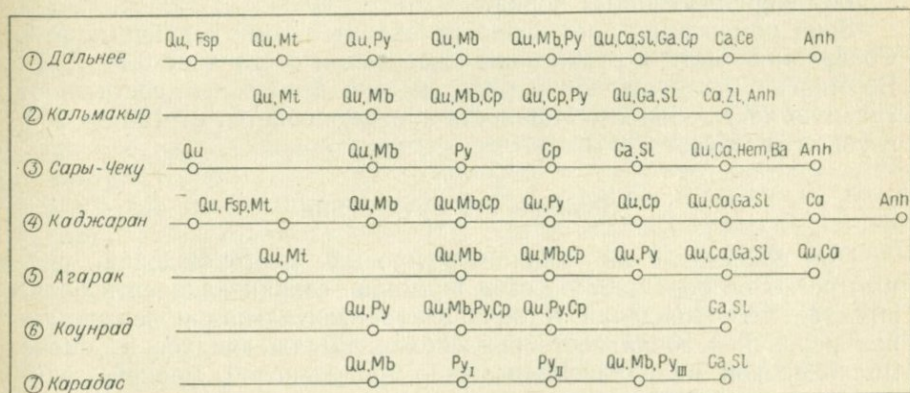


Рис. 56. Последовательность проявления стадий минерализации или парагенетических ассоциаций в молибденово-медных месторождениях.

По данным (цифры в кружках): 1, 3 — И. М. Голованова, 3. В. АLEXИНОЙ, 1967; 2 — С. Т. Бадалова, 1968; 4, 5 — Г. О. Пиджяна, 1968; 6, 7 — И. М. Юдина, 1966 г.

ными зонами: окисления, выщелачивания, вторичного сульфидного обогащения, первичных руд. Все эти зоны отчетливо проявлены, например, на месторождении Коунрад.

Интенсивность развития и степень сохранности зоны окисления определяется рельефом местности, климатическими условиями, быстротой эрозии. Зона выщелачивания характеризуется обычно убогим содержанием меди (0,1—0,3%), и в большинстве случаев породы не могут быть использованы как руда. В одних месторождениях зона окисления залегает под зоной выщелачивания, в других благодаря эрозии оказывается выведенной на поверхность. Главные новообразованные минералы зоны окисления — малахит, азурит, в некоторых месторождениях хризоколл. Зона окисления представляет промышленный интерес при содержании меди не менее 0,7—1%. Границы распространения зоны часто отличаются прихотливым характером: с глубиной наблюдается постепенное обогащение сульфидами, зона окисления сменяется зоной цементации. В большинстве месторождений глубина распространения зоны окисления составляет 40—50, реже доходит до 100 м. Интересно, что в самом крупном месторождении мира Чукикамате окисленные руды с содержанием меди 1,8% разведаны до глубины 200 м и составляют главную часть запасов. Зона вторичного сульфидного обогащения (цементации) располагается ниже зоны выщелоченных пород, окисления и иногда подзоны смешанных сульфидно-окисных руд.

Вторичное сульфидное обогащение происходит за счет выпадения меди из нисходящих растворов в восстановительной обстановке с образованием вторичных сульфидов, главным образом халькозина. Промышленные руды зоны цементации образуются только в пределах площади распространения первичных руд или слабоминерализованных пород.

Зона цементации постепенно переходит в зону первичных руд. Содержание меди в рудах зоны цементации составляет 0,7—1,5%. Во многих месторождениях руды именно этой зоны составляют главную часть запасов. Мощность зоны колеблется от 100 до 200, глубина достигает 300 м.

### Зональность оруденения

При сопоставлении медно-порфировых месторождений разных регионов обращает на себя внимание сохраняющаяся в большинстве месторождений устойчивая горизонтальная и вертикальная первичная зональность оруденения, выражающаяся в смене молибденовой минерализации медно-молибденовой, медной, свинцово-цинковой как в плане по направлению от центральной к периферической части рудных штокверков, так и по вертикали снизу вверх по восстанию рудных тел. Наиболее отчетливо зональность проявляется по отношению к контактам порфировых интрузий,

рудоконтролирующим разломам, зонам максимального дробления и проницаемости пород.

Зональное распределение минерализации вокруг штоков гранодиорит-порфиров наблюдается во многих месторождениях (Кальмакыр, Коунрад, Агарак, Бингем-Каньон и др.). На Кальмакырском месторождении, например, по данным А. В. Королева и С. Т. Бадалова [64], вокруг штока и частично в нем самом развиты интенсивно окварцованные породы с пиритом и гематитом; далее слабоокварцованные породы с пиритом, халькопиритом, золотом; в удалении от штока участки, более обогащенные молибденитом. Зональность месторождения соответствует ряду: Fe — Fe, Cu (Au) — Mo.

Во многих рудных полях зональное распределение минерализации отчетливо проявляется по отношению к рудоконтролирующим разломам: в Каджаранском рудном поле по отношению к Дебаклинскому разлому; в Алмалыкском — к Западно-Алмалыкскому и т. д.

Каджаранское рудное поле, например, характеризуется асимметричной зональностью, с четкой сменой оруденения по мере удаления от рудоконтролирующего Дебаклинского разлома [75]. Вдоль разлома проявлена наиболее ранняя магнетитовая минерализация, затем следует широкая медно-молибденовая зона, максимально обогащенная молибденом, далее от разлома — существенно медная; в наиболее удаленных частях, на флангах рудного поля местами проявляется свинцово-цинковая минерализация, т. е. зональность соответствует ряду: Fe — Mo(Cu) — Cu (Fe, Mo) — Zn, Pb. По вертикали (снизу вверх по восстанию рудного тела) происходит смена руд в той же последовательности.

Для месторождения Агарак отчетливо выражено постепенное уменьшение с глубиной содержания меди и увеличение молибдена.

Для медно-порфировых месторождений Алмалыкского района И. М. Голованов и А. В. Цой [39], основываясь на проявлении максимального числа прожилков определенного состава, дают следующую обобщенную схему вертикальной зональности (сверху вниз): 1) барит, кальцит; 2) карбонаты (кальцит, доломит, анкерит), цеолиты (ломонтит, гейландит, десмин), гематит; 3) кварц, карбонаты (доломит, анкерит), пирит, полисульфидный парагезис (халькопирит, блеклая руда, галенит, сфалерит), самородные благородные металлы и их теллуриды; 4) кварц, ангидрит, магнетит, пирит, халькопирит, самородные благородные металлы; 5) кварц, ангидрит, халькопирит, молибденит; 6) кварц, ангидрит, молибденит; 7) кварц, ангидрит, молибденит, вольфрамит, шеелит.

Для медно-порфировых месторождений зональность является столь характерным и выдержанным признаком, что для всех месторождений ее можно представить одним (единым) рядом, выра-

женным через элементы (1), минералы (2) или парагенезисы минералов (3):

1) Fe — Mo (Cu) — Cu (Mo) — Cu, Fe, Au — Zn, Pb (Au, Ag);

2) Mt — Mb — Cr, En, Bo | — Py с (Au) — Si, Ga (Au, Ag);  
Py — (Cr) — Tn

3) KFsp — Mt | — | Qu — Mb |  
KFsp — Bt — Mt | — | KFsp — Mb | — Qu — Cr — Mb — Cr — Chl — Qu.  
Qu — Py

Ниже приводятся зональные ряды для типового медно-порфирового месторождения, полученные на основании обобщения материалов по месторождениям Северной и Южной Америки [204]:

Cr, Mb → Py → Si, Ga (Au, Ag) — по горизонтали (от центра к периферии);

Cr, Mb → Py или Py, Cr, Mb → Ga, Si (Au, Ag) — по вертикали (снизу вверх).

Для отдельных месторождений зональные ряды могут варьировать.

По типу зональных рядов медно-порфировые месторождения можно разделить на три основные группы.

Первая группа объединяет существенно медные месторождения типа Бетлехем с наиболее простым зональным рядом, характеризующимся сменой халькопирита пиритом при переходе от центральных к периферическим частям рудных тел. Во многих месторождениях этот ряд дополняется парагенезисом галенита + сфалерита, иногда с золотом и серебром, проявляющимся по периферии рудных тел или на флангах рудного поля. Близкий ряд зональности характерен и для другой группы существенно медных месторождений, также относимых исследователями к медно-порфировым, но отличающихся от них по геологическим условиям формирования.

Во вторую группу включены промежуточные по составу молибденово-медные и медно-молибденовые месторождения, для которых характерно совмещение в центральной зоне халькопиритовой и молибденитовой минерализации, сменяющейся пиритовым ореолом по периферии (Саффорд, Эспиранса, Коунрад и др.).

В ряде месторождений молибденовая и медная минерализация проявлены в разобщенных зонах: молибденовая в более центральной, медная ближе к периферии. Во внешних зонах многих месторождений, как и в первой группе, развивается свинцово-цинковая минерализация с золотом и серебром (Бингем-Каньон, Или и др.).

Третья группа объединяет собственно молибденовые месторождения и характеризуется развитием молибденита во внутренней, а пирита во внешней зонах (Клаймакс, Жирекен и др.).

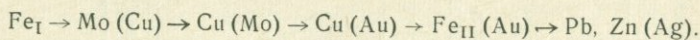
Наряду с перечисленными выше встречаются и более сложные случаи зонального строения, обусловленные развитием в пределах месторождений зон вторичного сульфидного обогащения или явлениями телескопирования оруденения, столь характерными для близповерхностных месторождений (например, месторождения Эль-Теньенте, Бьютт и др.).

Правомерность выделения указанных групп по особенностям их зональных рядов можно проиллюстрировать табл. 4, составленной на примере выбранных и расклассифицированных нами данных по зональности оруденения различных медно-порфировых месторождений США, Чили, Канады, систематизированных Д. Ловеллом и Д. Джилбертом [204].

Из сопоставления рядов зональности медно-порфировых месторождений следует, что они отличаются по интенсивности проявления начальных и конечных членов, но для всех рядов можно отметить одну общую закономерность: обогащение внутренних зон главными минералами и элементами, а внешних — второстепенными. По-существу, намеченные ряды зональности записаны по минералам-индикаторам, т. е. отражают лишь максимальную характерность того или иного минерала в пределах отдельных зон. Молибденит, например, может быть в разных зонах, однако в максимальных концентрациях он фиксируется во внутренней зоне, хотя содержание его в абсолютных единицах может быть значительно меньше, чем содержание пирита или халькопирита.

Вертикальная зональность, установленная на многих медно-порфировых месторождениях, характеризуется относительным возрастанием с глубиной роли молибдена по сравнению с медью, что является, видимо, общей закономерностью, не зависящей от абсолютного содержания этих металлов в данном месторождении и сохраняющейся во многих как молибденовых, так и медных месторождениях. Однако распространение оруденения на глубину не выходит обычно за пределы зон гидротермально измененных пород. На общем фоне концентрически или линейно зонального строения на ряде месторождений выделяются более локальные участки, обогащенные медью, молибденом, иногда свинцом, цинком и приуроченные к тектоническим трещинам.

Таким образом, и горизонтальную, и вертикальную зональность оруденения медно-порфировых месторождений суммарно можно описать одним общим рядом:



Существенно медные, молибденово-медные и собственно молибденовые месторождения различаются по полноте проявления начальных и конечных членов зонального ряда. Устойчивость проявления этого ряда в различных месторождениях может быть объяснена не только близостью физико-химических условий их

ТАБЛИЦА 4

## Зональные ряды рудных минералов молибденово-медных порфирировых месторождений Северной и Южной Америки

Группа месторождений	Последовательность зон развития главных рудных минералов (от центра)	Средние содержания в руде* (%)	
		меди	молибдена
Первая: Бетлехем Токепала Багдад Рей Сан-Мануэль Сильвер-Белл Касл-Доум Коппер-Ситиз	Bo → Cr → Py Cr → Py Cr → Py Cr → Py → (Ga, Si) Cr → Py → (Ga, Si, Au, Ag) Cu → Py → (Ga, Si, Ag) Cr → Py → (Ga, Si, Ag) Cr → Py → (Ga, Si, Ag)	0,6 0,3 (0,9) 0,5 (0,76) 0,8 0,75 0,3 (0,75) 0,5 (0,7) 0,4 (0,6)	0,025 (0,015)
Вторая: Санта-Рита Саффорд Эспиранса Инспирэйши Ахо Бингем Бьютт Или Эль-Теньенте Эль-Сальвадор	(Cr, Mb) → Py → (Ga, Si, Ag) (Cr, Mb) → Py → Au (Cr, Mb) → Py (Cr, Mb) → Py Mb → Cr → Py → Spec Mb → Bo → Cr → Py → (Ga, Si, Ag) Mb → Cr → Py → [Cc, En, Cr, Tn] — Ag (Cr, Bo, Mb) → Py → (Ga, Si, Au) (Cr, Py, Bo, Mb) → Py, Cr (Ga, Si, Ag) (Cr, Bo, Mb) → (Cr, Py) → Py → Spec	0,1 (0,97) 0,2 (0,5) 0,3 (0,51) 0,15—1,2 0,75 0,75 0,2 (0,8) 0,1 (0,9) 1,00 (2,25) (1,5)	0,028 0,007 0,05 0,05
Третья: Эндако Квеста Клаймакс	Mt → (Py, Mt, Mb) → (Mb, Cr, Py) → Py → Spec Mb → Cr, Py → (Ga, Si, Mb) Mb → Py → Wt		0,09 0,15—0,18 0,24

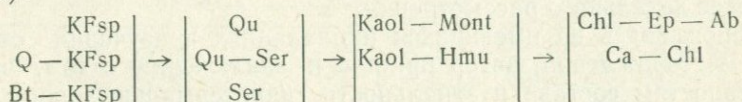
\* В скобках даны содержания в гипергенных рудах.

формирования, но и отмечавшейся выше устойчиво сохраняющейся в пределах многих месторождений последовательностью развития минерализации во времени.

### Гидротермально измененные породы

В медно-порфировых месторождениях интенсивно проявлены гидротермальные изменения вмещающих пород, охватывающие широкие площади, далеко выходящие за контуры собственно рудных тел. К наиболее распространенным в пределах этих месторождений относятся: кварцевые, серицит-кварцевые, калишпатовые (преимущественно ортоклазовые), кварц- и биотит-ортоклазовые, монтмориллонит-каолинитовые и другие типы метасоматитов. Различные по составу и степени переработки исходных пород метасоматиты слагают, как правило, концентрические или линейно вытянутые зональные тела, в которых заключена прожилковая и вкрапленная рудная минерализация.

Последовательность проявления зон, сложенных метасоматическими породами одинакового состава, выдерживается практически во всех месторождениях, что составляет одну из наиболее характерных особенностей этой группы. Для типичных медно-порфировых месторождений можно привести как характерный такой наиболее полно выраженный зональный ряд минеральных парагенезисов или фаций метасоматитов (от центральных зон к периферии):



Следует указать, что типичные для медно-порфировых месторождений фации метасоматических пород впервые были выделены на примере месторождений Юго-Западных штатов США С. Кризеем, К. Бернхамом. Такой подход получил распространение в работах других авторов. В обобщенном виде применительно ко всей группе медно-порфировых месторождений Юго-Западных штатов США данные по составу и зональности метасоматических пород суммированы в сводке Д. Ловелла и Д. Джилберта [204]. Подразделение метасоматических пород медно-порфировых месторождений в интерпретации указанных авторов приведено в табл. 5.

Из табл. 5 видно, что выделены, по существу, одни и те же минеральные парагенезисы измененных пород, но сгруппированы они по-разному. Однако в приведенных рядах нашли отражение далеко не все характерные для медно-порфировых месторождений типы измененных пород. Например, в СССР в медно-порфировых месторождениях Центрального Казахстана широко проявлены типичные фации вторичных кварцитов, в другой группе месторож-

ТАБЛИЦА 5

**Минеральные парагенезисы (фации) гидротермально измененных пород медно-порфировых месторождений**

Автор	Изменения пород от периферии к центру				
С. Кризей [171]	Пропилитовая фация	Аргиллизитовая фация			Калиево-силикатная фация
К. Бернхам [166]	Аргиллизитовая фация			Филлизитовая фация	
	Пропилитовый тип	Монтмориллонитовый тип	Каолинитовый тип	Мусковитовый тип	Биотитовый тип
Д. Ловелл, Д. Джилберт [204]	Пропилитовая зона	Аргиллизитовая зона		Филлизитовая зона	Калиевая зона

дений во внутренних зонах распространены пропилиты; в месторождениях Чили широко развиты турмалиновые метасоматиты.

Дискуссионность и неоднозначная трактовка ряда вопросов, касающихся метасоматических пород, определили необходимость их более детального рассмотрения.

Основываясь на имеющихся публикациях и изучении отдельных месторождений, автор пришла к заключению о том, что по особенностям состава и зональности гидротермальных пород, так же как и рудной минерализации, медно-порфировые месторождения можно подразделить на отдельные группы, достаточно характерные в своих крайних разновидностях.

Для довольно многочисленной группы, к которой могут быть отнесены многие крупные промышленные медно-порфировые месторождения в различных регионах мира (Кальмакыр — СССР, Цаган-Субарга — МНР; Санта-Рита, Сан-Мануэль, Сильвер-Белл, Рей, Минерал-Парк — Юго-Западные штаты США и др.), метасоматические колонки представлены следующим набором характерных фаций (от неизмененных пород к внутренней зоне):

Гранодиорит-порфиры, кварцевые монцитоны, сиенитодориты и др.	Пропилитовая	Монтмориллонит-каолинитовая	Серицит-кварцевая	Биотит-калишпатовая
	Chl, Ep, Ab, Ca	Kaol, Mnt, Qu, Ser, Chl	Qu, Ser, Py	KFsp, Bt, Qu, Ser, Anh

Зоны названы по ведущим минералам, наряду с которыми в каждой из них встречаются как реликтовые, так и новообразо-

ванные. Интенсивность и полнота проявления зон неодинакова для разных месторождений. Реально картируемые взаимоотношения между указанными зонами показаны на примере характерных месторождений этой группы (рис. 57 и 58).

Приведенный зональный ряд отражает последовательность расположения разных по составу зон как от центра к периферии, так и снизу вверх по восстанию тел. Полнота проявления отдельных зон этого ряда в отдельных месторождениях этой группы и даже на разных горизонтах одного месторождения может значительно варьировать, но последовательность сохраняется.

В ряде месторождений, например, слабо выражена или совсем не проявлена зона монтмориллонит-каолинитовых изменений, и в

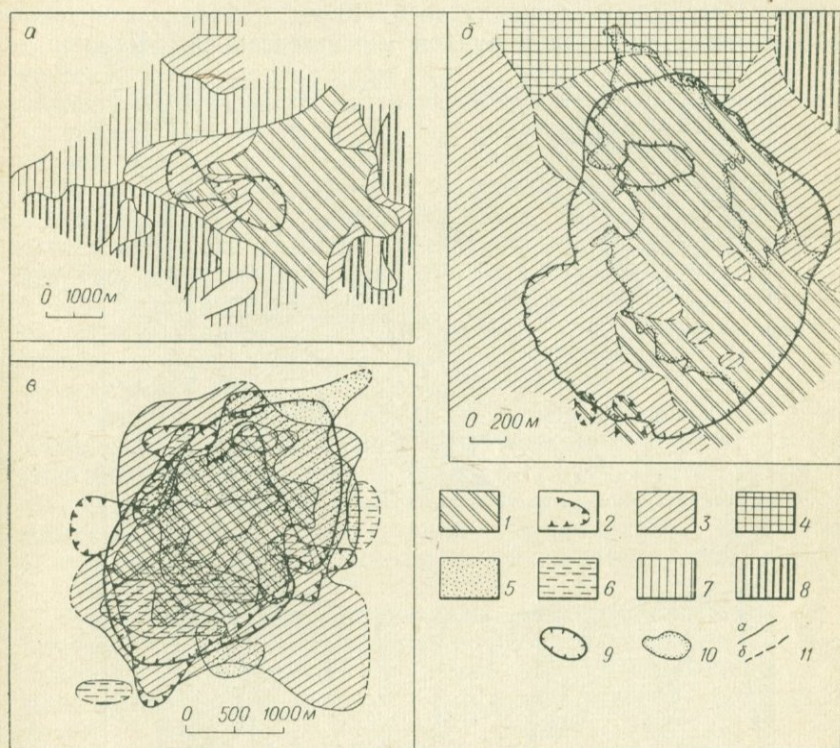


Рис. 57. Схемы распределения разнотипных гидротермально измененных пород в медно-порфировых месторождениях первой группы (плутоногенных). Составлены по данным Р. А. Метца, А. В. Розе, В. Петерса и др. [183].

Месторождения: а — Рей, б — Санта-Рита, в — Бингем.

1—7 — гидротермально измененные породы [1 — ортоклаз-биотитовые (на а и б) и биотитовые (в), 2 — ортоклазовые, 3 — серицит-кварцевые (на а) и серицитовые (на б и в), 4 — скарны, 5, 6 — аргиллизиты (5 — зоны развития каолинита, 6 — монтмориллонита), 7 — пропилиты]; 8 — неизмененные породы; 9 — граница карьера; 10 — контакт штока интрузивных пород; 11 — контакты пород прослеженные (а) и предполагаемые (б).

этом случае зона пропиловых изменений сменяется непосредственно серицит-кварцевой, а затем калишпатово-кварцевой или существенно калишпатовой (месторождения Бингем-Каньон, Инспирэйшн, Сары-Чеку и др.).

В других медно-порфировых месторождениях преобладают калишпатовые изменения, особенно интенсивно проявившиеся, например, на месторождениях Ахо, Сары-Чеку и др. Судя по имеющимся описаниям измененных пород месторождения Ахо, калишпатизация проявляется здесь как в ранне-, так и в позднещелочную стадии метасоматических процессов. Следует указать, что широкое развитие процессов ранней калишпатизации отмечается во многих массивах, в пределах которых локализуются медно-порфировые месторождения. Калишпатовые изменения проявляются на огромных площадях до 5—10 км<sup>2</sup> и более, значительно превосходящих площади с рудной минерализацией. Калишпато-

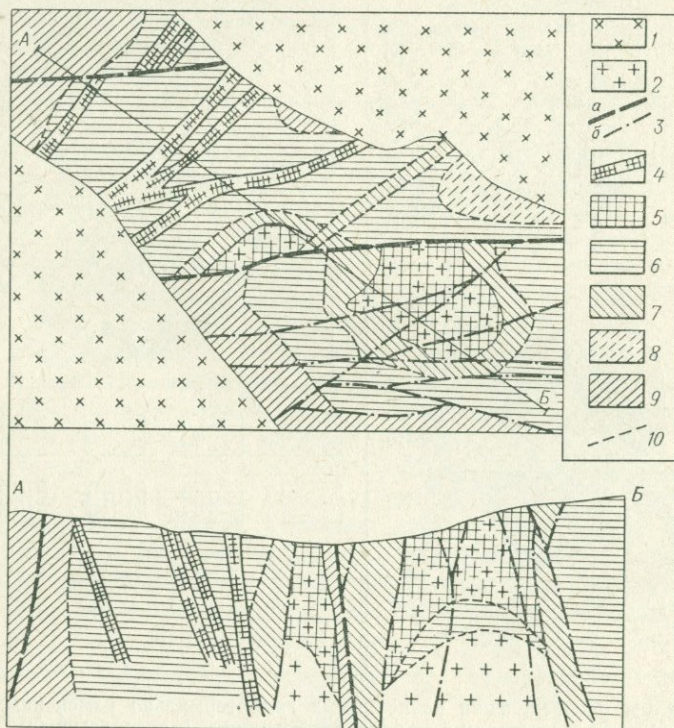


Рис. 58. Схема размещения гидротермально измененных пород месторождения Кальмакыр [36].

1 — сениито-диориты, С; 2 — гранодиорит-порфиры, С<sub>3</sub>—Р; 3 — разрывные нарушения крупные (а) и мелкие (б); 4 — кварцевые жилы и зоны; 5—9 — метасоматические породы (5 — существенно кварцевые, 6 — кварц-ортоклазовые, 7 — кварц-серицитовые, 8 — кварц-серицит-биотит-хлоритовые, 9 — альбит-эпидот-карбонат-хлоритовые); 10 — границы между зонами измененных пород.

вые метасоматиты представлены гнездо-, линзообразными и неправильной формы телами, системами параллельных зон, например массив Цаган-Субарга, район месторождений Кальмакыр, Дальнее и др. В ряде работ преобразования гранитоидов такого типа трактуются как автотметасоматические, а не постмагматические. Особенности проявления процессов ранней калишпатизации и их взаимосвязь с оруденением для группы медно-порфировых месторождений остаются до сих пор малоизученными.

Закономерности в распределении разных типов метасоматитов на месторождении Сары-Чеку проявляются по отношению к Мисканскому разлому и выражаются по мере удаления от него в смене зон, сложенных ортоклазовыми, кварцевыми и кварц-серицитовыми метасоматитами и далее хлоритизированными породами.

Необходимо подчеркнуть, что перечисленные выше метасоматические породы характерны для месторождений определенных условий формирования, локализующихся преимущественно в интрузивных породах среднего состава часто со щелочным уклоном: гранодиоритах, кварцевых монцонитах, сиенито-диоритах. Для этой группы в целом можно отметить широкое развитие калишпатовых фаций во внутренних зонах, что намечает переход к собственно молибденовым штокверковым месторождениям, для которых калишпатовые изменения являются ведущими.

Вертикальная зональность в распределении метасоматитов в целом соответствует тому же ряду, что и горизонтальная, например на месторождении Кальмакыр, по данным В. В. Викторова (см. рис. 58).

Зональность проявляется в смене зон ортоклазовых метасоматитов кварцевыми и далее серицитовыми породами. На самых глубоких горизонтах широко развиты ортоклазовые, существенно кварцевые метасоматиты, на средних — процессы среднего окварцевания, средней серицитизации, биотитизации, хлоритизации, в краевой безрудной зоне — процессы амфиболизации, ангидритизации, карбонатизации.

Характерную группу составляют месторождения, во внутренних зонах которых не проявлено биотит-калишпатовых изменений и метасоматическая зональная колонка представлена набором только трех фаций (от неизмененных пород к внутренней зоне):

Гранодиорит-порфиры	Пропилитовая Chl, Ep, Ab, Ca	Монтмориллонит-жаолинитовая Mnt, Kaol, Ser, Chl	Серицит-кварцевая и кварцевая Ser, Qu, Hmu, Trm, KFsp
Кварцевые порфиры, липариты	Серицитизация и слабое окварцевание	Высокоглиноземистые минералы фации вторичных кварцитов And, Di, Al, Dk, Zu	Серицит-кварцевая и кварцевая Ser, Qu, Pyr

Как и в месторождениях предыдущей группы, соотношение интенсивности проявления и широты развития указанных фаций для разных месторождений неодинаковое. На таких месторождениях, как Кананеа, Моренси, Ла-Каридат (рис. 59) и др., исключительно широко проявлены процессы серицитизации. На месторождении Кананеа серицит, как отмечает Г. Шварц [227], явля-

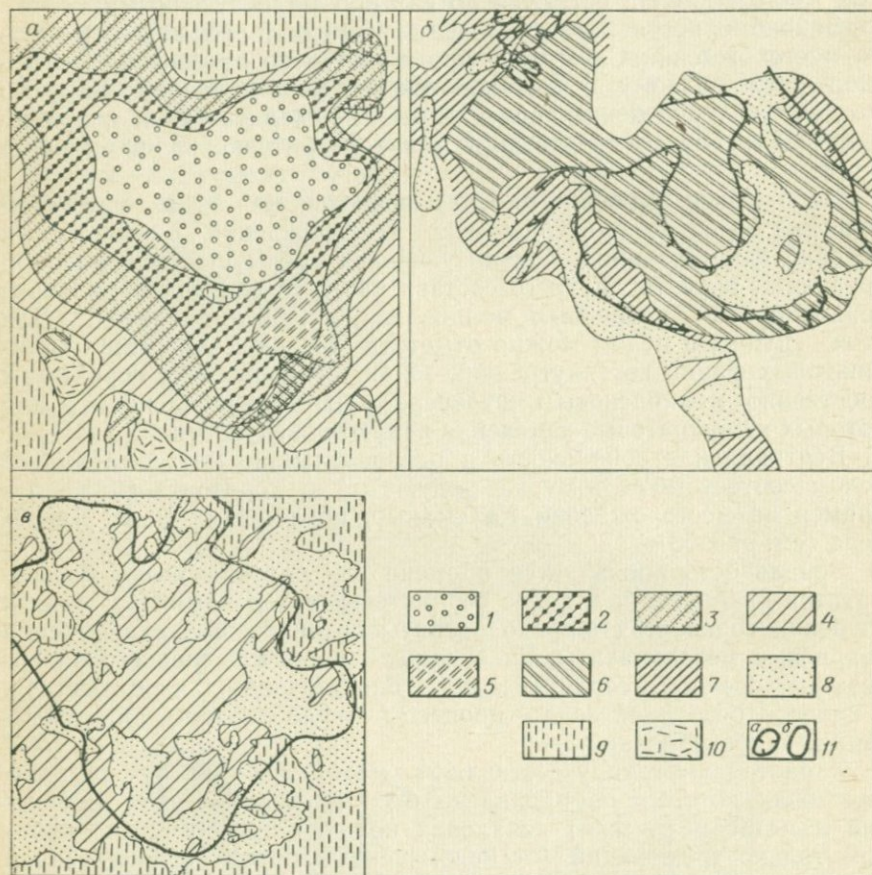


Рис. 59. Схемы распределения разнотипных гидротермально измененных пород в медно-порфировых месторождениях второй группы (вулканогенных). Составлены по данным М. Кухарски [199], Л. Густафсона и Дм. Ханта (1975 г.), В. Сегарта и др. [223] с упрощениями И. Г. Павловой.

Месторождения: а — Ма-Вида, б — Эль-Сальвадор, а — Ла-Каридат.  
1—9 — гидротермально измененные породы (1 — алузит-цианитовые, 2 — существенно кварцевые, 3 — слабоокварцованные с серицитом, 4 — серицитовые, 5 — серицитовые, образовавшиеся по биотиту, 6 — биотитовые, 7 — серицит-хлоритовые, 8 — аргиллиты, 9 — пропициты); 10 — сиенито-диориты; 11 — контур рудных тел с содержанием меди 0,45% (а) и промышленных халькозиновых руд (б).

ется самым распространенным продуктом изменения, а глинистые минералы имеют сугубо второстепенное значение. На месторождении Моренси содержание серицита совместно с парагонитом на отдельных участках доходит до 45%. В месторождении Касл-Доум широко развита зона аргиллизитовых изменений, а более поздние кварц-серицитовые изменения проявляются локально вдоль прожилков или секущих трещин. На месторождениях Чили в числе минералов-новообразований в ряде случаев широко проявляется турмалин.

В этой же группе следует рассматривать такие медно-порфиновые месторождения, в которых наряду с перечисленными выше фациями распространены метасоматические породы с высокоглиноземистыми минералами, характерными для формации вторичных кварцитов. Эти породы, представленные кварц-андалузит-алунитовыми, андалузитовыми, андалузит-кварцевыми, кварц-серицит-диккитовыми, диаспор-алунит-диккитовыми метасоматитами, развиваются в основном в зоне экзоконтакта, по вмещающим штокам гранодиорит-порфирам кислым вулканогенным породам (кварцевым порфирам, липаритам), тогда как в гранодиорит-порфирах эта зона представлена монтмориллонит-каолинитовым типом изменений.

До недавнего времени медно-порфиновые месторождения Центрального Казахстана генетически связывали с формацией вторичных кварцитов. В итоге работ последних лет доказано, что типичные фации вторичных кварцитов с высокоглиноземистыми минералами образовались до внедрения интрузии гранодиорит-порфирам в связи с поствулканической гидротермальной деятельностью задолго до формирования рудной минерализации. Сингенетично с этими фациями вторичных кварцитов возникает, по мнению этих исследователей, вкрапленность пирита и гематита, а также убогие ореолы рассеяния меди, молибдена и некоторых других металлов. Промышленная медная минерализация формируется позднее в связи с внедрением интрузии гранодиорит-порфирам [93, 108].

Охарактеризованная группа месторождений, также широко распространенных и имеющих важное промышленное значение, формируется в существенно иной обстановке, соответствующей условиям меньшей глубинности.

Правомерность выделения указанных выше групп можно проиллюстрировать на примере выбранных и расклассифицированных нами данных по зональности метасоматических пород медно-порфиновых месторождений США, Чили, Канады, систематизированных Д. Ловеллом и Д. Джилбертом [204].

Первая группа:

Рей . . . . .	KFsp — Qu+Ser	— Arg	— Prop
Саффорд . . . . .	KFsp — Qu+Ser	— Arg	— Prop
Сан-Мануэль . . . . .	KFsp — Qu+Ser	— Arg	— Prop

Санта-Рита . . . . .	KFsp	—	Qu+Ser	—	Arg	—	Prop
Сильвер-Белл . . . . .	KFsp	—	Qu+Ser	—	Arg	—	Prop
Бьютт . . . . .	KFsp	—	Qu+Ser	—	Arg	—	Prop
Минерал-Парк . . . . .	KFsp	—	Qu+Ser	—	Arg	—	Prop
Эль-Теньенте . . . . .	KFsp	—	Qu+Ser	—	Arg	—	Prop
Эль-Сальвадор . . . . .	KFsp	—	Qu+Ser(?)	—	Arg(?)	—	Prop
Вторая группа:							
Ахо . . . . .	KFsp	—	Qu+Ser	—			Prop
Бингем . . . . .	KFsp	—	Qu+Ser	—			Prop
Инспирэйшн . . . . .	KFsp	—	Qu+Ser	—			Prop
Багдад . . . . .	KFsp	—	Qu+Ser				
Третья группа:							
Касл-Доум . . . . .			Qu+Ser	—	Arg	—	Prop
Чужикамата . . . . .			Qu+Ser	—	Arg	—	Prop
Бетлехем . . . . .			Qu+Ser	—	Arg	—	Prop
Коппер-Ситиз . . . . .			Qu+Ser	—	Arg	—	Prop
Моренси . . . . .			Qu+Ser	—	Arg	—	Prop
Бисби . . . . .			Qu+Ser	—	Arg	—	Prop
Кананеа . . . . .			Qu+Ser	—	Arg		
Парагенезисы главных минера- лов . . . . .	KFsp, Qu, Bt, Ser, Anh	Qu, Ser, Py			Kaol, Mnt, Hmu	Chl, Ep, Ab, Ca	

В самостоятельную группу следует выделить месторождения существенно медных прожилково-вкрапленных руд, также называемых исследователями медно-порфировыми, ведущим типом изменения в которых является пропилитизация. Метасоматические изменения, характерные для относимых к этой группе месторождений, формирующихся в иной по сравнению с предыдущими обстановке, приведены ниже и представлены следующими типами пород от внешних зон к внутренним:

Порфириты анде- зито-диабазового ряда, их лавы и туфы; диабазы	Пропилиты	Амфиболовые и биотит-хло- ритовые мета- соматиты	Биотит-хлоритовые, карбонатно-хлоритовые, хлоритовые метасома- титы
	Ab, Chl, Qu, Ap, Pr, Pm	Akt, Bt	Qu, Bt, Ca, Chl

Характерные для этой группы метасоматические зональные колонки можно проиллюстрировать на примере изученных канадскими геологами медно-порфировых месторождений оз. Бэбин в Британской Колумбии. Для всех месторождений отмечаются однотипные по строению зональные ореолы гидротермально измененных пород, выраженные серией концентрических по отношению к телам биотит-полевошпатовых порфиров зон (рис. 60). Центральное положение в зональном ряду занимают существенно биотитовые и биотит-хлоритовые метасоматиты, к которым приурочены участки с наиболее богатой медной минерализацией, сменяющиеся зоной серицит-кварцевых метасоматитов, проявленных только на некоторых месторождениях, а далее — зонами с карбонат-хлоритовыми и пропилитовыми изменениями.

К этой же группе следует отнести месторождения с относительно слабопроявленными гидротермальными изменениями и неотчетливо выраженной зональностью (Салаватское, Вознесенское и др.). Наиболее измененные породы этих месторождений представлены кварцевыми метасоматитами с пренимом или пумпеллитом в центре, сменяющимися пропицитизированными породами на периферии с минералами-новообразованиями — эпидотом, хлоритом, альбитом, кальцитом, серицитом, кварцем.

Из сопоставления рассмотренных метасоматических зональных колонок можно сделать следующие выводы. Во всех выде-

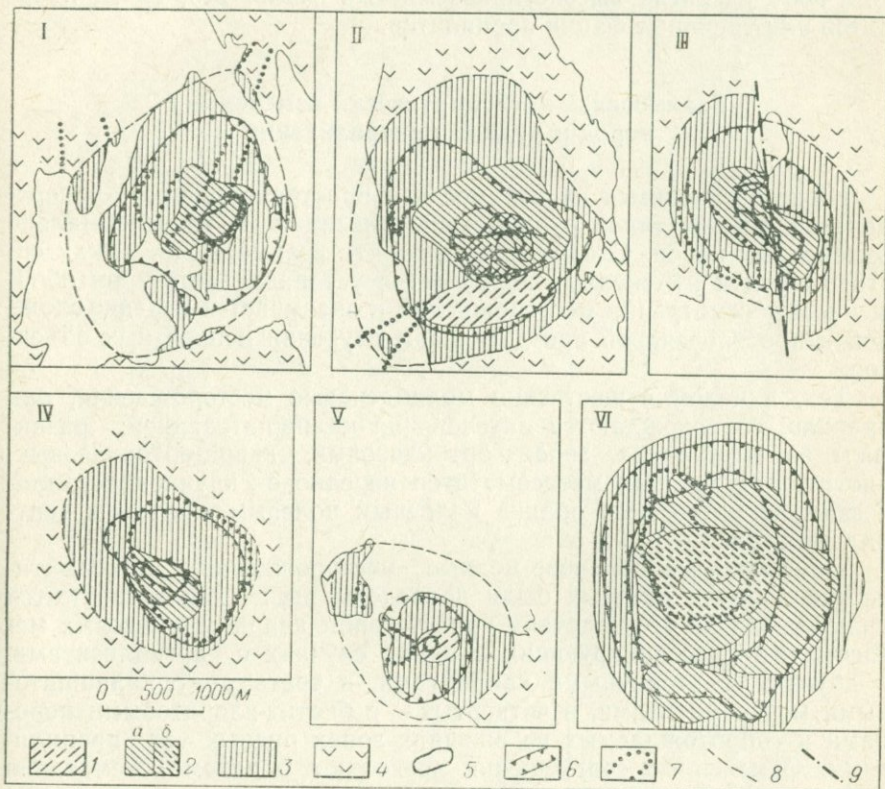


Рис. 60. Характер распределения гидротермально измененных пород в медно-порфировых месторождениях (третьей группы — пропицитовых) района оз. Бэбин, Канада [168].

Месторождения: I — Гренисл, II — Белл, III — Моррисон, IV — Дороти, V — Северный Ньюмен, VI — Накинилерак.

Породы: 1 — серицит-кварцевые, 2 — биотитовые интенсивно (а) и слабо (б) измененные, 3 — хлорит-карбонатные, 4 — неизмененные; 5 — контур, ограничивающий рудную зону с различным содержанием меди, %: I, II — 0,5, III — 0,4–0,45, IV — 0,25, V — 0,15, VI — 0,05–0,1; 6 — ореол пиритизации; 7 — выход на поверхность интрузии биотит-полевошпатовых порфиров; 8 — внешний контур зон изменений; 9 — разлом.

ленных группах медно-порфировых месторождений внешние зоны метасоматических колонок представлены пропилитами или пропилизированными породами. Во внутренних зонах развиты серицит-кварцевые метасоматиты, встречающиеся в сочетании с различными фациями. Различия заключаются в первую очередь в том, что в одной группе во внутренних зонах получают развитие биотит-калишпатовые, кварц-калишпатовые, существенно калишпатовые метасоматиты. Для второй широко распространенной группы медно-порфировых месторождений для промежуточных зон метасоматических колонок характерны аргиллизиты. В сравнительно небольшой группе месторождений во внутренних зонах получают развитие высокоглиноземистые фации вторичных кварцитов или типичные фации пропицитов.

### Взаимосвязь метасоматически измененных пород и рудной минерализации

Ниже остановимся на взаимосвязи пространственного распределения разных типов рудной минерализации и гидротермально измененных пород. Следует отметить, что взаимосвязь между составом руд и измененных пород легче устанавливается при обобщенном рассмотрении месторождений и оказывается нередко сложной и противоречивой при детальном изучении конкретных объектов.

Так, в целом существенно молибденовые месторождения, как правило, сопровождаются интенсивной калишпатизацией: развитием во внутренних зонах ортоклазовых, кварц-ортоклазовых, биотит-ортоклазовых метасоматитов нередко с крупнокристаллическим пегматоидного облика калиевым полевым шпатом в центральных зонах рудных тел.

Типичные молибденово-медные месторождения, метасоматические колонки которых были приведены выше, характеризуются практически во всех случаях присутствием кварц-серицитовых метасоматитов, ассоциирующих в одних случаях с аргиллизитами, в других — с вторичными кварцитами, в третьих — с калишпатовыми метасоматитами, в четвертых — с биотит-хлоритовыми породами и сопровождаемых во внешних зонах рудных тел пропилитами. Отмеченные соотношения позволяют в целом схематично наметить следующие связи между составом оруденения и типом гидротермальных пород (рис. 61).

На примере месторождений Юго-Западных штатов США статистически установлена следующая зависимость в особенностях распределения оруденения и гидротермальных пород [204].

К зоне слабопроявленного пропицитового изменения обычно приурочена незначительная минерализация. Наиболее характерные минералы этой зоны — сфалерит, галенит, серебро, халько-

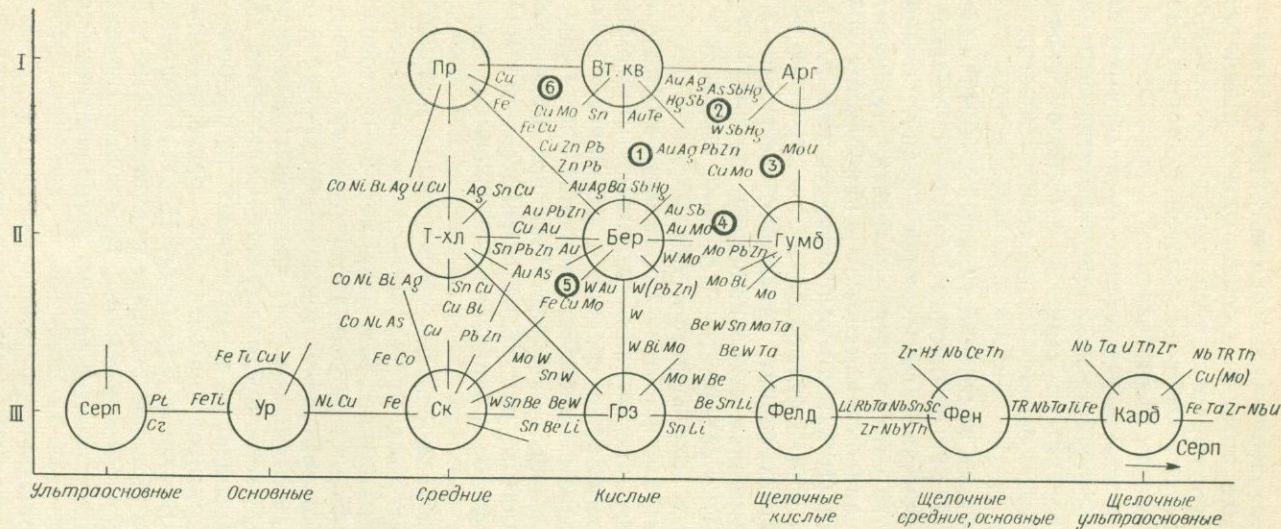


Рис. 61. Место гидротермально измененных пород разных групп медно-порфировых месторождений в ряду других метасоматических формаций, по Д. В. Рундквисту и И. Г. Павловой [121].

По горизонтали — состав родственных магматических пород и формаций; по вертикали — глубина становления родственных магматических пород (I — близповерхностные, II — умеренно глубинные, III — глубинные).  
 1—6 — молибденово-медные месторождения (см. табл. 6). Арг — аргиллизиты; Бер — березиты; Вт. кв — вторичные кварциты; Грз — грейзены; Гумб — гумбеиты; Карб — карбонатиты; Пр — пропилиты; Серп — серпентиниты; Ск — скарны (магнезиальные и известковые); Т-хл — турмалин-хлоритовые метасоматиты; ур — уралиты; Фелд — фельдшпатолиты; Фен — фениты.

пирит, золото; меньше распространены спекулярит, энаргит, фаматинит, барит, разные сернистые соли. Только в немногих отдельных рудных полях в пределах этой зоны встречаются небольшие и средние полиметаллические с золотом месторождения, например Санта-Рита, Бингем, Бьютт.

В более внутренней зоне с интенсивнее проявленными пропиловыми изменениями рудные минералы представлены пиритом или магнетитом; в редких случаях в небольшом количестве встречаются халькопирит, борнит, молибденит, магнетит, спекулярит, сфалерит, галенит.

В зоне аргиллизитовых изменений главный рудный минерал — пирит при высоком (23:1) отношении пирита к халькопириту. В варьирующих количествах встречаются борнит, молибденит, теннантит, сфалерит, галенит, энаргит, халькозин, гюбнерит.

В зоне серицит-кварцевых изменений в наибольших количествах содержатся пирит (16%), который является главным рудным минералом, и многие другие сульфиды: халькопирит, молибденит, в небольших количествах борнит, халькозин, сфалерит, энаргит, магнетит. Отношение пирита к халькопириту равно в среднем 12,5:1. Эта зона обычно соответствует рудной, особенно в месторождениях, в которых наблюдается обогащение халькозином.

Центральная, внутренняя, зона, сложенная калишпатовыми, кварц-калишпатовыми, биотит-калишпатовыми метасоматитами, характеризуется низким, реже средним содержанием сульфидов: пирита 1% с отношением пирит — халькопирит 3:1. Руды в этой зоне в отдельных месторождениях достигают промышленной концентрации и представлены, как правило, гипогенными минералами. Ассоциация сульфидов в этой зоне — халькопирит, пирит, молибденит.

При рассмотрении взаимосвязи руд и гидротермальных пород непосредственно в пределах месторождений наблюдается значительно более сложная картина. Так, например, на месторождениях Касл-Доум, Сильвер-Белл и других [183] рудная, в том числе промышленная халькопиритовая, минерализация приурочена к зоне максимально измененных пород, представленных аргиллизитами. Богатые рудные тела месторождения Санта-Рита залегают среди каолинит-гидрослюдяной зоны; в участках развития кварц-серицитовых метасоматитов наблюдается разубоживание руд. На месторождениях Бингем и Или (штат Невада) рудоотложение тесно связано с образованием вторичного биотита [183], на месторождениях Бьютт и Моренси — с интенсивной серицитизацией, накладывающейся на более ранние аргиллизитовые изменения.

На других месторождениях наблюдается иная картина. На месторождении Или, например, измененные породы и руды разобщены пространственно: рудная минерализация здесь часто оказывается приуроченной к неизменным породам.

К слабоизмененным монцитам приурочено в ряде случаев богатое молибденово-медное оруденение на месторождении Каджаран. В слабо-, средне- и сильноизмененных гранодиоритах встречается рудная минерализация на месторождении Дальнем, причем в слабосерицитизированных и окварцеванных породах локализуется в 4—6 раз больше кондиционных медно-порфириновых руд, чем в существенно кварцевых метасоматитах [113].

На месторождении Сары-Чеку оруденение пространственно совмещено с кварцевыми, ортоклазовыми и серицит-кварцевыми метасоматитами. Отмечается прямая зависимость между интенсивностью окварцевания и оруденением: содержание рудных компонентов и мощность рудных тел увеличиваются с возрастанием числа кварцевых прожилков, но в мономинеральных кварцевых метасоматитах отмечаются лишь забалансовые руды.

Из этих и других примеров очевидно, что взаимосвязи продуктивной рудной минерализации с каким-либо одним типом измененных пород не наблюдается. Зоны внешних пропилитовых изменений обычно находятся вне контура балансовых руд. Минерализация образует промышленные концентрации в промежуточных или внутренних зонах. По времени максимум ее проявления соответствует формированию одной из характерных внутренних фаций метасоматитов: серицит-кварцевой, калишпатовой, биотит-хлоритовой и пр., хотя формирование вкрапленной рудной минерализации начинается значительно раньше, одновременно с самыми ранними процессами преобразования вмещающих пород.

Наряду со всеми отмеченными особенностями зонального строения необходимо обратить внимание на следующие факты: отсутствие в ряде случаев изменений вмещающих пород около жил и прожилков, заключающих оруденение главной продуктивной стадии, наличие линейных зон серицит-кварцевых изменений, лишенных рудной минерализации, так же как и прожилков без зон изменений. Все эти факты неоспоримо свидетельствуют о более сложных, чем представляется в настоящее время, зависимостях и взаимоотношениях между рудной минерализацией и метасоматическими породами и требуют дальнейшего изучения.

Отмеченное выше определенное соответствие между составом оруденения и типом гидротермальных пород для трех типов месторождений (медных, молибденово-медных и молибденовых) следует иметь в виду при разведке и изучении месторождений. Возможность проявления оруденения как среди малоизмененных пород, так и среди разных фаций метасоматитов, а также сложные взаимоотношения оруденения и гидротермальных пород, с одной стороны, отражают особенности их формирования (некоторую временную разобщенность между регионально и локально проявленными метасоматически измененными породами), с другой — являются следствием различного обнажения сложной зональной структуры месторождения.

## Глава VI

**ВОПРОСЫ КЛАССИФИКАЦИИ  
МЕДНО-ПОРФИРОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ**

По мере открытия новых медно-порфировых месторождений выявлялось все большее их разнообразие и относительно узкое первоначально смысловое значение термина «porphyry copper» постепенно теряло четкие границы. Из сопоставления отдельных месторождений следует, что они обладают не только многими общими особенностями, но также и существенными различиями.

В этой связи кажется естественным стремление ряда геологов разделить медно-порфировые месторождения на отдельные группы. Для такого деления использованы разные признаки: степень структурной сложности месторождений, глубина их формирования, типы гидротермально измененных пород и др. При разработке основ научного прогноза медно-порфировых месторождений автору представилось целесообразным разделить их на группы по геологическим условиям локализации оруденения [96, 99]. При формировании оруденения на малых глубинах эти условия должны находить отражение в первую очередь в составе вмещающих пород, прямо или косвенно влияющих на характер гидротермальных изменений, состав рудной минерализации, морфологию тел и другие особенности.

Среди медно-порфировых месторождений было выделено при этом три группы.

I. Месторождения, залегающие в вулканических породах среднего — основного состава раннегеосинклинальных формаций.

II. Месторождения, залегающие в вулканических породах кислого — среднего состава позднеорогенных порфировых формаций.

III. Месторождения, залегающие в интрузивных или метаморфических породах.

В первом приближении подобное подразделение соответствует различным уровням глубинности формирования порфировых интрузий и связанного с ними оруденения. Группа I объединяет месторождения, залегающие среди вулканогенных пород раннегеосинклинальных вулканогенных формаций, расположенные в прилегающих к поднятиям краевых частях зон эвгеосинклинальных прогибов. Группа II отражает случаи формирования месторождений в верхнем структурном этаже — в перекрывающих гетерогенный цоколь вулканогенных покровов, характерных для зон орогенных вулканических поясов. Группа III объединяет более глубинные месторождения, формировавшиеся в нижнем структурном этаже — «цоколе», перекрывавшемся в ряде случаев вулканогенными покровами. Месторождения располагаются в краевых частях срединных массивов или непосредственно в геоанти-

клинальных поднятиях, структурах «рамы» областей завершенной складчатости при проявлении процессов тектоно-магматической активизации.

Месторождения каждой из выделенных по этим признакам групп обладают также и другими общими особенностями: сходной структурной позицией, близкими типами изменения вмещающих пород, взаимосвязью с месторождениями определенных металлов и генетических типов.

В ходе дальнейших разработок подразделение по геологическим условиям локализации было преобразовано и в основу его положена взаимосвязь оруденения с определенными геологическими формациями, выделенными по единому структурно-вещественному признаку [67]. Под геологической формацией при этом понимается закономерный парагенезис горных пород (в том числе метасоматических.— *И.П.*), связанных общей структурой (зональностью) [117].

Структуру формации с рассматриваемых позиций отражает устойчивый набор минеральных парагенезисов (фаций метасоматитов), чередующихся в определенной последовательности, т. е. их зональность.

Магматические, гидротермально-метасоматические и рудные формации рассматриваются как разновидности геологических формаций. Широкое распространение гидротермальных пород в пределах всех медно-порфировых месторождений и повсеместно наблюдаемая приуроченность к ним рудной минерализации дали основание подразделить месторождения по взаимосвязи оруденения с определенными гидротермально-метасоматическими формациями. К тому же выделенным группам месторождений соответствуют вполне определенные магматические и рудные формации.

Именно гидротермально-метасоматические формации являются при таком подходе рудоносными для молибденово-медного оруденения. По укоренившимся для отдельных групп месторождений традициям называть их по сопровождающим гидротермальным изменениям (например, оловянно-вольфрамовые грейзеновые; вольфрамово-молибденовые скарновые и т. п.) метасоматически измененные породы отражены в названии выделенных нами групп молибденово-медных месторождений.

Из анализа данных по зональности измененных пород следует, что упорядоченное расположение минеральных фаций метасоматитов устойчиво сохраняется в больших группах медно-порфировых месторождений и составляет одну из наиболее характерных их особенностей. По составу гидротермально измененных пород и их зональности молибденово-медные месторождения разделены на шесть групп (табл. 6). На рис. 61 показаны поля основных гидротермально-метасоматических формаций и на их фоне вариации типов молибденово-медных месторождений. Из сопоставления зональных колонок отдельных групп месторождений, описа-

ние которых приведено в гл. V, с типовыми для главных метасоматических формаций [121] можно заключить следующее.

Основные промышленные медно-порфировые месторождения в СССР и за рубежом возникают в связи с несколькими группами метасоматических образований. Наиболее распространенная группа — собственно медно-порфировые месторождения — сопровождается серицит-кварц-калишпатовыми метасоматитами — гумбентами, переходящими в аргиллизиты (кальмакырский тип), аргиллизитами и вторичными кварцитами (коунрадский тип) или аргиллизитами и серицит-кварцевыми метасоматитами — березитами. Для группы существенно медных, в более редких случаях молибденово-медных, месторождений прожилково-вкрапленных руд характерен пропилитовый тип изменений с переходом к серицит-кварцевым и существенно кварцевым метасоматитам формации березитов и вторичных кварцитов (бошекульский тип). Группа молибденово-медных и молибденово-медно-железородных месторождений часто с примесью золота, кобальта и других встречается в связи с метасоматической скарновой формацией (Саякское рудное поле, Юлия и др.). Молибденово-медные жильные месторождения, которые сопровождаются серицит-кварцевыми метасоматитами с переходом к ортоклаз-кварцевым или серицит-хлоритовым в более внешних зонах, отнесены к березитовой или совместной березит-гумбентовой формациям. Незначительная по масштабу рассеянная медно-молибденовая с золотом минерализация встречается в полях развития типичных вторичных кварцитов.

Намечающиеся ряды взаимных переходов между метасоматическими формациями и типами оруденения отражены на рис. 61. Из выделенных групп молибденово-медных месторождений к медно-порфировым относят обычно три первые группы.

Во многих зарубежных работах [204, 207], как уже отмечалось, в порфировую группу включены также собственно молибденовые месторождения, сопровождаемые кварц-ортоклазовыми, биотит-ортоклазовыми, существенно ортоклазовыми метасоматитами (гумбентовая формация). Нам представляется целесообразным выделить их в самостоятельную группу, как это принято в классификации молибденовых месторождений советских исследователей Н. А. Хрушова [107], В. Т. Покалова [143] и других. Собственно молибденовые месторождения намечают переход к штокверковым молибденово-медным, пространственно разобщенным с медно-молибденовыми, и занимают по всем характеристикам промежуточное положение между этими двумя группами. Следует отметить, что включение в медно-порфировую группу месторождений существенно медных прожилково-вкрапленных руд бошекульского типа (пропилитовая формация) также достаточно условно. Учитывая тесную связь их с колчеданным оруденением, эти месторождения можно рассматривать как переходные, хотя

по многим своим особенностям они достаточно близки к типичным медно-порфировым, и это название закреплено за ними в литературе.

Таким образом, можно проследить два ряда с переходом от типичных эвгеосинклинальных колчеданных к медно-порфировым пропиловитовым в первом и от орогенных медно-порфировых к молибденово-медным порфировым, далее к собственно молибденовым штокверковым, формирующимся в стадию тектоно-магматической активизации, и, наконец, к вольфрамово-молибденовым во втором. В этих рядах медно-порфировые месторождения проявляются дважды: в конце собственно геосинклинального и в конце орогенного этапов.

Ниже перейдем к рассмотрению отдельных наиболее важных в промышленном отношении групп медно-порфировых месторождений, которые названы по характерному для территории СССР представителю каждой группы — эталонному месторождению — и выделены соответственно как месторождения коунрадского, кальмакырского и бошекульского типов.

Собственно медно-порфировые месторождения — коунрадский и кальмакырский типы — встречаются в связи с интрузиями габбро-диорит-гранодиоритовой, габбро-сиенито-диоритовой и близких им формаций.

Особенности этой группы месторождений, наиболее распространенных в СССР (Кальмакыр, Дальнее, Сары-Чеку, Коунрад и др.) и широко известных во многих регионах мира (Юго-Западные штаты США, Чили, Канада и др.), разносторонне освещены в опубликованной литературе (см. табл. 1).

По соотношению главных рудных элементов (меди и молибдена) месторождения образуют непрерывный ряд с переходом от существенно медных к молибденово-медным, медно-молибденовым и молибденовым с изменением отношения  $Mo:Cu$  в рудах от 1:100—1:150 до 10:1—5:1 (в крайних членах). Среднее содержание меди в первичных рудах колеблется от 0,3 до 0,8 и возрастает до 1—1,5% в окисленных рудах; содержание молибдена от 0,005 до 0,05%.

Рассматриваемая группа представлена двумя типами месторождений, различающихся по условиям формирования: более близкповерхностными вулканогенными (коунрадский тип) и более глубинными плутоногенными (кальмакырский тип).

*Медно-порфировые вулканогенные месторождения* (коунрадский тип). Вторичнокварцит-аргиллизитовые и аргиллизит-березитовые медно-порфировые месторождения, относимые к этой группе, локализуются среди вулканических пород орогенного ряда формаций (порфировая группа), что соответствует случаю формирования молибденово-медного оруденения в верхнем структурном этаже. Месторождения обнаруживают тесную пространственную связь с субвулканическими телами небольших размеров с пло-

## Формационные типы молибде

Формационный тип месторождений		Тектонический режим	Главные (и второстепенные) компоненты	Главные (и второстепенные) минералы	
1. (Mo, Au) — Cu прожилково-вкрапленный вторично-кварцитовый — казахстанский		Орогенный и активизационный	Cu (Mo, Au)	Халькопирит, пирит, (молибденит)	
Mo — Cu порфировые	Вулканогенные		Cu, Mo (As)	Халькопирит, блеклые руды, молибденит, халькозин, энаргит, пирит, (сфалерит, галенит)	
	Плутоногенные		Cu, Mo (Au, Se, Te, Bi, Ag)	Халькопирит, молибденит, магнетит, пирит, (сфалерит, галенит)	
2. Mo — Cu порфировый аргиллизит-вторично-кварцитовый и аргиллизит-серицит-кварцевый — коунрадский					
3. Mo — Cu порфировый аргиллизит-гумбентовый — кальмакырский					
4. Mo — Cu жильный, сопровождаемый серицит-кварц-хлоритовыми изменениями — чатыркульский			Cu, Mo	Халькопирит, молибденит	
5. Mo — Cu — (Fe) скарновый (пластообразные залежи) — саякский			Cu, Fe, Mo (Au, Co)	Магнетит, халькопирит, молибденит	
6. (Mo) — Cu прожилково-вкрапленный пропилитовый — бошекульский		Геосинклиальный	Cu (Pt, Pd, Co)	Халькопирит, пирит, (пирротин, молибденит)	

ТАБЛИЦА 6

## ново-медных месторождений

Характерные магматические образования, с которыми взаимосвязано оруденение	Взаимосвязь с другими месторождениями	Примеры месторождений
Некковые, жерловые и субвулканические фации орогенного андезит-дацитового вулканизма	С эпитермальными Au — Ag и Pb — Zn	Многочисленные медные рудопроявления, иногда с молибденом и золотом в связи с массивами вторичных кварцитов Казахстана
Штоки гранодиорит-порфиров, гранит-порфиров (габбро-диорит-гранодиоритовая и другие формации)	С низкотемпературными Au — Ag, Pb — Zn	Коунрад, Карабас, Борлы
Гранодиорит-порфиры, кварцевые монзонит-порфиры (габбро-диорит-гранодиоритовая и габбро-сиенито-диоритовая формации)	С собственно Mo, Pb — Zn, Au и Cu — Mo чатыркульского типа	Кальмакыр, Сары-Чеку, Дальнее, Каджаран
Биотитовые граниты, граниты, гранодиориты	С Mo — Cu кальмакырского типа	Чатыркуль, Парагачай
Гранитоиды габбро-диорит-гранодиоритовой, габбро-диорит-сиенитовой формаций	С Mo — Cu и собственно Mo	Саякское и Каратасское рудные поля
Штоки и дайки плагиогранит-порфиров, диоритовых порфиров, жерловые и субвулканические фации (базальт-андезитовая, андезит-диоритовая и габбро-диорит-плагиогранитовая формации)	С Cu и Pb — Zn колчеданными	Бошекуль, Салаватское

щадью выхода на поверхность, не превышающей сотен метров — первых километров. По форме — это штоки, дайки, силлы, некки, сложенные одной-двумя разновидностями пород, представленных гранодиорит-порфирами, кварцевыми монцитит-порфирами, гранит-порфирами, кварцевыми порфирами и др. В ряде случаев устанавливается, что подобные субинтрузивные тела являются апофизами крупных расположенных на глубине батолитов.

Месторождения именно этой группы обнаруживают теснейшую связь с вулканическими структурами: жерлами древних вулканов, вулканическими аппаратами, центрами извержений, в которых часто непосредственно располагаются субинтрузивные тела порфировых пород. Приуроченность южно-американских месторождений медновкрапленных руд к цепи вулканов Анд, протягивающихся от Перу до Центрального Чили, отмечает В. Д. Перри [105].

Идея о связи медно-порфировых месторождений Чили с вулканизмом получила в последнее время развитие в работах Р. Силли-тоу [230], который указывает на приуроченность крупных плутонов гранодиоритов и более молодых рудоносных штоков, в пространственной связи с которыми встречаются медно-порфировые месторождения, к корневым частям палеоген-неогеновых стратовулканов. По существу, это тот же случай, что имеет место и описан для месторождения Коунрад [93, 108].

Взаимосвязь медно-порфирового оруденения с вулканизмом неоднократно подчеркивал В. Н. Котляр [32, 66].

Характерной особенностью рассматриваемой группы медно-порфировых месторождений является широкое развитие в пределах рудных полей трубо- и дайкообразных брекчиевых тел. Природа, время формирования и взаимосвязь их с оруденением в ряде случаев остаются непонятыми. Особенно широко брекчиевые трубки проявлены в медном поясе Чили и Перу, в месторождениях Мексики, распространены на месторождении Коунрад и многих других.

Брекчиевые трубки, возникающие в дорудную стадию, для ряда месторождений являются главными, контролирующими оруденение структурами, что было рассмотрено выше на примере месторождений Мексики.

В медно-порфировых месторождениях этой группы оруденение локализуется как непосредственно в порфировых интрузиях, развиваясь преимущественно вдоль их контактов, так и в зонах экзо-контактов среди вулканических пород. При этом центральные части порфировых интрузий, слагающие «ядро» штокверковых тел, часто представлены относительно слабоизменненными, пропитализированными, окварцованными породами, не содержащими практически рудной минерализации. Самая богатая минерализация концентрируется во многих месторождениях вдоль контактовых поверхностей, где также интенсивно проявлены изменения вмещающих пород. Характерными для месторождений этой груп-

пы являются кольцевые структуры рудных полей, определяемые морфологией субинтрузивных тел и подчеркиваемые в зонах контактов интрузивов (преимущественно в верхних частях их) системами дорудных трещин, образующих часто конически-кольцевые системы. Подобные трещины могут возникать, например, как это показали В. Д. Перри [104], Ф. Хейли и Дж. Моллоу [191] на примере месторождения Эль-Теньенте, в результате усадки штоков. По мере удаления от контакта число и размер трещин уменьшаются.

Первичные руды месторождений этой группы представляют собой в различной степени окварцованные, серицитизированные, аргиллизированные породы, содержащие рассеянное сульфидное оруденение в виде вкрапленности, реже прожилков. Главные рудные минералы — пирит, халькопирит, молибденит, халькозин, энаргит, блеклая руда; второстепенные — сфалерит, галенит, борнит, магнетит.

Метасоматические изменения вмещающих пород в месторождениях этой группы проявлены очень интенсивно. По кислым и средним эффузивам широко развиты серицит-кварцевые метасоматиты — березиты; монтмориллонит-каолинитовые и гидрослюдисто-каолинитовые метасоматиты — аргиллизиты; монокварцевые, диаспор-серицитовые, алунит-серицитовые и другие фации вторичных кварцитов.

В ряде месторождений Чили, залегающих среди вулканических пород андезитового состава, наряду с процессами окварцевания, серицитизации широко проявлена турмалинизация (например, в рудном теле Рио-Бланко турмалин становится главным минералом, замещающим практически все или большую часть минералов).

Из других особенностей следует отметить тесную ассоциацию в отдельных районах месторождений этой группы с полями развития вторичных кварцитов, с которыми связаны мелкие медные (с золотом и молибденом) месторождения и рудопроявления. В медном поясе Чили наряду с медно-порфиоровыми широко распространены медно-турмалиновые месторождения, представленные брекчиевыми трубками. Халькопириту в этих трубках сопутствуют вольфрамит и шеелит.

Как типовое для этой группы можно указать описанное выше месторождение Коунрад, являющееся на территории СССР наиболее характерным медно-порфиоровым месторождением вторичнокарцит-аргиллизитовой формации.

*Медно-порфиоровые плутогенные месторождения (кальмакырский тип).* К медно-порфиоровым месторождениям аргиллизит-гумбентовой формации отнесена большая группа промежуточных по составу медно-молибденовых и молибденово-медных месторождений, локализующихся в одних случаях в крупных многофазных плутонах, в других — в более мелких интрузивных телах,

прорывающих вулканогенные, более ранние интрузивные или метаморфические породы.

В качестве примеров этой группы можно привести медно-порфировые месторождения Алмалыкского района — Кальмакыр, Дальнее, Сары-Чеку; Армении — Каджаран, Агарак; из зарубежных — Медет (НРБ); Цаган-Субарга и Эрдэнитуин-Обо (МНР); многие месторождения Юго-Западных штатов США (Багдад, Касл-Доум, Коппер-Ситиз, Инспирэйшн, Рей и др.); Канады (долины Хайленд-Валли); Ирана (Сар-Чешме) и многие другие.

В месторождениях этой группы оруденение приурочено к поздним штокообразным телам или полям развития даек гранодиорит-порфиров, монцонит-порфиров и других и локализуется в зонах их эндо- и экзоконтактов. В одних случаях тела порфировых интрузий и даек рассматриваются как поздние дифференциаты тех же плутонов (например, Мегринский плутон в Армении); в других они значительно оторваны во времени от вмещающих их интрузивных пород и могут принадлежать к значительно более поздним по времени образования интрузивным комплексам (например, месторождения Юго-Западных штатов США).

Плутоны, в которых расположены месторождения, характеризуются разнообразным составом и обычно формируются в несколько фаз. Ранние фазы представлены, как правило, более основными разностями пород — габбро, диоритами и другими, эволюционирующими в сторону возрастания кислотности в более поздних фазах. Показательным в этом отношении является строение Мегринского плутона в Армении, который сложен интрузивными породами, внедрившимися в три фазы (от ранних к поздним): габбро, монцонитами, порфировидными гранитами и гранодиоритами. Формирование плутона завершилось многочисленными дайковыми породами разнообразного состава: одиниты, малахиты, спессартиты, диорит-порфиры, гранодиорит-порфиры. Среди пород монцонитовой интрузии в свою очередь выделяют ряд разновидностей: собственно монцониты, кварцевые монцониты, диориты, кварцевые диориты, сиениты, сиенито-диориты, габбро-диориты.

В пределах этих месторождений оруденение приурочено к зонам широко проявленных гидротермально измененных пород, представленных кварцевыми, серицит-кварцевыми, биотит-калишпатовыми, каолинит-монтмориллонитовыми метасоматитами. Широкое развитие процессов калиевого метасоматоза, проявляющегося как во внешних ореолах рудных тел, так и в центральных зонах, составляет одно из главных отличий этой группы от предшествующей и находится в тесной взаимосвязи с особенностями формирования этих месторождений среди средних, реже кислых интрузивных или близких им по составу метаморфических пород.

Месторождения этой группы формируются в условиях больших глубин, чем месторождения предыдущей. Контуры рудных тел обычно нечеткие и определяются по данным опробования. Максимальные концентрации рудной минерализации могут быть приурочены к эндо- и экзоконтактам порфировых интрузий, что определяется в первую очередь физико-механическими свойствами слагающих их пород. На месторождении Кальмакыр, например, рудный штокверк развивается в основном во вмещающих сиенито-диоритах; в гранодиорит-порфирах он становится убогим и лишь местами рудные минералы образуют промышленные концентрации. В полях развития даек сами дайки часто не минерализованы, хотя нередко у контактов отмечаются повышенные содержания меди и молибдена.

Крупные трещины, выполненные дайками, и более мелкие, к которым приурочены прожилки, образуют выдержанные системы, закономерно ориентированные по отношению к главным региональным структурам. Дайки гранодиорит-порфиров Каджаранского рудного поля, например, выполняют трещины, являющиеся оперяющимися по отношению к такой крупной тектонической структуре района, как Дебаклинский разлом.

В подобных случаях, именно по отношению к региональным структурам, проявляются закономерности в изменении состава минерализации. Для Каджаранского рудного поля, например, по мере удаления от Дебаклинского разлома высокотемпературное молибденовое оруденение сменяется медно-молибденовым и затем медным. Еще на большем удалении отмечается постепенное уменьшение меди и возрастание свинцово-цинковой минерализации [75].

Медно-порфировые месторождения этой формации наиболее близки по своим особенностям к группе собственно молибденовых штокверковых месторождений, с которыми образуют постепенные переходы. Они могут встречаться в тех же рудных полях, что и скарновые молибденово-медно-железородные месторождения, что свидетельствует о близких физико-химических условиях процессов формирования этих двух групп.

Как типовое месторождение этой группы выше было охарактеризовано месторождение Кальмакыр.

*Медно-порфировые пропилитовые месторождения (боцекуль-ский тип).* К молибденово-медной пропилитовой формации отнесены менее распространенные по сравнению с двумя предыдущими группами существенно медные, реже молибденово-медные месторождения прожилково-вкрапленных руд, также связанные с порфировыми интрузиями. Эти месторождения залегают среди вулканических пород эвгеосинклинальных зон, сложенных породами спилит-кератофировой, базальт-андезитовой, андезитовой формаций (порфиритовая группа). Порфировые интрузии, как и вмещающие эффузивы, представлены более основными по срав-

нению с предыдущей группой разностями: диоритовыми порфиритами, плагиогранитами, кварцевыми диоритами и т. п., которые являются поздними дифференциатами интрузий габбро-диоритовой, габбро-диорит-плагиогранитовой формаций или подводящими каналами вулканогенных образований. Месторождения именно этой группы были отнесены в свое время к медно-порфировым Ю. А. Билибиным [11], отметившим, что в истории развития геосинклиналей медно-порфировые месторождения формируются дважды: в конце ранних и в конце поздних этапов. Как пример первых им был назван Бошекуль. Кроме Бошекуля из отечественных к месторождениям этой группы могут быть отнесены «эвгеосинклинальные медно-порфировые»: Салаватское, Вознесенское, Биргильдинское [112], Лекын-Тальбейское и др. Широко распространены такие месторождения в эвгеосинклинальных зонах Канадских Кордильер, где выделены медно-порфировые месторождения двух этапов [207, 211]: конца начальных (поздний триас) и конца поздних (эоцен) этапов развития Кордильерской геосинклинали. Установлено, что медно-порфировые месторождения раннего этапа ассоциируют с интрузивными телами (кварцевыми диоритами, гранодиоритами и др.) с возрастом 180—200 млн. лет, близким возрасту богатых медью эвгеосинклинальных толщ, в которых они залегают.

Оруденение локализуется в пределах эндо- и экзоконтактовых зон субинтрузивных тел, отличающихся, как правило, простым строением и небольшими размерами. Подобные субинтрузивные тела рассматривают как комагматы пород спилит-кератофировой формации, например Бошекульский массив [12]. Тела часто имеют небольшие размеры, залегают непосредственно среди вулканических покровов. В ряде случаев они отчетливо контролируются зонами глубинных разломов.

Для многих месторождений этой формации характерен простой минеральный и химический состав руд, в целом более низкое, чем в собственно медно-порфировых, среднее содержание молибдена (0,001—0,003%), хотя в отдельных месторождениях оно может быть выше.

Рудная минерализация представлена вкрапленностью и прожилками халькопирита, пирита, в небольших количествах встречается молибденит, борнит, галенит, сфалерит, в отдельных месторождениях — пирротин и другие минералы, приуроченные к разнообразным по составу метасоматическим породам (биотитовым, хлорит-биотитовым, кварцевым и др.).

Исходя из выявленных к настоящему времени месторождений этой формации, можно заключить, что средние содержания меди в них значительно меньше, чем в медно-порфировых предыдущих групп; по масштабу это средние или даже мелкие месторождения. Вопрос об оценке промышленного значения и перспек-

тив месторождений бошекульского типа требует дальнейшей разработки.

Наряду с отмеченными выше к специфическим особенностям, присущим этой группе месторождений, нужно отнести следующие.

1. Пропилитовый тип изменений вмещающих пород, выражающийся в широком развитии во внешних и промежуточных зонах альбита, хлорита, эпидота, карбоната, серицита, кварца; во внутренних — существенно кварцевых метасоматитов с пумпеллиитом, пренитом в одних месторождениях, биотитовых, биотит-хлоритовых, карбонат-хлоритовых — в других. В ряде месторождений зональность в распределении метасоматических образований проявлена нечетко.

2. Отчетливо выраженный линейный характер порфировых интрузий и пластообразная форма пространственно с ними связанных рудных тел, подчиненных складчатости вмещающих пород.

Одной из наиболее характерных особенностей медно-порфировых пропилитовых месторождений является тесная взаимосвязь их с колчеданным оруденением, проявляющимся в одних случаях в пределах тех же металлогенических зон (например, Канадские Кордильеры, Магнитогорский синклинорий), в других — в тех же рудных районах или полях (например, Лекын-Тальбейское рудное поле на Полярном Урале). Синхронно с вулканическими породами эвгеосинклинальных зон в структурно благоприятных участках, в частности в интрагеоантиклинальных поднятиях, могут формироваться более крупные по размерам интрузивные тела, в связи с которыми также проявляется молибденово-медное оруденение. Это интрузии габбро-диоритовой и габбро-плагиогранитной формаций, часто представленные недифференцированными или слабодифференцированными телами, характеризующимися преобладанием в них натрия над калием, т. е. являющимися производными базальтоидного магматизма.

В качестве типового для месторождений этой группы можно указать описанное выше месторождение Бошекуль.

Охарактеризованные группы медно-порфировых месторождений, выделенные по взаимосвязи их с определенными геологическими формациями — магматическими, гидротермально-метасоматическими, рудными, отличаются по особенностям состава, зональности, условиям локализации, а также своей промышленной значимости.

Среди выделенных групп к собственно медно-порфировым из известных в СССР относятся две: аргиллизит-гумбеитовая (кальмакырский тип), аргиллизит-вторичнокварцитовая (коунрадский тип), различающиеся по ряду особенностей, обусловленных формированием их в разных условиях глубинности, но вместе с тем обладающие многими общими чертами. Более существенные различия выявляются при сравнении этих двух групп с ме-

сторождениями бошекульского типа, также относимыми большинством исследователей к медно-порфировым. Сопоставление выделенных групп по их главным характеристикам приведено в табл. 6.

Правомерность и в известной степени необходимость подразделения медно-порфировых месторождений определяются в первую очередь задачами научного прогнозирования, так как это дает возможность дальнейшей детализации поисковых признаков и критериев оценки применительно к отдельным группам.

*Другие формационные типы молибденово-медных месторождений.* На долю молибденово-медных месторождений других формационных типов — скарновых, жильных, вторичнокварцитовых — в общих балансах запасов и добычи меди в сумме приходится не более 1—3%, хотя для отдельных районов эти месторождения могут иметь важное значение. Указанные месторождения представляют интерес в связи с тем, что в ряде случаев локализируются в пределах тех же рудных полей, что и медно-порфировые. Изучение их дает дополнительный материал для выявления общих особенностей и различий процессов формирования и закономерностей размещения молибденово-медной минерализации.

Скарновые месторождения, широко распространенные во многих регионах мира, известные на территории СССР в Казахстане, Алтае-Саянской области, Средней Азии, Закавказье и др., по ассоциациям характерных рудных элементов могут быть подразделены на медно-железородные, молибденово-железородные, медные и др. Они локализируются обычно в эндо- и экзоконтактных зонах интрузивных пород тех же формаций, что и медно-порфировые: габбро-диорит-гранодиоритовой, гранит-гранодиоритовой и др. Рудные тела имеют, как правило, сложную пластообразную форму и характеризуются комплексным составом руд (Cu, Fe, Mo, Au, Co). Медное оруденение отчетливо наложенное и развивается по парагенезисам скарновых минералов. По мере удаления от контакта устанавливается зональность оруденения, близкая к зональности месторождений медно-порфирового типа: Fe→Mo, Cu (Au)→Cu→Cu (Zn), Pb, Ag.

Молибденово-медные жильные месторождения также имеют подчиненное значение. В СССР к этому типу относятся немногочисленные месторождения (Чатыркуль, Парагачай и некоторые другие). Жилы с молибденово-медной минерализацией встречаются в ряде случаев в тех же рудных полях или месторождениях, где локализуется молибденово-медная штокверковая минерализация. На месторождении Каджаран, например, на нижних горизонтах наряду с молибденово-медным прожилково-вкрапленным оруденением появляются молибденово-медные жилы, а на жильном месторождении Чатыркуль широко распространена на отдельных участках молибденово-медная прожилково-вкрапленная минерализация.

Минеральный состав руд близок к составу руд медно-порфировых месторождений. Наиболее широко распространенные рудные минералы — магнетит, халькопирит; второстепенные — гематит, пирит, халькозин, молибденит, галенит, сфалерит, самородное золото. Жильные минералы представлены кварцем, кальцитом, хлоритом, серицитом; в меньшем количестве встречаются цеолиты, флюорит, барит. Характерными типами изменений вмещающих пород являются серицит-хлоритовые, сопровождаемые во внешних ореолах зонами пропицитизации (альбит, эпидот, хлорит).

К молибденово-золото-медному вторичнокварцитовому формационному типу отнесены многочисленные рудопоявления и мелкие месторождения, встречающиеся в связи с массивами типичных вторичных кварцитов. Последние сложены характерным для этой метасоматической формации набором фаций с отчетливо выраженной зональностью в их размещении. При переходе от центральных к периферическим частям массивов наблюдается смена монокварцевых, андалузитовых, андалузит-диаспоровых метасоматитов алунитовыми, серицитовыми, каолиновыми, а затем пропицитизированными породами.

Рудная минерализация в большинстве массивов представлена рассеянной вкрапленностью и прожилками халькопирита, пирита (с незначительной примесью молибденита), локализующимися преимущественно в алунитовых и серицитовых фациях вторичных кварцитов, в зонах повышенной трещиноватости. Для отдельных участков характерно повышенное содержание золота. Сколько-нибудь крупных промышленных концентраций медной или молибденовой минерализации в связи с этой формацией не установлено.

Рудопоявления вторичнокварцовой формации широко проявлены в СССР на территории Центрального Казахстана. Они отчетливо приурочены к области проявления позднепалеозойского орогенного вулканизма (рудопоявления Кургантас, Джусалы, Жаур, Шоинды и многие другие).

### **Взаимосвязь медно-порфировых месторождений с месторождениями других рудных формаций**

При рассмотрении взаимосвязи медно-порфировых месторождений с месторождениями других рудных формаций остановимся на вопросах: о месте их среди молибденово-медных, медных и молибденовых месторождений. Частично эти вопросы получили отражение при характеристике молибденово-медной минерализации конкретных зон и рудных полей, а также при описании месторождений.

Взаимосвязь медно-порфировых и других типов молибденово-медных месторождений нашла отражение в табл. 6, где показана

## Медные и меденосные формации [67]

Рудная формация — тип месторождения	Рудоносная формация	Группы формаций	Примеры месторождений	
Сульфидная медно-никелевая: Ni — Cu — норильский Ni — Cu — курейский Cu — Ni — печенгский Cu — Ni — мончегорский	Оливинит-габбровая Троктолит-долеритовая Габбро-верлитовая Перидотит-пироксенит-норитовая	Вулканогенно-интрузивные и интрузивные	Норильск Печенга Мончегорск	
(V) — Ti — Cu — Fe — волковский	Габбровая (?)		Волковское Чинейское	
(Mo) — Cu — Fe — скарновая — саякский	Диорит-гранодиоритовая		Саякское Каратас	
Молибденово-медная порфировая: (Mo) — Cu — аргиллизит-гумбетовая — кальмакырский и вторичнокварцит-аргиллизитовая — коунрадский (Mo) — Cu — пропитовая — бошекульский	Габбро-монцитсиенито-диоритовая, габбро-диорит-гранодиоритовая Габбро-диоритовая, габбро-диорит-плагиогранитовая, андезитдиоритовая	Вулканогенно-осадочные	Кальмакыр, Дальнее, Сары-Чеку, Коунрад, Карабас Бошекуль, Салаватское, Вознесенское	
Колчеданная: Cu и Zn — Cu — уральский Cu — Zn — Pb — алтайский	Спилит-кератофит-туфосланцевая Дацит-липарит-туфосланцевая		Вулканогенно-осадочные	Гай, Юбилейное, 50 лет Октября, XIX Партсъезда, Дегтярское, Белоусовское, Зыряновское
Медно-цеолитовая — тип оз. Верхнее	Базальт-липарит-терригенная			Осадочные
Медные руды в осадочных породах: медистые песчаники — джезказганский медистые сланцы и мергели — успенский медистые карбонатные породы	Пестроцветная флишевая „Черносланцевая“ Различных формаций	Осадочные	Джезказган, Удокан Успенское, Кызыл-Дере, Филизчай	

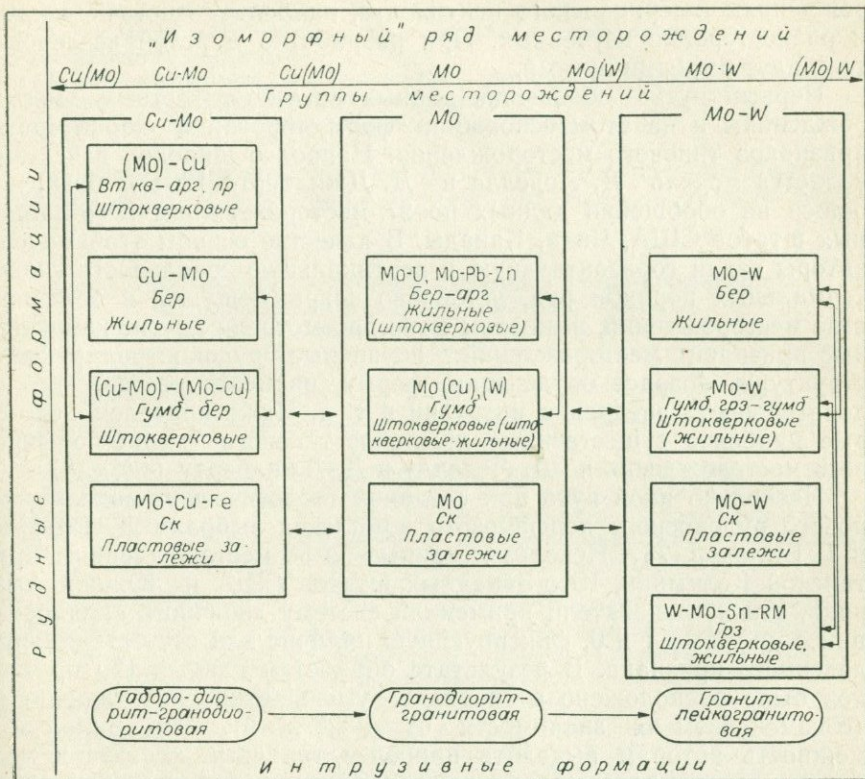


Рис. 62. Схема взаимосвязи главных типов молибденово-медных и молибденовых месторождений с магматическими и гидротермально-метасоматическими формациями.

Усл. обозначения см. на рис. 61; стрелками показаны переходы между формациями.

степень родства между отдельными типами, образующимися при разном тектоническом режиме, взаимосвязанными с вполне определенными магматическими и метасоматическими формациями. Место медно-порфировой группы среди других типов молибденовых месторождений показано на рис. 62, а среди обширной группы медных месторождений — в табл. 7, отражающей взаимосвязь медных месторождений с определенными рудоносными формациями.

### Модели типовых медно-порфировых месторождений

В настоящее время по медно-порфировым месторождениям накопилось весьма значительное количество фактических данных, которые дают вполне представительный материал для создания моделей типового медно-порфирового месторождения. Большин-

ство предложенных моделей базируется на материале по месторождениям Американского континента, наиболее многочисленных и разносторонне изученных. При разработке моделей исследователи идут разными путями.

Первый путь — обобщение данных по уже известным месторождениям и на этом основании формулирование характерных признаков типового месторождения. Наиболее широко известной является модель Д. Ловелла и Д. Джилберта [204], базирующаяся на обобщении данных по 27 месторождениям Юго-Западных штатов США, Чили, Канады. В качестве основы этой модели авторы взяли горизонтальную и вертикальную зональность гидротермальных пород и руд, устойчиво сохраняющуюся в большинстве месторождений, и на этом фоне рассмотрели другие характерные признаки месторождений: первичные рудоконтролирующие структуры, возраст оруденения, форму, размеры, состав, последовательность внедрения интрузий и т. д. Ниже приведем некоторые наиболее существенные признаки типового медно-порфирового месторождения по Д. Ловеллу и Д. Джилберту (табл. 8).

Несколько иной путь при создании геологической модели типового рудоносного порфирового комплекса выбрали Д. Геофрой и Т. Вигнэл [173]. Используя данные по 58 месторождениям Британской Колумбии, Юго-Западных штатов США и Южной Америки, эти исследователи применили систему двоичного кодирования с цифрами 1 и 0, фиксирующую наличие или отсутствие определенного признака. В результате обработки данных 170 признаков было расположено в порядке уменьшения их типичности (с изменением их значимости от 195,8 до 0). Это дало возможность авторам выделить наиболее типичные характеристики и на их основе создать сложную геологическую модель рудоносного порфирового комплекса пояса Кордильер, которая приводится ниже.

1. Боковая порода — основные вулканические породы мелового возраста, превратившиеся в роговообманковые.
2. Разломы, контролирующие интрузии — региональные разломы север-северо-западного и (или) север-северо-восточного направления.
3. Характер интрузивных пород — гранитоидная фаза: гранодиорит; порфировая фаза: кварцевый монзонит с резкими контактами; дайки: кварц-полевошпатовый порфир; имеются брекчии и диатремы.
4. Морфология интрузивного комплекса — форма горизонтального разреза: удлиненная или круглая; общая форма интрузива — шток.
5. Характер внедрения интрузий — пассивный; глубины — от средней до малой.
6. Минерализованные породы — порфировая и гранитоидная фазы интрузий.
7. Границы рудного тела — нормальные с некоторыми нарушениями.
8. Геометрия рудного тела — форма горизонтального разреза: овальная или удлиненная; общая форма рудного тела — трубообразная.
9. Ассоциации минералов — промежуточная зона: пирит+халькопирит; внутренняя и ядро: пирит+халькопирит+молибденит.
10. Последовательная концентрическая зональность — молибденит→халькопирит→пирит→галенит+сфалерит.

11. Распространенность сульфидов — пирит → халькопирит → борнит → молибденит.
12. Характер гидротермальных изменений — серицит-кварцевые (филлитовые) и калишпат-биотитовые.
13. Последовательная концентрическая зональность изменений — калишпат-биотитовая → кварц-серицитовая → (аргиллизитовая) зоны.
14. Уровень среза — до внутренней зоны или до ядра.

Эту модель авторы рассматривают как своеобразное руководство при поисках и разведке. Однако ряд выводов авторов вызы-

ТАБЛИЦА 8

**Геологическая характеристика типичного медно-порфирового месторождения Северной и Южной Америки, по Д. Ловеллу, и Д. Джилберту [204]**

Характерные особенности пород и руд	Параметры месторождения
Изверженные породы, вмещающие порфировые месторождения	Кварц-монцонитовый шток с абсолютным возрастом 65 млн. лет, контролируется северо-восточными и северо-западными трещинами; имеет удлиненную форму; размер на поверхности ~1800×1200 м; внедрение пассивное; штоки значительно преобладают над дайками. Последовательность внедрения интрузий соответствует ряду: диориты → кварцевые монцониты → кварц-монцонитовый порфир → кварцевый порфир. Все породы могут быть минерализованы
Рудное тело	Круглое или овальное поперечное сечение; границы постепенные или резкие (по сбросам); в изверженных породах заключено 70 % минерализации, в боковых ~30 %; средние размеры рудных тел 1000×1800 м; общий тоннаж руды 150 млн. т со средними содержаниями меди 0,8 (гипогенная + супергенная) и 0,45 % (только гипогенная); содержание молибдена 0,015 %
Гипогенные изменения	Границы зон изменения окolorудных тел ~700 м; периферическая зона — Chl, Ep, Kaol; внешняя — те же минералы; промежуточная — Qu, Kaol, Ser, Mut; внутренняя — Qu, Ser, Py; центральная — Qu, KFsp, Bt, Ser (And). Последовательность зон (от центра к периферии и снизу вверх): KFsp — Qu + Ser — Arg — Prop; KFsp — Qu + Ser (?)
Гипогенная минерализация	Периферическая зона — Ga, Sl, Ag, Au; внешняя — Py, Ga, Sl; промежуточная — Py > Cr > Bo при отношении Py:Cr = 23:1; внутренняя — Py > Cr > Mb > Bo, общее содержание сульфидов низкое, Py:Cr = 13:1; центральная — Py > Cr > Mb > Bo, Py:Cr = 3:1

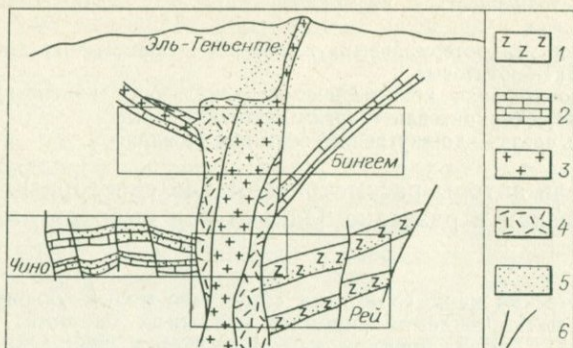


Рис. 63. Обобщенная модель интрузии, в связи с которой проявлено медно-порфировое оруденение [194].

1 — докембрийские диабазы; 2 — палеозойские известняки; 3 — интрузивные породы; 4 — палеоген-неогеновые вулканические породы; 5 — медно-порфировое оруденение; 6 — разрывные нарушения.

вают возражения. В частности, нельзя рассматривать как не имеющие типичных параметров такие признаки, как последовательность внедрения интрузий, последовательность зонной зональности сульфидов и др.

Кроме представленных разрабатываются модели рудоносных систем, которые определяют место медно-порфировых месторождений в ряду других формаций. Это модели Р. Силлитоу [232], В. Холлистера [189], Г. М. Власова и М. М. Василевского [21, 22] и других, а также модели характерных порфировых рудоносных комплексов А. Джемса [194] (рис. 8 и 63).

## ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАЗМЕЩЕНИЯ И КРИТЕРИИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ МЕДНО-ПОРФИРОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Медно-порфировые, так же как и оловянно-вольфрамовые, грейзеновые, медно-никелевые магматические, редкометальные пегматитовые и многие другие, относятся к характернейшим типам эндогенных месторождений, закономерностям размещения которых в пространстве и во времени посвящена обширная литература. Изучением особенностей локализации этой группы месторождений в разных аспектах занимались многие исследователи: при составлении прогнозных и металлогенических карт отдельных районов; при изучении геологии и металлогении вулканогенных поясов; при проведении геофизических исследований отдельных территорий; в связи с проблемами тектоно-магматической активизации; при специальном изучении молибденово-медных месторождений отдельных регионов (Юго-Западных штатов США, Чили, Армении и др.), а также группы этих месторождений в целом, при рассмотрении их как самостоятельной формации молибденовых или медных месторождений (В. Г. Грушевой, В. С. Домарев, И. Г. Магакьян, М. И. Ициксон, М. М. Василевский, А. Д. Щеглов, В. Т. Покалов, Н. А. Хрущов и другие).

подавляющее большинство имеющихся в настоящее время работ как зарубежных, так и отечественных исследователей касается анализа материала по выявлению особенностей размещения и условий формирования медно-порфировых месторождений в пределах отдельных рудных полей, районов, зон. Лишь в последние годы в связи с развитием идей новой глобальной тектоники и их применением к металлогении появился ряд публикаций, в которых проблемы закономерностей размещения медно-порфировых месторождений поставлены в глобальном, мировом масштабе и рассматриваются на примере отдельных континентов, подвижных поясов или земного шара в целом.

В итоге этих работ выявлены крупнейшие структурные элементы, контролирующие размещение медно-порфирового оруденения. С позиций тектоники плит новое объяснение получает связь медно-порфирового оруденения с вулканогенными поясами преимущественно орогенного типа, крупными разрывными структурами,

развивающимися на сочленении блоков различной мобильности и состава (сиалического и фемического профиля); намечены основные черты эволюции медно-порфирового оруденения в истории геологического развития геосинклинально-складчатых областей и земной коры в целом.

Ниже предпринята попытка суммировать закономерности размещения медно-порфировых месторождений с целью использовать их для разработки геологических критериев прогнозной оценки площадей на медно-порфировое оруденение. В связи со сказанным подробнее рассмотрим эти закономерности в последовательности от региональных планетарных к более локальным, имеющим значение для оценки перспектив отдельных районов, узлов, полей или выявленных рудопроявлений. Принятая последовательность изложения материала соответствует как бы общей очередности применения критериев, основанных на рассматриваемых закономерностях, при анализе перспектив территорий.

## Глава VII

### РЕГИОНАЛЬНЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАЗМЕЩЕНИЯ ЗОН С МЕДНО-ПОРФИРОВОЙ МИНЕРАЛИЗАЦИЕЙ

#### Время образования медно-порфировых месторождений

Время образования медно-порфировых месторождений в истории геологического развития Земли в целом и в пределах отдельных регионов и зон относится к числу общих и устойчиво сохраняющихся закономерностей, характерных для этой группы месторождений, которые необходимо учитывать при прогнозировании.

Медно-порфировые месторождения образуются в широком диапазоне времени: от среднего протерозоя до неогена включительно (PR<sub>2</sub> — N<sub>2</sub>). Наиболее древний возраст молибденово-медной прожилково-вкрапленной минерализации 1800 млн. лет установлен для месторождения Ялонвара на Кольском полуострове [110]. Как позднепротерозойское оруденение с возрастом 1077 ± 30 млн. лет описаны месторождения молибденово-медных прожилково-вкрапленных руд района озер Верхнее — Гурон в Канаде [163]. Предположительно PR — E (?) возраст указывают для прожилково-вкрапленного молибденово-медного оруденения Лекын-Тальбейского рудного поля на Полярном Урале. Кембрийским и кембрийско-ордовикским возрастом датируют оруденение месторождения Бошекуль в Северном Казахстане и некоторые молибденово-медные месторождения Аппалачей [191]. Девонский возраст (385—340 млн. лет) имеют молибденово-медные месторождения Восточ-

ной Австралии, предположительно девонский — месторождение Аксуг в Алтае-Саянской области, Селтей — в Северном Казахстане и др. [2, 178].

Однако типичные медно-порфировые месторождения, с которыми связаны крупные промышленные концентрации меди, возникли в более поздние эпохи в возрастном интервале от позднего карбона до позднего палеогена включительно и продолжали формироваться в течение всего неогена. Верхняя возрастная граница этих месторождений определяется цифрами 1,11—1,24 (гора Фубилан на о. Новая Гвинея), 1,7 млн. лет (месторождение Колоула).

Многочисленные данные определений абсолютного возраста гранитов, с которыми пространственно связана медно-порфировая минерализация, позволяют наметить по «частоте встречаемости» несколько максимумов развития медно-порфировых месторождений: поздний карбон — пермь — Урало-Монгольский пояс (Казахстан, Средняя Азия, Северная и Южная Монголия); поздний мел — ранний палеоген — Тихоокеанский подвижный пояс (Юго-Западные штаты США, Мексика, Британская Колумбия, Чили, Филиппины, Камчатка), Средиземноморский подвижный пояс (Югославия, Венгрия, Болгария, Иран) и др. Менее отчетливо выражен интервал триас — юра (месторождения Британской Колумбии, Северо-Запада Сибирской платформы). Медно-порфировые месторождения активно формировались в течение всего палеогена и неогена

ТАБЛИЦА 9

**Абсолютный возраст порфировых интрузий и гидротермально измененных пород месторождений Юго-Западных штатов США**

Месторождения	Возраст, млн. лет		Источник
	порфировой интрузии	гидротермальных образований	
Багдад	73—71	72 (биотит)	П. Дамон, Р. Маугер (P. Damon, R. Mauger, 1966); Роуз Кук (Rous Cook, 1965); С. Кризей (S. Creasey, 1965) Ф. Мак-Доуэлл (F. McDowell, 1966); П. Дамон (P. Damon, 1964); С. Кризей (S. Creasey, 1965) С. Кризей (S. Creasey, 1965) Р. Робинзон, А. Кук (R. Robinson, A. Cook, 1966) Роуз Кук (Rous Cook, 1965); С. Кризей (S. Creasey, 1965) П. Маугер (R. Mauger, 1966) С. Кризей (S. Creasey, 1965)
Нью-Корнелия	62	63 (биотит)	
Коппер-Ситиз Саффорд	64	63 (биотит)	
	58	53 (серицит)	
Сан-Мануэль	69	69, 65 (биотит)	
Сильвер-Белл Эсперанса	67	66, 63 (биотит)	
	59	63 (флогопит) 61 (мусковит)	
Пима	57	61 (биотит)	

гена. Таким образом, максимальный расцвет медно-порфировых месторождений соответствует интервалу 75—55 млн. лет. В этот период образовалось не менее 70% всех известных месторождений рассматриваемого типа.

Незначительное распространение медно-порфировых месторождений среди древних образований, по мнению В. С. Домарева [43], может быть следствием их метаморфизма, так как вкрапленное медное оруденение в сильнометаморфизованных породах докембрия распространено достаточно широко. Не исключена возможность, что в некоторых случаях оно представляет собой метаморфизованные залежи медно-порфировых руд.

Как показывают многочисленные определения абсолютного возраста, по времени образования минерализация соответствует формированию порфировых интрузий. Наглядно это можно проиллюстрировать данными по месторождениям Юго-Западных штатов США (табл. 9). При этом интересно отметить, что в тех районах, где совместно проявляются медные и молибденовые месторождения, устанавливается закономерная смена во времени медно-молибденового оруденения собственно молибденовым. В Юго-Западных штатах США, например, возраст молибденовых месторождений (Клаймакс, Гендерсон, Квеста и др.) 32—18, а медно-молибденовых порфировых 70—60 млн. лет. В Канадских Кордильерах, где выявлено два этапа проявления медно-молибденового и молибденового оруденения как в раннем этапе, так и в позднем первое проявляется раньше второго: для раннего этапа соответственно 200—165 и 140 млн. лет (Эндако и др.); для позднего — 60—70 и 55 млн. лет. В Аппалачах медно-молибденовые месторождения кембрийско-ордовикского возраста, молибденовые — девонского. В то же время непосредственно в пределах месторождений молибденовая стадия, как правило, предшествует медной.

### Связь с интрузивно-вулканогенными поясами

Связь медно-порфирового оруденения с регионально проявленными зонами интенсивного вулканизма и сопряженного с ним интрузивного магматизма составляет одну из наиболее общих и выдержанных закономерностей их размещения. Эта закономерность, проявляющаяся в пределах практически всех охарактеризованных (см. ч. I) рудных районов и зон с медно-порфировой минерализацией, неоднократно подчеркивалась автором [96, 99, 100] и отмечалась другими исследователями.

В настоящее время благодаря появившимся новым данным можно несколько уточнить и конкретизировать это общее положение, выделив несколько типов поясов, в пределах которых размещаются медно-порфировые месторождения различных формационных типов: первично-геосинклинальные, вторично-геосинклинальные, орогенные и активизационные [134]. Эти пояса различаются по широте распространения, мощности и составу слагающих их вул-

каногенных и интрузивных пород геосинклинального и орогенного рядов формаций.

Наиболее важная в промышленном отношении группа — собственно медно-порфировые месторождения — локализуется в пределах наложенных интрузивно-вулканогенных поясов — региональных структур орогенной стадии развития.

По определению Б. К. Устиева, М. И. Ициксона, В. Т. Матвеевко, Е. Т. Шаталова и других, интрузивно-вулканогенные пояса представляют собой планетарные структуры, прослеживающиеся на сотни и тысячи километров, возникающие на границе жестких консолидированных структур с геосинклинальными прогибами, связанные с зонами глубинных разломов земной коры и верхней мантии и характеризующиеся ведущей ролью в их образовании вулканических процессов. Областью широкого развития поясов этого типа является Тихоокеанское кольцо. В позднем мезозое и кайнозое сформировались интрузивно-вулканогенные пояса с типичными для них крупными и уникальными медно-порфировыми месторождениями Чили, Юго-Западных штатов США, Британской Колумбии. В Прибалхашско-Илийском поясе располагаются месторождения Северного Прибалхашья, в Курамино-Кызылкумском — Алмалыкского рудного района, в поясе Урмия — Дохтур — месторождения Ирана и т. д. (см. ч. I).

Характерной особенностью интрузивно-вулканогенных поясов этого типа является развитие их на континентальной коре в отличие от первично-геосинклинальных «островодужных», которые развиваются на коре переходного типа. Среди вулканогенных образований широко распространены породы порфировой группы формаций. В одних частях поясов вулканогенные образования порфировой формации развиваются на поднятиях и залегают с резким несогласием на породах кристаллического основания. В других, в частности в краевых зонах, имеет место определенная унаследованность развития вулканогенных формаций порфировой группы, непосредственно продолжающих ряды вулканических пород геосинклинальной стадии (порфировой группы формаций). Именно такие участки совмещения представляются наиболее благоприятными для развития медно-порфировых месторождений. Об этом можно судить на примере рассмотренной выше Перу-Чилийской провинции, а также некоторых районов Северо-Востока СССР. Причем в такой обстановке проявляется «вулканогенный тип» медно-порфировой минерализации. Для участков вулканических поясов, развивающихся на поднятиях (краевые части срединных массивов, геоантиклинальные поднятия, структуры рамы), характерна редуцированность развития вулканитов, синхронных по времени с оруденением, и наблюдается интенсивное развитие интрузивного магматизма габбро-диорит-гранодиоритовой и близких по составу формаций. Эта закономерность отмечалась ранее Д. В. Рундквистом [117, 118]. Вулканогенные образования, харак-

терные для орогенной стадии, в ряде районов «заходят» на структуры рамы срединных массивов и развиваются не только в завершающие стадии орогенного этапа, но и со значительным отрывом во времени на стадии тектоно-магматической активизации.

Наметить четкие критерии различия между медно-порфировыми месторождениями этих поясов (орогенными и активизационными) пока не представляется возможным. Однако несомненным является факт, что в медно-порфировых месторождениях интрузивно-вулканогенных поясов, более поздних по времени формирования, возрастает роль молибдена. При этом собственно молибденовые штокверковые месторождения формируются только в связи с поясами, возникшими на стадии тектоно-магматической активизации.

Наиболее резко от рассмотренных выше отличаются по условиям образования вулканические пояса геосинклинальной стадии. Название «первично-геосинклинальные» применительно к подобному типу структур, возникающих на островодужной стадии развития геосинклиналей, широко используется Г. А. Твалчрелидзе [134]. Пояса этого типа рассмотрены выше на примере островов Океании, северной части Карибского моря, Филиппин, Канадских Кордильер, Урала и др.

Принципиальное отличие первично-геосинклинальных вулканогенных поясов от других типов заключается в противоположных отмеченных выше особенностях вулканизма: редуцированном развитии орогенного ряда формаций или его отсутствии и широко, полным проявлении геосинклинального ряда. Одна из характерных особенностей медно-порфировых месторождений этих поясов — тесная взаимосвязь их с колчеданным оруденением.

Промежуточное положение между двумя рассмотренными типами занимают пояса, условно названные вторично-геосинклинальными. В пределах таких поясов распространены вулканогенные и интрузивные формации, занимающие по составу и строению промежуточное положение между типичными эвгеосинклинальными и орогенными. Интрузивные образования во вторично-геосинклинальных поясах также проявлены редуцированно. Магматические формации отражают промежуточные условия формирования месторождений. Вторично-геосинклинальные пояса закладываются на коре континентального типа и развиваются в пределах блоков континентальной коры, вовлеченных в геосинклинальное развитие на более поздней стадии процесса. Наиболее типичной областью развития зон вулканизма этого типа является западная ветвь Средиземноморского подвижного пояса (Тимокская область в Югославии, Среднегорская зона в Болгарии и др.).

В каждом типе поясов медно-порфировых месторождения имеют свою специфику и различаются по взаимосвязи с определенными магматическими, метасоматическими формациями, а также теми или другими типами месторождений.

### Закономерности размещения медно-порфировых месторождений с позиций тектоники плит

В последние годы за рубежом появилось большое число публикаций, в которых взаимосвязь медно-порфировых месторождений с вулканизмом и интрузивным магматизмом рассматривается с позиций новой глобальной тектоники (работы Ф. Гилда [186], Р. Силлитоу [230], Ф. Савкина [224] и многих других). Большой интерес к группе медно-порфировых месторождений не случаен и определяется, как было показано выше, четкой пространственной приуроченностью их к поясам развития андезитового вулканизма, прослеживаемым на расстоянии многих сотен или даже тысяч километров. Расположение подобных поясов с характерными для них медно-порфировыми и другими типами месторождений, вполне закономерное по отношению к зонам Беньоффа, позволило исследователям рассматривать особенности размещения этого типа месторождений с позиций тектоники плит и создать на основе этих представлений новую модель их формирования (рис. 64).

Намеченные выше три типа вулканогенных поясов с вариантами преимущественно интрузивного или вулканогенного проявления магматизма могут быть хорошо увязаны с типами глобальных структур, контролирующими медно-порфировое оруденение, выделяемыми сторонниками теории тектоники плит. Так, Ф. Гилд [186], например, намечает четыре случая размещения месторождений, располагающихся соответственно: а) вдоль простого

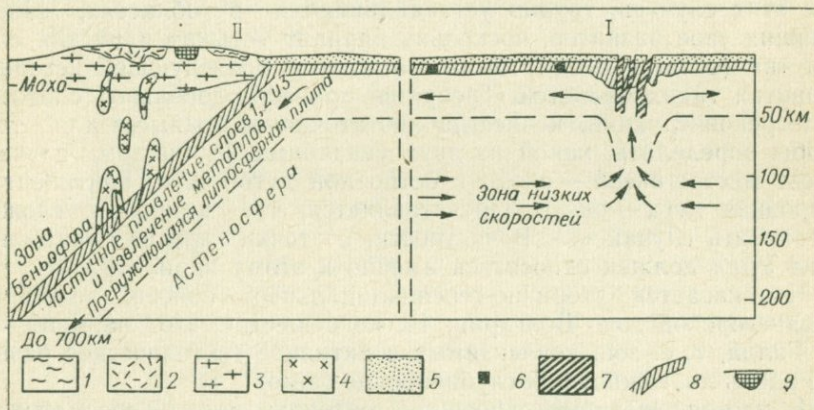


Рис. 64. Схема, иллюстрирующая модель формирования медно-порфировых месторождений с позиций новой глобальной тектоники [228].

I — срединно-океаническое поднятие (зона, обогащенная металлом эксаляций); II — глубоководный желоб.  
 1 — батолиты; 2 — вулканическая цепь; 3 — древняя континентальная кора (слой 1); 4 — известково-щелочная магма; 5 — океан; 6 — концентрация меди в океанической коре; 7 — базальтовая магма; 8 — базальт и габбро (слой 2 и 3); 9 — медно-порфировое месторождение.

стыка континент — океан на стороне континента, параллельно границам главных плит (например, Перу-Чилийская провинция); б) в пределах активизированных континентальных платформ, где распределение месторождений контролируется глубинными структурами в континентальной плите (Юго-Западные штаты США); в) вдоль простого стыка океан — океан (островная дуга) (месторождения о. Бугенвиль и других островов Океании, которые могут быть вовлечены при движении плит в более сложные комплексы); г) вдоль сложного стыка континент — островная дуга — океан (месторождения Британской Колумбии).

Из рассмотренных выше вулканогенных поясов группу орогенных и активизационных можно сопоставить с двумя первыми случаями в схеме Ф. Гилда («а» и «б»). При этом случай «а» соответствует тем частям орогенных поясов, где наблюдается унаследованность в развитии вулканизма с переходом от геосинклинальной к орогенной стадии (Перу-Чилийская провинция, некоторые районы Северо-Востока СССР). В участках поясов, наложенных на ранее консолидированные структуры (случай «б», по Ф. Гилду), где вулканизм проявлялся вдоль систем расколов, из рассмотренных выше примеров как зарубежных стран, так и СССР (Юго-Западные штаты США, Северная Монголия, Кураминская зона) видна тесная пространственная и временная связь этих двух типов и при описании они объединены в одну группу.

Вариант первично-геосинклинальных поясов, связанных с островодужной стадией развития геосинклиналей, соответствует случаям «в» и «г», по Ф. Гилду. Различия, намеченные Ф. Гилдом для этих случаев, трудно устанавливаются в областях, завершивших свое развитие, поскольку вариант «стыка» плит для случая «в» (океан — океан) бывает осложнен последующей историей развития таких областей. Требуется провести довольно сложные палеорекострукции, не всегда достаточно надежные, для того чтобы определить, какой из двух указанных Ф. Гилдом случаев имеет место: океан — океан с островной дугой или континент — островная дуга — океан. Представляется, что наиболее сложно установить случай «г». В частности, с точки зрения тектоники плит Урал должен относиться именно к этому варианту.

Что касается вторично-геосинклинальных поясов, подобных Среднегорской зоне Болгарии, то, по существу, это вариант «б» Ф. Гилда, т. е. зон, вовлекаемых в активное тектоническое развитие вдоль долгоживущих глубинных разломов.

В настоящее время с позиции тектоники плит пересматриваются многие установленные ранее закономерности и иначе трактуются вопросы генезиса медно-порфировых месторождений. Исходя из особенностей размещения этих месторождений по отношению к зонам Беньоффа выдвинут ряд конкретных площадей для поисков месторождений данного типа, в частности районы Японии, Новой Зеландии, острова Алеутские, Идзу-Бонин, Су-

матра, Новые Гебриды, Фиджи. К числу перспективных для поисков отнесены Малые Антильские острова, Камчатка, Бирма, Таиланд, а также ряд упоминавшихся ранее районов в пределах Альпийского (Средиземноморского) пояса [228].

Оценивая перечисленные площади с рассмотренных позиций, можно прийти к выводу о том, что их следовало бы выделить как перспективные и на основании принадлежности к одному из трех типов поясов, которые были намечены выше.

Систематический анализ территории СССР с позиций тектоники плит не проводился. Следует, однако, отметить, что известные в настоящее время районы развития медно-порфировых месторождений (Кавказ, Казахстан, Средняя Азия) не противоречат предложенным схемам размещения медно-порфировых месторождений с позиций тектоники плит. Для применения этих идей к конкретным районам необходимо проведение специального комплекса палеотектонических и палеовулканических построений с восстановлением палеозон Беньоффа, которые реконструируются значительно легче для мезозоя — кайнозоя, чем для более древних эпох. На настоящем этапе изучения закономерностей и разработки критериев прогнозирования изложенные положения следует учитывать лишь в самом общем виде. Представляется, что более реальным принципом выделения перспективных площадей являются не схемы сочленения плит с зонами абдукции и субдукции (Беньоффа), а реально картируемые вулканические пояса трех рассмотренных выше типов. Важное значение при этом имеет установление гомотропной направленности развития вулканизма и интрузивного магматизма, региональной металлогенической зональности и сопутствующего оруденения.

### **Структурная позиция рудных районов в пределах интрузивно-вулканогенных поясов**

Интрузивно-вулканогенные пояса как наложенные региональные структуры с момента своего возникновения развиваются на неоднородном основании. Повсеместно они приурочены к границе двух различных по мобильности и разнородных по составу сред. Эти пояса, имевшие уже при заложении неоднородное основание, в ходе дальнейшего формирования разделялись региональными разломами на отдельные более мелкие структуры, которые отличались по режиму своего развития. Одни испытывали устойчивую тенденцию к воздыманию и образовывали горст-антиклинали, в которых во многих зонах выходят породы нижнего структурного этажа — основания. Вулканогенные образования орогенного ряда формаций имеют здесь незначительное распространение. В опущенных участках, которые в структурном отношении представлены депрессионными структурами (грабен-синклиналями, мульдами проседания), накапливались мощные толщи

вулканогенных пород (подводные и субаэральные вулканы), переслаивающихся иногда с осадочными образованиями.

В ряде случаев гетерогенное блоковое строение вулканогенных поясов отчетливо выявляется по геофизическим данным, как это отмечалось ранее, например при описании Прибалхашско-Илийского пояса [96, 115].

Структурная позиция зон с медно-порфировой минерализацией в пределах вулканогенных поясов определяется приуроченностью их к зонам, переходным между эвгеосинклинальными прогибами, с одной стороны, и срединными массивами — с другой. Соответственно в пределах поясов как благоприятные на главный орогенный тип медно-порфирового оруденения могут быть выделены: а) краевые части эвгеосинклиналей на границе их со срединными массивами, что имеет место в Британской Колумбии; б) внутренние зоны срединных массивов фемического типа на границе их с эвгеосинклиналями, как это можно видеть на примере Юго-Западного Ирана и др.; в) геосинклинальные прогибы поздних генераций, заложенные на границе эвгеосинклиналей и срединных массивов, например зоны Северо-Востока СССР. Вторая структурная позиция рудных зон — развитие их в пределах вулканогенных поясов, перекрывающих геантиклинальные поднятия, — рассмотрена на примере Чилийского пояса.

Для группы геосинклинальных медно-порфировых месторождений характерная структурная позиция рудных зон определяется приуроченностью к осевым частям геантиклинальных поднятий (Филиппины, острова северной части Карибского моря и др.).

В пределах зон и поясов рудные поля с молибденово-медной минерализацией закономерно располагаются в краевых частях поднятий II порядка в непосредственной близости от депрессионных структур, что особенно наглядно проявляется в пределах Кураминской зоны (см. рис. 38). Здесь выделяется ряд рудных полей, характеризующихся именно такой структурной позицией [1]: Алмалыкское в Северо-Алмалыкском поднятии; Саук-Булакское и Кандырское в Северо-Карамазарской горст-антиклинали; Джиландинское в пределах Гудасского поднятия, расположенное в его северной части между сближенными здесь Лашкерекской и Камчикской мульдами проседания; Кандаганское и Бозымчакское в пределах Восточно-Кураминского поднятия.

Существенное влияние на локализацию оруденения оказывают структуры палеоподнятий, устанавливаемые по сокращенным мощностям разрезов, фациальным особенностям отложений или представленные выступами геосинклинального основания и блоков ранней консолидации. В пределах палеоподнятий вулканогенные образования собственно орогенного ряда формаций характеризуются сокращением мощностей, имеют ограниченное распространение или вообще отсутствуют. Именно в таких участках

широко развит интрузивный магматизм. Характерны, например, как отмечалось при описании Мисхано-Зангезурской зоны, отсутствие олигоценовых лав в районе медно-молибденовых месторождений Армении; непосредственные выходы блоков докембрийских пород в Среднегорской зоне Болгарии; «окна» фундамента в андезитовых покровах в районе медно-порфириновых месторождений Филиппин. Минимальная мощность эффузивно-пирокластических пород при интенсивном развитии интрузивного магматизма отмечается [115] и для Токрауского блока, в котором локализируются главные медно-порфириновые месторождения Северо-Западного Прибалхашья.

Характерно, что в районах с медно-порфириновой минерализацией, где вулканические покровы сильно эродированы, породы складчатого основания отличаются повышенной основностью и широким развитием темноцветных минералов. Это амфиболиты и амфиболовые гнейсы в Панагюрском районе Болгарии, полевошпат-биотитовые сланцы и диабазы в штате Аризона (США); кварц-хлоритовые сланцы и амфибол-биотитовые гнейсы в районе месторождения Майданпек в Югославии и др. Ассоциации подобных пород дают основание для предположения об эвгеосинклинальной природе пород складчатого основания. Отсюда следует важный вывод о большой роли древних структур в последующей истории развития и формирования месторождений, что было отмечено при описании месторождений.

### **Влияние разрывных структур на особенности размещения медно-порфириновых месторождений**

Влияние разрывной тектоники проявляется на протяжении всей истории формирования месторождений, начиная от заложения вулканогенных поясов, к которым приурочены месторождения, и кончая формированием систем трещин, определяющих морфологию и размеры рудных штоков. Положение наложенных интрузивно-вулканогенных поясов, контролирующих размещение рудных зон и провинций с медно-порфириновым орудением, определяют, как отмечалось выше, крупные глубинные разломы, возникающие на границе жестких консолидированных структур и геосинклиналей и прослеживающиеся на многие сотни километров.

В пределах вулканогенных поясов разломы разделяют участки с разным режимом развития и предопределяют блоковое мозаичное строение таких поясов. Системы разрывных нарушений обуславливают особенности размещения, форму, глубину залегания магматических тел. Положение рудных полей, узлов и непосредственно месторождений находится также в прямой зависимости от линейных разрывных структур разных порядков и участков их пересечения.

Рудоконтролирующими могут быть как зоны тектонических нарушений, согласные с общим простиранием региональных структур, так и «поперечные» и «кососекущие», расположенные под углом к этим структурам. Системы поперечных нарушений, подобных Люис-Кларку, Кинг-Атабаску и другим в Британской Колумбии, часто представлены крупными линеаменами древнего заложения, неоднократно подновлявшимися в более поздние эпохи. В ряде случаев такие зоны не выражены на поверхности, а устанавливаются лишь по геофизическим данным.

Собственно рудовмещающими для молибденово-медного оруденения являются в большинстве случаев не крупные разрывные нарушения, а оперяющие их трещины. Для отражения значимости разномасштабных разрывных структур при локализации оруденения, пользуясь терминологией А. В. Королева [63], их можно разделить на:

— рудоподводящие, к которым мы относим такие разломы, как Западно-Алмалыкский, Дебаклинский, Гондунбейский и др.;

— рудораспределяющие (например, в Алмалыкском районе Мисканский и Бургундинский разломы). Рудораспределяющими структурами могут быть также контакты между отдельными интрузивными фазами или контакты интрузивных тел с вмещающими породами (например, месторождения Елаците, Медет в Болгарии и др.);

— рудовмещающие, которые представлены либо трещинами оперения более крупных разломов, либо системами трещиноватости, возникающими в эндо- и экзоконтактовых зонах штоков.

По отношению к рудоконтролирующим нарушениям могут быть указаны следующие наиболее благоприятные места локализации оруденения. Первостепенное значение имеют участки двойных и более сложных пересечений, в которых возникают зоны повышенной проницаемости, благоприятные для локализации как магматических пород, в том числе даек, так и связанного с ними оруденения.

Благоприятными для локализации оруденения могут быть также участки пересечения региональными разрывными нарушениями контактов разнородных интрузивных пород или интрузивных и вмещающих. Зонами повышенной проницаемости, возникающими в таких участках, может контролироваться положение штоко-, жилообразных тел и полей развития даек, в пространственной связи с которыми встречается оруденение. Примеры влияния разрывных структур на особенности размещения рудных зон, полей, узлов и месторождений можно найти во всех охарактеризованных выше зонах.

Глубинный «интратерриториальный» разлом, протягивающийся более чем на 1000 км, контролирует размещение рудного пояса с молибденово-медными месторождениями Камчатского Срединного хребта [21]; Гондунбейский с оперяющими его системами трещин, прослеживающийся по простиранию более чем на

300 км,—месторождения Восточного Китая (М. И. Ицксон, 1966 г.); Дебаклинский, протягивающийся более чем на 50 км,—месторождения Юго-Восточной Армении; вблизи Кондатского глубинного разлома располагается Аксугское месторождение; вдоль Бедашорского разлома локализуются рудопроявления Лекын-Тальбейского рудного поля; к Западно-Ирендыкскому разлому приурочено Салаватское месторождение; Баргобинский разлом контролирует рудный узел Цаган-Субарга в Южной Монголии; линия Дарно — рудное поле Речк в Венгрии и т. д.

Рудоконтролирующими для медно-порфировых месторождений могут быть также, как отмечалось выше, зоны скрытых глубинных разломов. Если региональные разломы этого типа, подобные отмеченным для Британской Колумбии, определяют размещение зон с медно-порфировой минерализацией (см. рис. 19), то более мелкие, такие как Западно-Алмалыкский, контролируют рудные поля. Решающее значение для размещения интрузий и оруденения в Алмалыкском рудном поле имели, как отмечалось при описании Кураминской зоны, участки пересечения вышеупомянутого скрытого Западно-Алмалыкского разлома с более молодыми Мисканским и Бургундинским.

Наряду с перечисленными выше разрывными нарушениями ведущая роль для локализации медно-порфировых месторождений во многих зонах принадлежит вулканическим структурам: жерлам древних вулканов, вулканическим аппаратам, центрам извержения. Особенно широко вулканические структуры распространены в слабоэродированных зонах с хорошо сохранившимися мощными вулканическими покровами, в первую очередь в Перу-Чилийском поясе, на территории Аргентины, Мексики, в месторождениях Прибалхашья.

К широко распространенным рудоконтролирующим структурам относятся также трубчатые и дайкообразные тела взрывных брекчий, проявляющиеся в пределах очень многих рудных полей с медно-порфировой минерализацией. Подобные структуры особенно широко развиты в медном поясе Чили, где брекчиевые трубки непосредственно контролируют распределение молибденово-медного оруденения в ряде месторождений: Эль-Теньенте, Эль-Сальвадор, Рио-Бланко и др. [105, 192, 222]. Широко распространены брекчиевые трубки в районе месторождения Кананеа в Мексике и др. Тесная взаимосвязь рудных тел с брекчиевыми трубками отмечается в районе Бисби: к брекчии интрузивного порфира приурочена в этом районе лучшая руда в руднике Левендер. Рудоносные брекчиевые трубки и тела взрывных брекчий известны также в пределах Коунрадского месторождения Прибалхашья, в месторождениях Цаган-Субарга и Эрдэнитуин-Обо в Монголии и во многих других.

В заключение подчеркнем, что непосредственно в пределах рудных полей для локализации оруденения важное значение име-

ют системы трещин II и III и более высоких порядков по отношению к главным рудоконтролирующим структурам (мелкие сколовые нарушения, участки их пересечения с контактными поверхностями интрузивных тел разных фаз, зоны брекчирования). Морфология и размеры рудных штоков определяются системами трещиноватости, возникающими в эндо-экзоконтактных зонах при застывании интрузий. Системы таких трещин часто развиваются грубо параллельно контакту штоков и зависят от формы, глубины залегания и особенностей строения интрузивов.

Как отмечает А. Шварц [227], системы тесно расположенных трещин интрузивного тела являются самой характерной особенностью медно-порфировых месторождений и необходимым условием их образования.

### **Особенности состава, строения и эволюционного развития рудоносных магматических формаций**

Необходимым условием образования медно-порфировых месторождений, как следует из описания всех зон, является интрузивный магматизм определенных формаций. Только на стадии интрузивной деятельности возникают крупные месторождения. В ряде случаев они обнаруживают связь с экструзивными и жерловыми фациями. Ниже подробнее рассмотрим особенности магматических пород сначала для группы медно-порфировых орогенных месторождений, а затем геосинклинальных — «островодужных».

Из сопоставления интрузивных пород разных зон следует, что наиболее широко среди них распространены породы габбро-диорит-гранодиоритовой формации и ее «щелочных» аналогов: габбро-сиенито-диоритовой, габбро-сиенито-монзонитовой и близких им формаций. Поздние дифференциаты этих формаций представлены гранодиорит-порфирами, кварцевыми монзонит-порфирами, гранит-порфирами, в непосредственной пространственной связи с которыми встречается оруденение.

Породы указанных формаций слагают в одних случаях крупные многофазные плутоны, в других более мелкие и простые по составу штокообразные тела среди вмещающих пород. Форма интрузий и их размеры находятся в прямой зависимости от глубины формирования и степени эрозийного среза, что достаточно наглядно можно видеть на типовых моделях рудоносных комплексов (см. рис. 8, 63).

Именно различные условия глубинности становления интрузий служат основой для выделения вулканогенной и плутоногенной групп медно-порфировых месторождений. Причем в случае образования интрузий в верхнем структурном этаже не всегда можно проследить полные ряды интрузивных пород, дифференциатами ко-

торых являются минерализованные порфировые интрузии. Так, например, в ряде рудных полей медно-порфировых месторождений Южной Америки, как отмечает В. Холлистер [188], единственная обнаженная изверженная порода — это порфировая интрузия, вмещающая оруденение, например месторождение Мичикильяй и др. Но вместе с тем встречаются интрузивные тела очень больших размеров: Ордубадо-Мегринский плутон, например, к которому приурочены медно-молибденовые месторождения Юго-Восточной Армении, обнажается на площади более 800 км<sup>2</sup>; батолит Боулдер прослеживается на десятки километров и т. д.

Крупные батолиты часто выходят на поверхность в виде отдельных разобщенных куполов или небольших апофиз, а иногда не доходят до поверхности и образуют слепые купола, например месторождение Речк в Венгрии; Дальнее в Алмалыкском районе.

Для интрузивных комплексов отдельных зон, рудных полей, месторождений характерны отчетливо выраженные гомодромные ряды последовательно возникающих интрузивных пород, изменяющихся по составу от основных к кислым по мере перехода от ранних к поздним как внутри отдельных фаз, так и внутри комплексов, что проиллюстрировано достаточно наглядно на примере всех зон. По особенностям состава можно выделить ряды полного и неполного развития магматизма: «длинные» и «короткие», с каждым из которых связаны различные рудные образования.

Длинные эволюционные ряды характерны, например, для Мисхано-Зангезурской зоны Армении, Кураминской зоны Средней Азии. Для Мисхано-Зангезурской зоны, основываясь на данных В. Г. Грушевого (1941 г.), С. С. Мкртчяна (1958 г.), Н. К. Паффенгольца (1976 г.) и других, можно написать следующие ряды развития магматизма.

IV фаза: дайки.

Оруденение.

III фаза: порфировидные гранодиориты → граниты.

II фаза: банатиты → гранодиориты → граниты.

I фаза: габбро-диориты → монзониты → сиенито-диориты → гранодиориты → щелочные сиениты.

Для Кураминской зоны Средней Азии, основываясь на данных В. А. Богомольного (1962 г.), А. И. Арапова (1960 г.), И. М. Голованова (1970 г.) и других, можно привести следующие ряды.

IV фаза: дайки (T<sub>1</sub>).

Оруденение.

III фаза: диоритовые порфиры → гранодиорит-порфиры → гранит-порфиры (порфировая формация) (C<sub>3</sub>—P<sub>1</sub>).

II фаза: гранодиориты → граниты → гранодиорит-порфиры → гранит-порфиры (C<sub>3</sub>).

I фаза: габбро → габбро-диориты → диориты, сиенито-диориты → гранодиориты (C<sub>2</sub>).

Последовательность проявления пород дайковых серий, формирующихся в IV заключительную фазу после оруденения, обычно соответствует гомодромному ряду.

С длинными эволюционными рядами при дифференциации пород от основных до кислых в широком диапазоне возникают сложные по минерагению рудные поля или районы со сменой оруденения от молибденит-халькопирит-магнетитового скарнового к молибденово-медному порфиоровому, далее к свинцово-цинковому и золоторудному, представленному соответственно метасоматическими залежами и жилами, например Алмалыкский район, Каджаранское рудное поле и др. С короткими эволюционными рядами связаны более простые и однообразные типы месторождений без самостоятельных проявлений свинцово-цинковой и золоторудной минерализации (Магнитогорская зона Урала, медно-порфировая провинция Филиппин).

Намечается отчетливая корреляция между диапазоном эволюции и главным звеном ряда, с одной стороны, и составом руд — с другой. Благоприятным для медно-порфиорового оруденения является большой диапазон эволюции при главном звене, соответствующем гранодиоритам. Типично устойчивое стремление к повышению щелочности начиная с минеральных образований средних по составу продуктов. При этом чем больше пестрота состава магматических пород, тем более разнообразна по составу возникающая в связи с ними минерализация. Чем полнее проявлены начальные, более основные по составу члены ряда, тем руды богаче медью. Чем шире распространены кислые конечные члены ряда, тем руды богаче молибденом. Одна из наиболее важных практических закономерностей проявляется в том, что крупные месторождения образуются в связи с главным звеном ряда пород данной формации. В связи с другими членами интрузивного ряда возникают мелкие непромышленные месторождения, но значительных размеров могут достигать при этом другие типы месторождений.

Для медно-порфировых месторождений второй группы — «островодужных» (или геосинклинальных) — характерна взаимосвязь с несколько иными более основными и менее щелочными по составу интрузивными породами, формирующимися на завершающих стадиях собственно геосинклинального этапа развития, до главных фаз складчатости.

Как следует из описания зон, в одних случаях — это интрузии габбро-диоритовой формации (Магнитогорская, Зауральская зоны Урала), в других — габбро-диорит-плаггиогранитовой (Бошекульская зона Казахстана). Взаимосвязью с интрузиями, представленными кварцевыми, роговообманково-кварцевыми диоритами, характеризуются медно-порфировые месторождения районов островных дуг — Филиппин, Новой Гвинеи, Соломоновых островов и Пуэрто-Рико.

В специальной работе С. Кезлера и др. [196], посвященной интрузивным породам медно-порфировых месторождений островных дуг, отмечаются следующие характерные для этой группы особенности, установленные на примере островов северной части Карибского моря. Интрузии островных дуг, с которыми связаны месторождения, имеют более простой состав по сравнению с интрузиями орогенных поясов. Среди слагающих их пород количественно преобладают породы ранних фаз, главным образом кварцевые диориты при резко подчиненном развитии гранодиоритов, кварцевых монцититов, сиенитов. По минеральному составу интрузивные породы, распространенные в пределах медно-порфировых месторождений, отчетливо подразделяются на две группы (рис. 65). Среди интрузий островных дуг значительно меньше распространены порфиновые разновидности пород.

Как отмечает С. Кезлер и др. [196], интрузии, с которыми связана медно-порфировая минерализация Юго-Западных штатов США, значительно богаче калием и кремнеземом по сравнению с интрузиями островных дуг северной части Карибского моря. При 60%  $\text{SiO}_2$ , например, интрузии островных дуг имеют содержание  $\text{K}_2\text{O}$  от 0,5 до 3%, а интрузии орогенных областей — от 1,5 до 5%. Интрузии островных дуг беднее не только калием, но и рубидием, радиогенным стронцием и, возможно, свинцом.

Отмеченные особенности характерны не только для интрузивных пород островов северной части Карибского моря, но и для других рудных районов, в частности Филиппин, островов Океании. Близкие особенности интрузивных пород отмечены для отдельных районов Британской Колумбии, в пределах которых медно-порфировые месторождения локализируются в базальт-андезитовых породах, сформировавшихся в обстановке островных дуг. Наиболее известная из этих интрузий — батолит Гукон, в пределах ко-

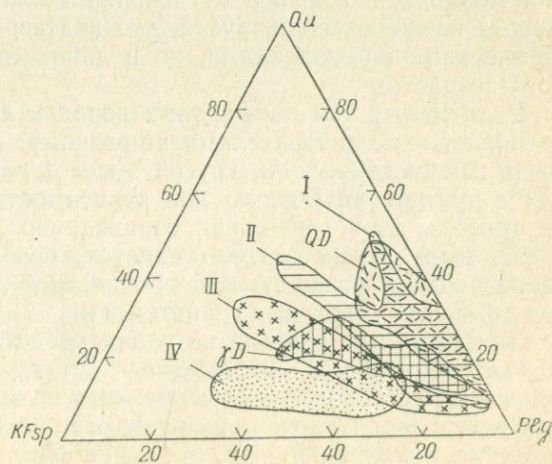


Рис. 65. Особенности состава интрузивных пород разных групп медно-порфировых месторождений, по данным С. Кезлера и др. [196].

Месторождения: I, II — островодужные пропилитовые (I — острова северной части Карибского моря, II — батолит Гукон, Британская Колумбия); III, IV — орогенные (III — Ахо-плутон Корнелия, IV — шток Бингем). QD — поле кварцевых диоритов,  $\gamma D$  — гранодиоритов.

того размещается минерализация района Хайленд-Валли,— по составу пород занимает промежуточное положение между кварцевыми диоритами и гранодиоритами, что наглядно отражено на рис. 65.

Отмеченные особенности интрузивных пород, в связи с которыми встречаются медно-порфировые месторождения разных формационных типов, необходимо иметь в виду при прогнозировании.

## Глава VIII

### ЛОКАЛЬНЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАЗМЕЩЕНИЯ МЕДНО-ПОРФИРОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

#### Значение порфировых интрузий при формировании месторождений

Тесная пространственная и временная связь молибденово-медных месторождений жильково-вкрапленных руд с порфировыми интрузиями является такой характерной их особенностью, которая нашла отражение даже в самом названии группы — «porphyry copper».

Повсеместно наблюдается тесная приуроченность оруденения к эндо- и ближайшим экзоконтактным зонам порфировых интрузий. Во многих месторождениях по отношению к контактовым поверхностям отчетливо выражена зональность в распределении оруденения и гидротермальных пород. Вдоль этих поверхностей проявляются наиболее интенсивные изменения пород и концентрируется самая богатая рудная минерализация. По времени образования молибденово-медное оруденение также тесно связано с внедрением порфировых интрузий, что подтверждается не только геологическими наблюдениями, но и данными определений абсолютного возраста.

Роль малых тел порфировых пород в локализации оруденения оценивается исследователями по-разному: одни рассматривают их связь как генетическую, другие — как парагенетическую, третьи — как структурную. Однако вне зависимости от характера, точнее от природы этой связи, как справедливо заметил Б. Стрингам [236], интрузивный порфир является абсолютно необходимым для образования месторождений: проявляется ли он самостоятельно или совместно с другими гранитоидами.

По форме порфировые интрузии представлены преимущественно штоками, менее характерны дайки; среди вулканогенных пород распространены силлы, некки, жерла палеовулканов и т. п. Как установлено статистически на основании данных по большому числу месторождений [173, 204], наиболее благоприятны для ору-

денения тела с площадью выхода на поверхность, составляющей 0,5—2 км<sup>2</sup>.

Становление порфировых интрузий происходит в гипабиссальных и близповерхностных условиях на глубинах, не превышающих 2—2,5 км. Об этом свидетельствуют подсчеты мощностей пород кровли. Это отражено на типовых моделях рудоносных систем (см. рис. 8). Формирование отдельных тел, приуроченных, в частности, непосредственно к жерловинам палеовулканов, может происходить на расстоянии нескольких сотен метров от поверхности, т. е. это интрузии субвулканической фации глубинности. Сравнительно быстрая кристаллизация гранитоидов в гипабиссальных и приповерхностных условиях обусловила определенные особенности структуры и состава пород, частично рассмотренные ниже: широкое распространение порфировидных структур; зональное строение плагиоклазов; реакционные взаимоотношения между плагиоклазом и каликатровым полевым шпатом, пироксеном, амфиболом и биотитом; сложный состав и микропертитовое строение каликатровых полевых шпатов и др.

Среди пород, слагающих порфировые интрузии, по составу преобладают кварцевые монзонит-порфиры, гранодиорит-порфиры, меньше распространены более кислые и основные разновидности: гранит-порфиры, плагиограниты, андезитовые и диоритовые порфириты и др.

Довольно наглядные цифры, отражающие в известной степени общую картину, можно привести по составу малых интрузий в районах распространения медно-порфировых месторождений в Юго-Западных штатах США. По данным Б. Стрингама [236], в 17 районах из 24 интрузивные породы, слагающие порфировые интрузии, относятся к группе кварцевых монзонитов — гранодиоритов; в восьми районах среди пород, слагающих порфировые интрузии, распространены породы кислого аляскит-гранитного состава и только в двух известны породы более основного диоритового состава. Приблизительно такая же картина характерна для Чили.

В районах развития молибденово-медного оруденения на территории СССР порфировые интрузии, с которыми связано молибденово-медное оруденение, представлены преимущественно гранодиорит-порфирами (Прибалхашье, Алмалыкский район, Юго-Восточная Армения).

Порфировые интрузии, залегающие среди пород раннегеосинклинальных андезит-дацитовых и спилито-кератофировых формаций, представлены более основными разновидностями: диоритовыми порфиритами, биотит-роговообманковыми диоритами, плагиогранит-порфирами (Бошекуль в Северном Казахстане, месторождения Филиппин, островов Океании, Карибского моря и др.).

Петрографические особенности пород, слагающих малые интрузии, изучены на примере только отдельных районов, поэтому

характерные особенности их можно суммировать лишь в самом общем виде. До сих пор ни в одном районе не было выявлено таких признаков в составе и строении порфировых интрузий, которые позволяли бы судить, являются ли эти интрузии продуктивными или нет в отношении молибденово-медного оруденения.

Текстурные особенности пород малых интрузий характеризуются большим разнообразием. Количество порфировых вкрапленников в породах, слагающих порфировые интрузии, резко варьирует. Именно это заставило американских геологов [236] ввести определенную градацию и различать три группы пород: а) если порфировых вкрапленников  $>50\%$ , породы называют порфирами: гранит-порфир, кварцевый монцонит-порфир и т. д.; б) если порфировых вкрапленников  $<50\%$ , экструзивные породы называют риолитовыми порфирами, кварц-латитовыми порфирами; в) при резко подчиненном количестве фенокристаллов ( $\sim 5\%$ ) или в случае их полного отсутствия породы называют риолитами, кварцевыми латитами. Характерны постепенные переходы от пород с большим числом фенокристаллов к породам, почти лишенным их. Большие размеры фенокристаллов, как отмечает Б. Стрингам [236], характерны для тех пород, где эти порфировые вкрапленники преобладают количественно.

«Продуктивные» порфировые тела, с которыми связано молибденово-медное оруденение, имеют равномернозернистую, гипидиоморфнозернистую структуру основной массы с полной дезориентацией слагающих их минералов. «Непродуктивные» порфиры часто сложены различными по размеру зернами с острыми прямыми краями и характеризуются одновременным угасанием кварца и полевого шпата в пределах отдельных участков.

Особенности минерального состава малых интрузий изучены пока лишь для отдельных регионов. Основываясь на статистических данных по 24 районам с медно-порфировыми месторождениями Юго-Западных штатов США, Б. Стрингам [236] отмечает следующие особенности состава порфировых интрузий: повсеместное присутствие в них кварца; широкое распространение среди порфировых интрузий пород, содержащих как калиевый полевой шпат, так и плагиоклаз при резко подчиненном развитии плагиоклазовых разностей. Характерно, что почти в одной трети месторождений калиевый полевой шпат преобладает над плагиоклазом; в большинстве случаев плагиоклаз не более основной, чем андезин; калиевый полевой шпат представлен преимущественно ортоклазом, в редких случаях микроклином.

### Роль вмещающих пород в локализации оруденения

*Влияние на размещение оруденения литологического состава пород.* В пределах рудных полей и непосредственно месторождений существенное влияние на закономерности распределения ми-

нерализации оказывает литологический состав вмещающих пород. При анализе условий залегания молибденово-медных порфировых месторождений обращает на себя внимание приуроченность их к алюмосиликатным породам преимущественно среднего, а также среднекислого и среднеосновного составов, представленным интрузивными, эффузивными и эффузивно-пирокластическими разностями. По подсчетам, проведенным А. А. Малаховым [77], более 82% запасов эндогенной меди сосредоточено в месторождениях, залегающих среди вулканогенных толщ в малых порфировых интрузиях и на контакте их в эффузивах среднего и основного состава (вблизи экструзивных кислых порфиров гранитоидного состава); около 90% запасов меди содержится в месторождениях, расположенных в областях широкого развития эффузивно-экструзивной деятельности и малых гранитоидных интрузий; почти все запасы меди связаны с силикатной средой. Что касается медно-порфировых месторождений, то большинство из них залегает либо в гранитоидных породах, непосредственно в телах порфировых интрузий (гранодиорит-порфирах, кварцевых монзонит-порфирах, плагиогранит-порфирах, реже гранит-порфирах и диоритовых порфиритах), либо среди пород экзоконтактовых зон (эффузивных, интрузивных, метаморфических).

Среди эффузивных пород, вмещающих порфировые интрузии и связанное с ними оруденение, распространены главным образом андезиты, андезито-дациты, базальты, базальт-андезиты, реже более кислые и основные разности пород; среди интрузивных — гранодиориты, диориты, сиенито-диориты, плагиограниты; среди метаморфических пород преобладают кристаллические сланцы и гнейсы с темноцветными минералами (биотитовые, биотит-амфиболовые, амфиболовые и т. п.).

Влияние осаждающей способности отдельных групп пород на особенность распределения и интенсивность минерализации можно наблюдать практически во всех районах развития медно-порфировых месторождений.

Показательные цифры, характеризующие состав вмещающих пород, приведены А. Шмидтом [226] по месторождениям Юго-Западных штатов США: в 12 районах из 24 рудные тела приурочены непосредственно к интрузивным породам; в четырех — к интрузивным и вмещающим их вулканическим образованиям; в двух — к метаморфизованным палеозойским породам.

Среди месторождений Юго-Западных штатов можно назвать такие, в которых среди изверженных пород локализуется практически вся минерализация: Бьютт, Касл-Доум, Коппер-Ситиз, Минерал-Парк и др. Но вместе с тем подсчитано, что около 30% всей руды этого региона, добытой из медно-порфировых месторождений, залегало во вмещающих породах, а не в интрузиях. Например, в таких месторождениях, как Бисби, Рей, Мишен и др., во вмещающих породах была заключена практически вся руда.

Интересный пример влияния вмещающих пород на состав и распределение минерализации представляет Алмалыкское рудное поле.

Как показано в работах А. В. Королева, Т. Тулеганова, С. Т. Бадалова и др. [63, 65], большинство медно-порфировых месторождений Алмалыкского района располагается в сиенито-диоритах, меньшее число — в гранодиорит-порфирах или на контакте их с кварцевыми порфирами ( $D_1$ ) в отличие от свинцово-цинковых месторождений, локализующихся преимущественно в карбонатных породах, и золоторудных, залегающих главным образом в эффузивных образованиях.

Как отмечалось при характеристике Кураминской зоны, на месторождениях Кальмакыр и Сары-Чеку промышленное оруденение, приуроченное к сиенито-диоритам или гранодиорит-порфирам, размещается в вертикальном диапазоне, соответствующем горизонту нижнедевонских эффузивов, и не выходит за их пределы. На месторождении Сары-Чеку, где этот горизонт имеет небольшую мощность, рудное тело приобретает пластообразную форму и локализуется только в кварцевых порфирах, переходя на том же уровне в прилегающие части массива гранодиорит-порфиров.

Медные минералы образуют, как правило, наиболее высокие концентрации в породах, более обогащенных темноцветными минералами. Концентрацию сульфидов в железо-магнезиальных минералах вмещающих пород отмечает Г. Шварц [227] как характерную особенность многих медно-порфировых месторождений Юго-Западных штатов США. На месторождении Медет (Болгария), по данным А. Ушева и др. [137, 138], в богатых железом кварцевых монцитит-порфирах меди в 5—6 раз больше, чем в лейкократовых породах. Интересный пример влияния состава вмещающих пород на состав минерализации приведен в одной из ранних работ по месторождению Бьют в штате Монтана. Промышленная медная минерализация приурочена к тем участкам жил, которые размещаются в роговообманковых гранитах. При пересечении этими жилами аплитовых тел рудная минерализация почти полностью исчезает.

В ряде месторождений отчетливо выражена зависимость между преобладанием меди или молибдена и составом вмещающих пород. Наглядный пример в этом отношении представляют собой месторождения Югославии. Если в месторождении Бор, залегающем среди андезитов как в сплошных пиритовых телах, так и в зонах вкрапленных руд, встречаются только медные минералы (халькопирит, борнит, энаргит), в месторождениях Майданпек, Боров Дол, Бучима и др., которые локализируются как в андезитах, так и в метаморфических породах, по мере перехода оруденения в гнейсы и кристаллические сланцы наряду с медными минералами появляется молибденит. В месторождении Мачкатица, лока-

лизующемся исключительно в гранодиоритах, развито только молибденовое штокверковое оруденение. Таких примеров можно привести много.

Показательные цифры в распределении пирита и халькопирита в породах разного состава были получены К. Ф. Налетовой для месторождения Кальмакыр. В породах сиенитовой группы содержание халькопирита оказалось здесь резко повышенным, а пирита — пониженным по сравнению с гранодиорит-порфирами (отношение пирита к халькопириту в гранодиорит-порфирах составляет 18 : 1, а в сиенитах и сиенито-диоритах 2,4 : 1).

Влияние литологического состава пород сказывается, как было отмечено ранее, и на характере гидротермальных изменений: наиболее интенсивная калишпатизация проявляется в породах, обогащенных калием (сиенитах, сиенито-диоритах и др.); широкое развитие биотитизации и хлоритизации наблюдается в меланократовых породах и т. д.

Вмещающие и подстилающие породы могут быть также источником как рудных, так и нерудных компонентов, образующих, в частности, анионные группы:  $\text{CO}_2$ ,  $\text{SO}_3$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$  и др.

Важное значение как источник серы при формировании молибденово-медных месторождений могут иметь, например, карбонатно-гипсовые толщи, широко распространенные среди вмещающих и подстилающих пород многих месторождений. На примере месторождений Алмалыкского района С. Т. Бадаловым, А. Турсебековым [8] и другими было показано, что сера, необходимая для образования сульфидов, возникает за счет восстановления первичных сульфатов, о чем, в частности, свидетельствует более легкий (~на 2%) изотопный состав сульфидной серы по сравнению с сульфатной. Как считают указанные авторы, такая разница возникает только при восстановлении сульфатной серы до сульфидной, при обратном процессе (окисление сульфидной серы) подобного резкого разделения не происходит.

Наглядным примером влияния подстилающих пород может служить широкое развитие в молибденово-медных месторождениях Алмалыкского района ангидрита, образование которого С. Т. Бадалов и В. И. Виноградов [20] объясняют заимствованием и переотложением его из нижележащих карбонатно-гипсовых толщ. Этот факт заслуживает особого внимания и дальнейшего изучения в связи с тем, что ангидрит как широко распространенный минерал в настоящее время отмечается для медно-порфириновых месторождений многих районов (Чили, Юго-Западные штаты США, Иран и др.), что является следствием определенных условий их формирования.

*Влияние на размещение оруденения физико-механических свойств пород.* Наряду с литологическим составом пород важное значение для локализации молибденово-медного оруденения имеют

их физико-механические свойства, которые приобретают перво-степенное значение при развитии оруденения в близких по составу породах. Во многих месторождениях интенсивность оруденения находится в прямой зависимости от интенсивности трещиноватости пород. Молибденово-медное оруденение в месторождениях Юго-Восточной Армении, например, концентрируется в монцонитах, наиболее раздробленных и в то же время наиболее богатых темноцветными минералами породах. Свежие и плотные гранодиорит-порфиры оруденения практически не несут, хотя в зальбандах даек такого же состава, расположенных в монцонитах, молибденово-медное оруденение проявляется весьма широко. В прямой зависимости от степени раздробленности пород распределяется медное оруденение в месторождении Сары-Чеку.

Очень важным показателем «благоприятности» пород для оруденения является их пористость. Как отмечают А. В. Королев и Т. Тулеганов [65], наиболее пористые породы с более значительным водонасыщением оказываются и более оруденелыми вследствие лучшей проницаемости для рудообразующих растворов. На примере месторождения Сары-Чеку установлено, что наибольшая рудоносность характерна для пород, обладающих наибольшей пористостью, самой высокой проницаемостью, низкой прочностью и высокой хрупкостью. Такими породами оказались на месторождении кварцевые порфиры и гранодиорит-порфиры [65]. Наглядные цифры получились при оценке степени водонасыщения пород в условных единицах. Для всех безрудных пород этот балл составляет 1,9, тогда как для вмещающих промышленное оруденение он равен 3,38.

Интересные данные о пористости пород приводит А. В. Королев [65] для месторождения Кальмакыр. Он установил, что на глубине, исключаяющей влияние супергенных процессов, серицитизированные и хлоритизированные сиениты имеют среднюю пористость 6 против 0,5% в исходной неизменной породе. В отдельных образцах пористость достигала 12%. А. В. Королев считает, что эта «потеря» объема могла иметь место раньше протекшего метасоматически с сохранением объема замещения пород серицитом и хлоритом и являлась весьма важным фактором подготовки пород к оруденению.

Важное значение для локализации оруденения имеют также экранирующие свойства пород. Широко распространены случаи накопления молибденово-медной минерализации под экраном более плотных слабопроницаемых окварцованных пород. В месторождениях Прибалхашья, например, роль экрана часто выполняют вторичные кварциты, которые развиваются по останцам кварцевых порфиров и фельзитов, превращенных в экзоконтактовых зонах интрузий гранодиорит-порфиров в андалузитовые, корунд-андалузитовые и монокварцевые метасоматиты.

Отмечается экранирующая роль даек гранодиорит-порфиоров в пределах Каджаранского рудного поля, где оруденение концентрируется главным образом в их лежащем боку [85].

### Оценка степени эрозийного среза рудноносных структур

Наряду с благоприятными геологическими предпосылками при прогнозировании медно-порфировых месторождений необходимо принимать во внимание ограничения, вытекающие из анализа отрицательных факторов контроля оруденения, в первую очередь степени эрозийного среза. Определение последней имеет в ряде случаев первостепенное значение как при региональном прогнозировании, так и при перспективной оценке выявленных рудопоявлений.

Факторы эрозийно-тектонического контроля основываются на анализе истории развития рельефа в постминерализационный период, установлении древней поверхности пенеппенизации, выделения благоприятных высотных диапазонов для поисков определенных типов месторождений и т. п.

Учитывая, что медно-порфировые месторождения встречаются в пространственной связи с гранитоидами гипабиссальной и субвулканической фаций глубинности и располагаются в самых апикальных приповерхностных частях малых интрузий, для поисков месторождений этого типа в общем случае благоприятны районы с незначительной степенью эрозийного среза.

Из приведенного выше описания зон с медно-порфировой минерализацией следует, что в современном срезе они могут быть представлены в разной степени эродированными вулканическими покровами. Иногда вулканические породы практически нацело уничтожены эрозией или сохраняются лишь в глубоких депрессиях. В ряде районов месторождения располагаются непосредственно в породах фундамента (Медный пояс Аризоны и др.).

Резко различный эрозийный срез территорий характерен, как отмечалось выше, для медно-порфировых провинций Американского континента: значительно более глубокий для Юго-Западных штатов США по сравнению с сопредельной территорией Мексики и особенно Перу-Чилийским поясом. Благодаря более глубокому срезу на территории Юго-Западных штатов США отчетливее выражена связь оруденения с интрузивным магматизмом, вскрытым эрозией на относительно глубоком уровне.

На основании проведенных палеореконструкций здесь выделено три области, резко различающиеся по степени эрозийного среза и в прямой связи с этим по числу выявленных месторождений. Максимальное количество месторождений обнаружено на площади со средней степенью эрозии. Глубокоэродированные

площади почти лишены месторождений, слабоэродированные также содержат мало месторождений (см. рис. 15).

В работах последних лет много внимания уделяется условиям сохранения месторождений. Для Юго-Западных штатов США установлено, что 12 из 16 месторождений подверглись эрозии еще до того, как были погребены.

Глубина эрозионного среза месторождений определяется по совокупности признаков, основанных, с одной стороны, на анализе геологических особенностей проявления оруденения, с другой — на сравнении этих месторождений с аналогичными, известными в данном районе. По степени эрозионного среза благоприятны пояса, находящиеся в современных обнажениях на уровне не более 500—1000 м, в отдельных случаях до 2 км от поверхности периода формирования месторождений.

Для поисков медно-порфировых месторождений особенно благоприятны те места вулканических поясов, в которых в современном срезе имеются выходы пород — «окна» — складчатого основания среди более молодых вулканогенных покровов. Характерный пример в этом отношении представляет собой район Цаган-Субаргинского месторождения (см. рис. 50), где в поле широкого развития верхнемеловых эффузивов отчетливо выступают «окна» более древних пород.

Важное значение при определении глубины эрозионного среза имеют геофизические данные, при интерпретации которых может быть установлена глубина залегания пород кристаллического фундамента под толщами вулканогенных пород, выделены блоки с глубинным строением, благоприятным для локализации медно-порфировых месторождений, намечены рудоконтролирующие зоны нарушений, а в ряде случаев даже оконтурены тела малых интрузий (при магнитометрической съемке в случае широкого развития среди аксессуарных минералов магнетита, как это было сделано, например, в Алмалыкском районе) [25].

При оценке уровня эрозионного среза следует принимать во внимание степень вскрытости гранитоидных массивов интрузивных комплексов в целом и малых тел порфировых пород в частности.

Для определения глубины эрозионного среза важное значение имеют состав и зональность гидротермально измененных пород и рудной минерализации. Можно отметить, что тот или иной уровень эрозионного среза гидротермальных пород в какой-то мере обуславливает современные формы рельефа местности. Так, например, существенно кварцевые метасоматиты слагают положительные формы рельефа — холмы, сопки, гряды, гребни и т. п. В то же время аргиллизированные гранодиориты и гранодиорит-порфиры устанавливаются в наиболее пониженных участках местности.

При оценке степени эрозионного среза могут иметь значение некоторые геохимические закономерности. Установлено, например, что содержание некоторых элементов-примесей в минералах, таких как рений в молибдените, селен, теллур в пирите, халькопирите, кадмий, индий в сфалерите и др., значительно возрастает в верхних частях, где локализуются минералы более поздних стадий. Это также может быть использовано как показатель глубины эрозионного среза.

Для определения глубины эрозионного среза следует принимать во внимание поля устойчивости отдельных минералов. Для месторождений Алмалыкского района, например, С. Т. Бадаловым установлено, что цеолиты возникали в интервале от поверхности до глубины 0,7—1 км; эндогенный жильный ангидрит — от 0,5 до 2—2,5 км, а метасоматический ангидрит — до глубины 4—5 км; барит — до 200—300 м, алунит — до 1—1,5 км. Соответственно присутствие тех или иных из перечисленных минералов или групп минералов может дать определенное представление о глубине эрозионного среза.

### **Зональность руд и метасоматических пород при прогнозировании**

Зональность руд и метасоматических пород медно-порфировых месторождений, как подчеркивалось выше, относится к числу наиболее характерных и выдержанных признаков этой группы месторождений. Установление зональности метасоматических образований и рудных минералов является важной самостоятельной задачей прогнозирования, имеющей прямое отношение к выделению первоочередных перспективных площадей при крупномасштабном и детальном прогнозировании, а также при оценке выявленных рудопроявлений.

Особенности зональности можно использовать при этом в следующих трех главных аспектах.

1. Для определения или уточнения формационного типа месторождений. Разные формационные типы молибденово-медных месторождений, как было показано выше, имеют четко выраженные особенности зонального строения метасоматических пород и рудной минерализации (см. рис. 57, 59 и 60).

Особенно следует подчеркнуть важное значение зональности метасоматических пород как для выявления различий среди орогенных — плутоногенных и вулканогенных — медно-порфировых месторождений кальмакырского и коунрадского типов, так и для отличия этих месторождений от молибденово-медных пропилиновых, формирующихся в геосинклинальный этап, а также от непромышленных медно-порфировых вторичнокварцитовых.

2. При выборе и оконтуривании площадей для постановки детальных исследований. Большое значение имеет выявление зо-

нальности при переходе от минерализации внешних зон, распространенных на широких площадях за пределами собственно рудных тел (сотни метров — километры), к минерализации более внутренних, с которыми наиболее тесно связана рудная минерализация.

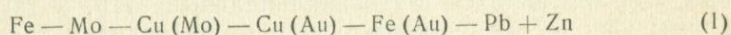
При установлении градиента изменчивости минералов можно наметить вектор в смене оруденения, указывающий на наиболее вероятное местонахождение внутренних зон с наиболее богатыми концентрациями металлов. Такие векторы могут быть использованы при проведении крупномасштабных и детальных поисковых работ.

3. При определении глубины эрозионного среза. При использовании зональности метасоматических пород и руд как фактора глубины эрозионного среза следует иметь в виду, что наиболее благоприятными для оруденения являются метасоматиты, слагающие внутренние зоны (серицит-кварцевые, биотит-калишпатовые и карбонат-хлоритовые). Важное значение приобретает установление соотношений широты развития метасоматических пород внутренних и внешних зон. Это соотношение может служить определенным показателем глубины эрозионного среза и вместе с тем перспективности тел на глубину: чем больше соотношение мощности внутренней зоны к мощности внешней, тем более верхний срез рудного тела мы имеем.

Наряду с отмеченными выше аспектами следует обратить внимание на важные прогнозные следствия, которые вытекают из принципа подобия зональности [120] в образованиях разного масштаба: рудных телах, месторождениях, рудных полях, зонах.

Принцип подобия выражается в проявлении аналогичных зональных рядов в образованиях разного масштаба: зональных рядов рудных элементов (или минералов) в рудных телах; парагенезисов минералов в месторождениях; определенных типов месторождений в пределах рудных полей и зон; и наконец, металлогенических зон в пределах провинций. Соответственно зональность в рудных телах проявляется по отношению к контактовым поверхностям поздних порфировых интрузий: в рудных полях и зонах — по отношению к разломам и многофазным плутонам; в пределах провинций — по отношению к границам крупных тектонических структур.

Наиболее характерен для медно-порфировых месторождений следующий ряд рудной зональности по максимумам концентраций элементов (1), рудных минералов (2), парагенезисов минералов (3), которые выше уже приводились (от центра к периферии и снизу вверх по восстанию рудных тел):



Магнетит — молибденит — халькопирит (с золотом), — пирит (с золотом) — сфалерит — галенит, энаргит, борнит, блеклая руда (2)

Калишпат-магнетитовый, калишпат-биотит-магнетитовый	Кварц-молибденитовый или калишпат-молибденитовый	Кварц-халькопирит-молибденитовый	Пирит-серицит-кварцевый	Карбонат-галенит-сфалеритовый (3)
---	--	----------------------------------	-------------------------	-----------------------------------

### Морфоструктуры центрального типа при анализе закономерностей размещения медных месторождений

В последние годы появляется все больше данных, свидетельствующих о возможности использования структурно-геоморфологических методов исследования для анализа закономерностей размещения и прогнозирования полезных ископаемых.

В работах многих авторов на примере различных регионов отмечена, в частности, пространственная связь рудной минерализации с отчетливо выраженными в современном рельефе купольными и кольцевыми структурами. Подобные структурные формы хорошо выявляются как при геоморфологической съемке, так и при дешифрировании аэрофотоснимков в районах проявления молодого вулканизма, труднее они распознаются в тектонически менее активных областях. Выделение подобных структур более древнего заложения требует применения специальных приемов исследования.

Ниже кратко изложены итоги проведенного совместно с В. В. Соловьевым [102] анализа закономерностей размещения медно-порфировых месторождений по отношению к морфоструктурам центрального типа, основанного на предложенном В. В. Соловьевым методе дирекционных аномалий [130]. Морфоструктуры центрального типа рассматриваются при этом как внешнее выражение (или отражение) экспонированных или еще не выведенных на дневную поверхность структур этого типа. Неотектонические структурные формы отнесены к категории кайнотипных, а морфоструктуры более древнего заложения — к палеотипным.

Морфоструктуры центрального типа характеризуются радиально-концентрическим строением каркасных элементов, представленных кольцевыми и радиальными разломами, а также зонами повышенной трещиноватости. Радиальные и концентрические системы нарушений, зональное (по центрам) расположение разновременных фаций магматических пород хорошо фиксируются в основном на обнаженных, доступных для наблюдения поверхностях.

Использование метода дирекционных аномалий, как показал В. В. Соловьев [130], дает возможность выявлять и оконтуривать морфоструктуры, обусловленные не только хорошо выраженными, но и скрытыми геологическими элементами. В последнем случае морфоструктуры выступают как целостные замкнутые системы, ограниченные на поверхности проекциями ослабленных зон,

связанных с залегающими на различной глубине магматическими телами или другими образованиями. Крипоструктурные формы подчеркиваются в ряде случаев аномальными геофизическими полями.

На основе анализа поперечного профиля морфоструктур среди последних выделены три основные группы: купольные с положительным профилем, кольцевые с отрицательным и купольно-кольцевые — совмещающие элементы структур первой и второй групп (рис. 66). Наряду с подразделением по особенностям морфологии структуры центрального типа можно классифицировать по способу их образования и выделить такие различные по генетическим особенностям группы, как: а) интрузивные, в связи с которыми формируются, в частности, магматические комплексы центрального типа; б) вулканогенные, например вулкано-купольные постройки, вулкано-тектонические депрессии и пр.; в) собственно конфокальные, представленные зонами повышенной трещиноватости, разломами и другими нарушениями, образующими каркас центральных структур; к этой группе могут быть отнесены, в частности, трубки взрыва.

При анализе характеристики морфоструктур целесообразно использовать оба классификационных подхода. Так, например, установлено, что в ряде случаев морфологический тип структур определяется плотностной неоднородностью магматических тел, «слепых» или частично вскрытых денудацией [130]. Над нескрытыми гранитоидами с пониженной (по сравнению с вмещающими толщами) плотностью

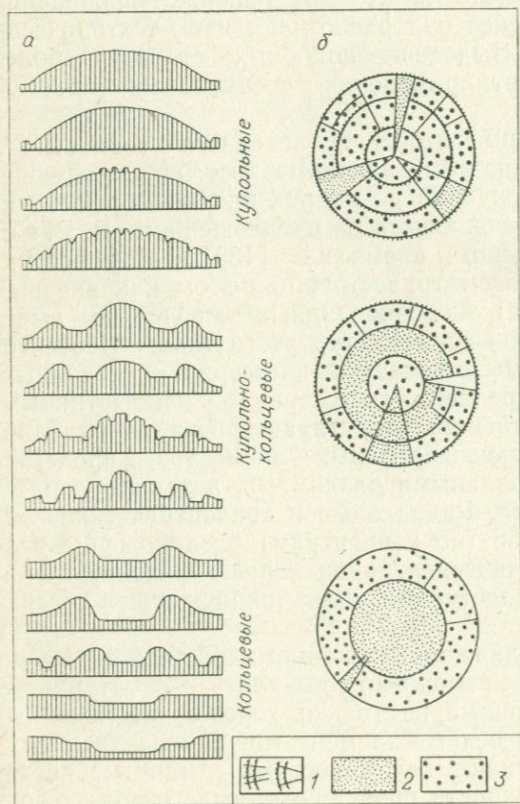


Рис. 66. Классификация морфоструктур центрального типа, по В. В. Соловьеву [130].

Характер морфоструктур: а — в профиле и б — в плане. 1 — каркасные элементы морфоструктур; 2, 3 — блоки (2 — опущенные, 3 — приподнятые).

нередко возникают купольные морфоструктуры, а над диоритами и гранодиоритами с повышенной плотностью развиваются кольцевые формы. Купольно-кольцевые морфоструктуры часто формируются в связи со сложно построенными магматическими комплексами, обладающими относительным дефектом плотности.

В соответствии с латеральной размерностью выделялись: высокопорядковые морфоструктуры с диаметром в сотни километров; среднепорядковые — десятки — первые сотни километров и низкопорядковые — единицы — первые десятки километров. Для отдельных районов в пределах выделенных морфоструктур дешифрировались еще более низкопорядковые формы. По отношению к выявленным при дешифрировании морфоструктур центрального типа были проанализированы закономерности размещения главных типов медных месторождений. При этом важно подчеркнуть следующие выводы, полученные в процессе проведенного исследования.

1. Установлено, что около 90% всех медных месторождений оказались приуроченными к морфоструктурам центрального типа.

2. Для всех меднорудных формаций как наиболее благоприятные для концентрации оруденения выделены участки, находящиеся в одной из позиций, отраженных на рис. 67.

3. Морфологическая типизация и характер взаимоотношения морфоструктур меняются в зависимости от геотектонической принадлежности региона, хотя основной мотив рудоконтролирующих структур сохраняется.

4. Намечены характерные особенности размещения медных месторождений различных формаций по отношению к разным группам морфоструктур.

Для месторождений медно-порфировой формации характерная структурная позиция определяется при этом приуроченностью к областям преимущественного развития средне- и низкопорядковых купольных структур. Четко проявляется определяющее значение для локализации крупных месторождений участков пересечений концентрических купольных структур крупными разломами. В качестве примера приведем Казахстан, где намечено

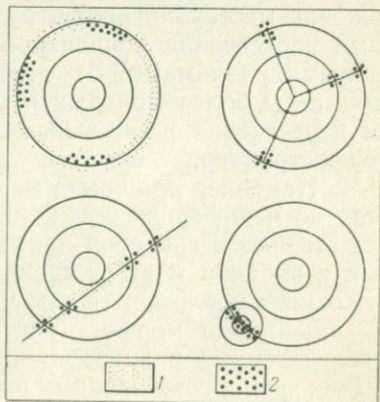


Рис. 67. Типовые позиции проявления рудной минерализации в пределах центральных структур [102].

1 — участки с повышенной экстенсивностью минерализации; 2 — участки с повышенной интенсивностью минерализации.

три высокопорядковые кольцевые морфоструктуры: Кокчетавская, Джекказганская и Балхашская (рис. 68). Первостепенное значение для медно-порфировых месторождений имеет кольцевая мегаструктура (с радиусом 350—400 км) и осложняющие ее многочисленные более низкопорядковые структуры. Обилие низкопорядковых, преимущественно купольных структур, расположенных со сложной взаимной интерференцией по всей площади северной половины Балхашской мегаструктуры, резко отличает ее от других высокопорядковых структур. Морфоструктуры подразделяются на несколько групп, близких по латеральной размерности: с радиусами 100, 75, 40, 25 и 15 км. Для крупных месторождений определяющее значение, видимо, будут иметь участки пересечения интерферирующих купольных структур с разломами, в том числе скрытыми разломами фундамента.

Достаточно очевидна также важнейшая рудоконтролирующая роль крупнейших зон дизъюнктивных нарушений северо-западного простирания, ограничивающих рассматриваемую территорию с запада и востока. Вдоль этих зон разломов преимущественное развитие имеют низко- и среднепорядковые кольцевые и купольные структуры. В местах пересечения концентров этих структур с граничными линеаментами возникают участки, благоприятные для локализации рудопроявлений, которые вместе с тем могут рассматриваться также как весьма перспективные для детальных исследований с целью поисков крупных месторождений.

Проведенный анализ дает основание для следующих выводов.

1. При прочих равных условиях морфоструктуры центрального типа характеризуются повышенной экстенсивностью минерализации по сравнению с фоновыми полями и выступают во многих случаях как рудоконтролирующие и рудолокализирующие структуры.

2. Локализация рудной минерализации происходит вдоль ослабленных зон концентрических и радиальных элементов морфоструктур центрального типа.

3. В пределах высоко- и среднепорядковых морфоструктур положение месторождений и рудных узлов определяется: а) участками пересечения концентров структур центрального типа с линейными разломами; б) участками наложения на материнские структуры более молодых и низкопорядковых форм; в) участками пересечения радиальных и концентрических составляющих морфоструктур.

4. Наиболее проницаемые участки располагаются в одних случаях по периферическим центрам структур, в других — непосредственно в сводовой части небольших куполов. Позицию крупных и средних месторождений определяют: а) места пересечения глубинных разломов (в том числе скрытых разломов фундамента) с центрами морфоструктур центрального типа; б) площади интерференции разнопорядковых структур всех трех морфологических групп, совмещенных пространственно.



Рис. 68. Схема размещения медных месторождений и рудопроявлений в пределах морфоструктур центрального типа на территории Казахстана, по И. Г. Павловой и В. В. Соловьеву [102].

Морфоструктуры центрального типа: 1 — купольные; 2 — кольцевые; 3 — купольно-кольцевые; линейные дизъюнктивные нарушения: 4 — разломы, выходящие на поверхность (а) и скрытые (б); 5 — разломы, выделенные по геофизическим данным; 6 — линейные зоны повышенных градиентов геофизических полей; 7 — границы между геоструктурными категориями фундамента; формационные типы медных месторождений и рудопроявлений: 8 — медно-порфировые, 9 — медно-колчеданные, 10 — медистых песчаников и сланцев, 11 — медные скарновые, 12 — молибденово-медные жильные.

5. В ряде случаев рудоносными являются только части структур, их отдельные сегментные и секториальные блоки, отличающиеся повышенной экстенсивностью полезной минерализации. Эти продуктивные блоки обычно ограничиваются или составляющими структуры радиальными разломами (секториальные блоки), или секущими региональными дизъюнктивными нарушениями (сегментные блоки).

6. Учет данных морфоструктурного анализа может внести существенные коррективы при определении прогнозных площадей.

Исходя из установленных закономерностей размещения медно-порфировых месторождений по отношению к морфоструктурам центрального типа, можно уточнять положение перспективных районов и участков. Критерии, основанные на этих закономерностях, могут использоваться как дополнительные при прогнозной оценке территории и поисках месторождений.

## Глава IX

### ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ КРИТЕРИИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ МЕДНО-ПОРФИРОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Анализ геологических условий локализации молибденово-медного оруденения, проведенный на примере главных меднорудных провинций СССР и зарубежных стран, показал, что образование этих месторождений происходит в нескольких типовых геологических обстановках, которые являлись определяющими при установлении закономерностей размещения оруденения и разработке критериев их прогнозирования. По тектонической позиции выделено три типа обстановок, в которых возникали медно-порфировые месторождения, соответствующих трем типам поясов [134]:

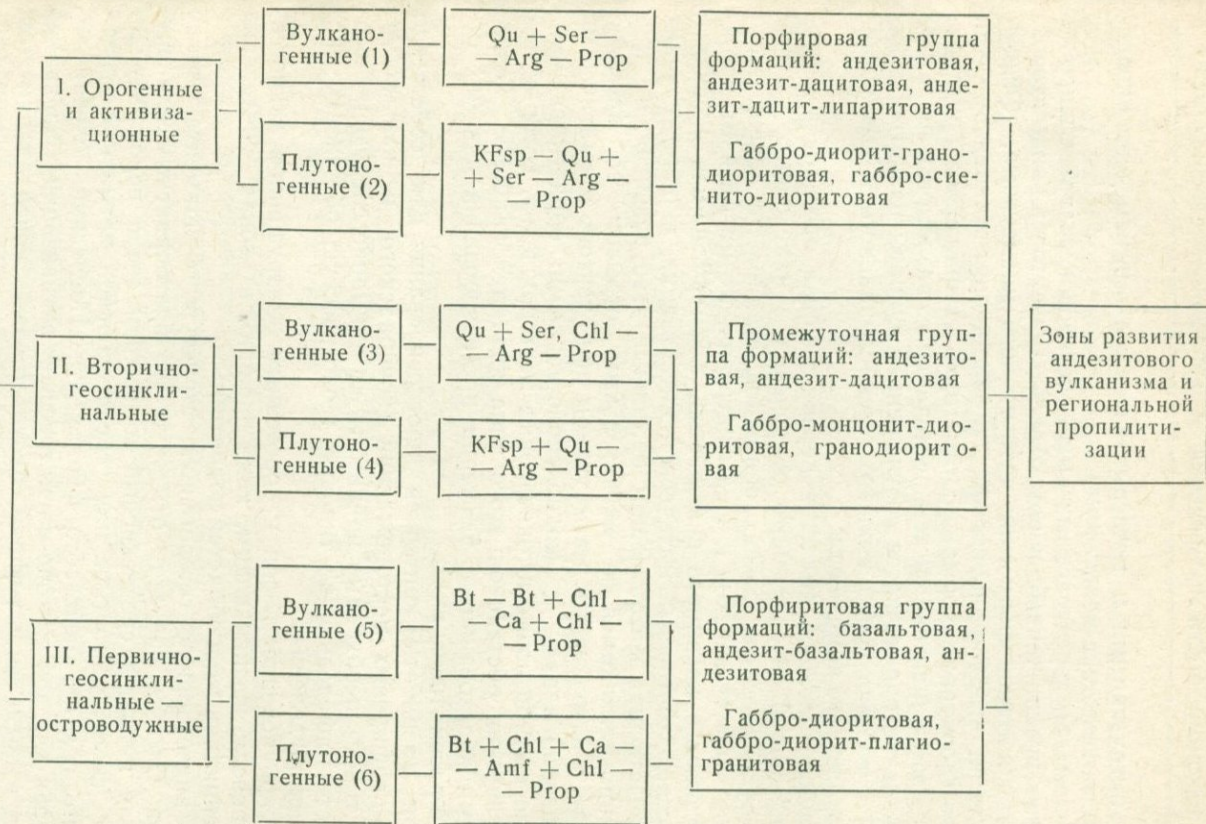
I. Интрузивно-вулканогенные пояса орогенной и следующей за ней активизационной стадий — месторождения коунрадского и кельмакырского типов.

II. Вторично-геосинклинальные вулканогенные пояса месторождения типа Майданпек, Медет.

III. Первично-геосинклинальные вулканогенные пояса — месторождения бошекульского типа.

Разнообразие геологических обстановок, в которых принципиально возможно и реально наблюдается проявление молибденово-медной порфировой минерализации различных формационных типов, отражено на схеме. Схема иллюстрирует взаимосвязь отдельных формационных типов медно-порфировых месторождений различных по своему геотектоническому положению с определенными рудоносными геологическими формациями — вулканоген-

Группа молибденово-медных месторождений прожилково-вкрапленных руд



Примечание. Примеры месторождений: I — Коуирад, Канапеа, Эль-Сальвадор (вулканогенные); Кальмакыр, Цаган-Субарга, Санта-Рита (плутоногенные); II — Асарел, Влайков Врых, Петелово (вулканогенные); Медет, Майдапек (плутоногенные); III — Фреда-Ривер, Пангуна (вулканогенные); Яндерра, Бошекуль, Салаватское (плутоногенные).

ными, интрузивными и метасоматическими — и намечает определенное соответствие между ними.

Общим для перечисленных выше обстановок является широкое развитие вулканогенных пород базальт-андезитовой, андезитовой, андезит-дацитовой формаций; интрузивного магматизма, близкого состава: габбро-диоритовой, габбро-диорит-гранодиоритовой, сиенито-диоритовой формаций; отчетливо выраженное рудоконтролирующее значение систем региональных разломов и пр. Главное различие определяется соотношением широты развития, мощностей и состава пород нижнего геосинклинального и вышележащего орогенного комплексов.

Наиболее важной является первая типовая обстановка — проявление молибденово-медного оруденения в наложенных интрузивно-вулканогенных поясах орогенной стадии. От поясов этого типа намечается переход к зонам интрузивного магматизма и континентального наземного вулканизма, формирующимся в связи с процессами тектоно-магматической активизации, в одних случаях непосредственно завершающим орогенный этап развития, в других — проявляющимся со значительным отрывом во времени. В связи с интрузивным магматизмом зон тектоно-магматической активизации наряду с молибденово-медными образуются собственно молибденовые штокверковые месторождения, которые для геологических обстановок этого типа являются наиболее характерными образованиями. Критерии прогнозирования для них отдельно рассмотрены ниже.

При разработке критериев прогнозирования для собственно медно-порфировых месторождений (коунрадского и кальмакырского типов) необходимо принимать во внимание следующие особенности, определяющие типовую геологическую обстановку проявления оруденения:

- приуроченность зон к орогенным интрузивно-вулканогенным поясам, возникающим, как правило, в зонах сочленения эвгеосинклиналей и областей поднятий;

- анизотропную гетерогенную структуру фундамента таких поясов. Следует при этом отметить, что благоприятным для оруденения является среднекислый магматизм среди пород фундамента фемического типа или среднеосновной магматизм среди кислого гранито-гнейсового фундамента. Последний случай характерен для зон тектоно-магматической активизации, проявляющихся в пределах платформ, блоков ранней консолидации или областей завершенной складчатости.

В пределах блоков наблюдается приуроченность рудных полей, узлов, месторождений к палеоподнятиям с редуцированным проявлением пород вулканогенного ряда формаций и широким развитием интрузивного магматизма габбро-диорит-гранодиоритовой формации или ее щелочных аналогов. В рудных полях размещения крупных и средних месторождений контролируется участками

пересечения линейных глубинных и более мелких разломов или линейных разломов с кольцевыми и купольными структурами.

На перечисленных закономерностях для рассматриваемой группы месторождений должны основываться региональные критерии их прогнозирования.

В пределах рудных районов и полей первостепенное значение приобретают более локальные факторы структурного, магматического и других видов контроля оруденения, которые определяют критерии крупномасштабного прогнозирования. В числе их можно указать следующие:

— тесную пространственную связь оруденения с малыми телами порфировых пород;

— приуроченность минерализации к эндо- и экзоконтактовым зонам порфировых интрузий, представленных гранодиорит-порфирами, кварцевыми монцонит-порфирами;

— взаимосвязь оруденения преимущественно с умеренно кислыми порфировыми телами: гранодиорит-порфирами, кварцевыми монцонит-порфирами с площадью выхода на поверхности 0,5—2,0 км<sup>2</sup>;

— контроль оруденения системами оперяющих по отношению к главным рудоконтролирующим структурам трещин II, III и более высоких порядков;

— локализация оруденения в участках пересечения и сочленения тектонических нарушений разных простираний или контактов разнородных пород с региональными тектоническими нарушениями;

— тесную пространственную взаимосвязь молибденово-медного оруденения с полями развития даек и вулканическими структурами — жерлами древних вулканов, вулканическими аппаратами и т. п.;

— широкое развитие во многих рудных полях трубко- и дайкообразных тел взрывных брекчий.

Для интрузивно-вулканогенных поясов орогенной стадии в свою очередь можно наметить несколько типовых ситуаций. Благоприятным является вариант слабоэродированных вулканических покровов с широким развитием субвулканических интрузий, представляющих собой корни вулканогенных покровов или апофизы крупных, скрытых на большой глубине батолитов. Молибденово-медные месторождения обнаруживают тесную связь с полями развития вторичных кварцитов, в том числе содержащими рассеянное золото-молибденово-медное оруденение, а также с золото-серебряными эпитермальными месторождениями (Прибалхашско-Илийский, Перу-Чилийский пояса).

Второй вариант соответствует относительно сильноэродированным поясам с окнами пород фундамента среди вулканических покровов, с выходами субинтрузивных и интрузивных тел, с переходами к свинцово-цинковому и золоторудным месторождениям,

часто проявляющимся в пределах тех же рудных полей (Курамино-Кызылкумский пояс, Юго-Западные штаты США и др.).

Естественно, что отмеченные различия необходимо принимать во внимание при разработке локальных критериев прогноза, в частности при анализе глубины эрозионного среза. Существенные различия в локальных критериях прогноза намечаются для разных по глубине формирования месторождений кальмакырско-го и коунрадского типов.

Вторая типовая обстановка, соответствующая формированию молибденово-медных месторождений во вторичных редуцированных прогибах, представляет собой, по существу, переходную от типично геосинклинальной к орогенной. Это проявляется в смене рядов формаций — развитии преимущественно подводных и субаэральных вулканитов андезит-дацитового, дацитового состава при редуцированном проявлении основного вулканизма и развитии интрузивных пород гранодиорит-монцонитовой формации. Наблюдается контроль оруденения более локальными структурами: грабен-синклиналями медно-колчеданного оруденения и горст-антиклиналями молибденово-медного порфирового.

Следует подчеркнуть, что встречающиеся в этих структурах медно-колчеданные месторождения относятся к другому по сравнению с первично-геосинклинальными поясами типу: субвулканическому, гидротермальному (тип Куроко) [134]. Перечисленные особенности необходимо в первую очередь учитывать при разработке критериев прогнозирования этой группы месторождений. Характерную область развития таких месторождений представляет собой, как подчеркивалось выше, западная ветвь Средиземноморского подвижного пояса (Тимокская область в Югославии, Среднегорская зона в Болгарии и др.).

Третья типовая обстановка — первично-геосинклинальные пояса, в которых формируются месторождения бошекульского типа, характеризуется полно проявленным рядом геосинклинальных и редуцированным развитием орогенных формаций. Это Магнитогорская, Зауральская, Лекын-Тальбейская зоны Урала в СССР; Британская Колумбия в Канаде, Филиппины и др. Месторождения приурочены к внутренним геоантиклинальным поднятиям, формирующимся на стадии островных дуг, или к краевым частям эвгеосинклинальных прогибов на границе их с блоками более ранней консолидации. Соответственно третья типовая обстановка проявления молибденово-медного оруденения, которая определяет критерии прогнозирования, характеризуется следующими особенностями:

- развитием зон основного — среднего вулканизма: спилит-кератофировой, базальт-андезит-дацитовой, базальт-андезитовой, андезит-дацитовой вулканогенных формаций;

- широким проявлением среди вулканогенных пород субинтрузивных тел: диоритовых порфиритов, кварцевых порфиров,

плагиногранит-порфиоров, сиенит-порфиоров, представляющих собой в одних случаях комагматы вулканогенных пород, в других — поздние дифференциаты интрузий габбро-диоритовой формации, образующихся в пределах геоантиклинальных поднятий;

— наличием зон региональных разломов, контролирующих размещение порфировых интрузий и пространственно связанное с ними оруденение;

— образованием регионально проявленных гидротермально измененных пород, представленных типичными пропилитами;

— наличием тесной взаимосвязи с колчеданным оруденением, с переходами по простиранию к месторождениям медно- и колчеданно-полиметаллической формаций.

Последовательное применение критериев, основанных на перечисленных закономерностях, с выделением в итоге анализа локальных участков развития гидротермально измененных пород определенных метасоматических формаций, установлением зональности в распределении рудных элементов в их пределах намечает ход анализа при отраслевом прогнозировании — выдвижении перспективных площадей на медно-порфировые месторождения.

В табл. 10 суммированы закономерности размещения и факторы контроля оруденения, на которых основывались критерии прогнозирования для трех распространенных в СССР типов молибденово-медных месторождений жильково-вкрапленных руд: кальмакырского, коунрадского и бошекульского.

При разработке критериев прогнозирования для штокверковых молибденовых месторождений необходимо исходить из следующих характерных особенностей проявления оруденения:

— размещения месторождений в блоках относительно длительного воздымания — унаследованных поднятиях;

— приуроченности к зонам развития региональных разрывных нарушений как продольных, так и поперечных и кососекущих по отношению к основному направлению региональных структур, а также к участкам их пересечений;

— проявления оруденения в связи с породами гранодиорит-гранитной формации, слагающими как крупные многофазные плутоны, так и небольшие тела с широким развитием кислых пород в центральных зонах, гранодиоритов в промежуточных и «контаминированных» разностей во внешних (диоритов, сиенито-диоритов и др.) на контакте с вмещающими породами, при многократном проявлении порфировых интрузий в поздние фазы;

— наличия благоприятной кислой алюмосиликатной среды — древних гранито-гнейсовых толщ, аргиллитов или гранитоидов более ранних фаз.

Все это те необходимые геологические предпосылки, которые определяют возможность появления промышленных штокверковых месторождений молибденовых руд и на которых может основываться выделение площадей при региональном прогнозировании.

## Закономерности размещения и факторы контроля молибденово-медного пор

Закономерности размещения, факторы контроля оруденения	Формационный тип	
	кальмакырский (аргиллизит-гумбейтовский)	
Геотектоническая позиция	Интрузивно-вулканогенные пояса орогенной стем; зоны тектоно-магматической активизации	
Структурное положение и тип фундамента	Геоантиклинальные поднятия, краевые части геосинклиналями; бортовые части эвгеосинклина ранней консолидации Структурно неоднородный фундамент блоко эвгеосинклинальным типом разрезов или сложен мического профиля (амфиболитами, амфибол-био	
Региональные разрывные нарушения	Крупные глубинные разломы, контролирующие аппаратов, а также оперяющие их разломы бо	
Рудоносные магматические формации: интрузивные и вулканогенные	Габбро-диорит-гранодиоритовая, габбро-сиенито-диоритовая формации. Оруденение встречается в пространственной связи со штоками и дайками гранодиорит-порфиров, кварцевых монзонит-порфиров, реже гранит-порфиров, представляющих собой поздние дифференциаты крупных многофазных плутонов, сложенных породами указанных выше формаций	
Непосредственно контролирующее оруденение структуры	Участки пересечения и сочленения оперяющих региональные разломы систем трещин, контактовые поверхности тел порфировых интрузий; зоны эндо- и экзоконтактов; поля развития даек	
Вещающие оруденение породы	Преимущественно метасоматические породы, ные, реже неизменные: монзониты, сиенито-диориты, гранодиориты, гранодиорит-порфиры, диабазы, кристаллические сланцы	
Типы измененных пород; формации, фации и широта распространения (от ранних к поздним)	1. Широкие зоны слабых пропиловых и ранних калишпатовых изменений: от 3—5 до 10 км <sup>2</sup> и более. 2. Зоны аргиллизированных пород до 1—2 км <sup>2</sup> . 3. Зоны серицит-кварцевых и кварцевых метасоматитов до 1—1,5 км <sup>2</sup> . 4. Локальные зоны поздних биотит-кварц-ка-лишпатовых изменений	

ТАБЛИЦА 10

## фиривого оруденения, проявляющегося в разных типовых обстановках

молибденово-медных порфировых месторождений	
коурадский (аргиллизит-вторичнокварцитовый)	бошекульский (пропиловый)
стадии развития геосинклинальных си-	Первично-геосинклинальные вулканогенные пояса — островодужные
срединных массивов на границе с эвльных трогов на границе с блоками вого строения. Благоприятны блоки с ные метаморфическими породами фетитовыми гнейсами, диабазами и т. п.)	Геоантиклинальные поднятия эвгеосинклинальных зон; краевые зоны эвгеосинклинальных прогибов на границе с блоками ранней консолидации
размещение интрузий, вулканических лее низких порядков	Зоны региональных разломов, контролирующие размещение интрузивных и рудных тел
Порфировая группа формаций: андезит-дацитовая, андезит-дацит-липаритовая. Оруденение встречается в пространственной связи со штоками, дайками, экструзивными телами гранодиорит-порфиров, гранит-порфиров, кварцевых порфиров, представляющих собой апофизы крупных плутонов, некки, силлы, жерловые фации, выполняющие подводящие каналы	Порфирировая группа формаций: спилит-кератофировая, андезит-базальтовая и др.; в пространственной связи со штоками и дайкообразными телами диоритовых порфиритов, плагиогранит-порфиритов, кварцевых порфиритов, представляющими собой комагматы геосинклинальных вулканогенных пород или поздние дифференциаты интрузий габбро-диоритовой, габбро-диорит-плагиогранитовой формаций
Тесная связь с вулканическими структурами: жерлами вулканических аппаратов, трубообразными телами взрывных брекчий, экструзивными образованиями	Эндо-эзоконтактные поверхности субинтрузивных порфировых тел, расположенных в зонах региональных разломов
слабо-, средне- и интенсивно изменен-	Относительно слабо, реже среднеизмененные метасоматические породы, развивающиеся по порфировым интрузивам: плагиогранит-порфирам, кварцевым диоритам и др., а также по породам эндоконтактных зон (андезитам, андезитовым порфиритам)
слагающие порфировые интрузии (гранодиорит-порфиры, кварцевые монзонит-порфиры и др.), в меньшей степени вулканические экзоконтактных зон (кварцевые порфиры, липариты, андезиты)	Зоны пропиловых изменений, ореолы биотитизации, реже хлоритизации (в самых внешних зонах)
1. Широкие зоны слабых пропиловых изменений, биотитизации, хлоритизации. 2. Зоны аргиллизированных пород (по малым интрузиям). 3. Серицит-кварцевые и кварцевые метасоматиты до 1—2 км <sup>2</sup> в одних случаях; фации типичных вторичных кварцитов — в других (андалузитовые, дикитовые, зунитовые)	

вани. Следует при этом также принимать во внимание преимущественно молодой мезозойско-кайнозойский (для большинства месторождений юрский и палеоген-неогеновый) возраст молибденовых месторождений рассматриваемого типа.

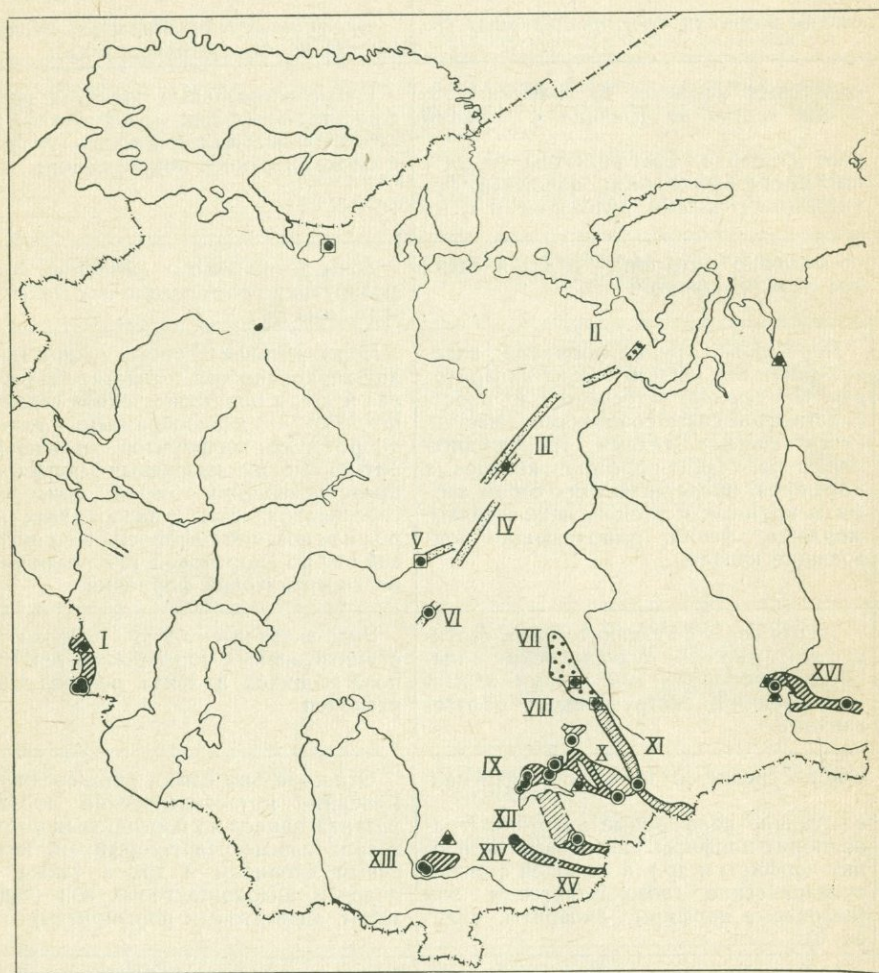
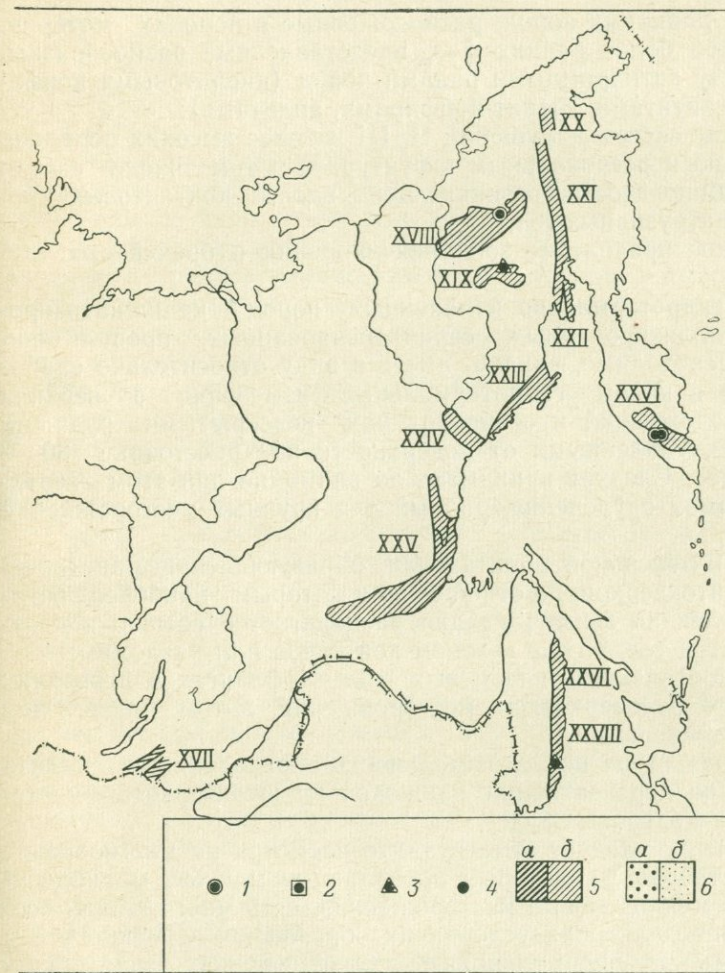


Рис. 69. Схема размещения зон с медно-порфировой минерализацией на В. С. Якубович, Н. П. Хущая с использованием материалов А. М. Марен. Зона, возраст минерализации: I — Памбак-Зангезурская, N; II — Лекын-Тальбейская, D; VI — Валерьяновская, C<sub>1-2</sub>; VII — Бошекульская, E, D; VIII — Спасская, гиз-Тарбагатайская, C<sub>2-3</sub>; XII — Южно-Джунгарская, C—P; XIII — Кураминская, Западно-Забайкальская, P—T; XVIII — Олойская, K; XIX — Медьегорская, K<sub>1</sub>; XX — XXIII — Магаданская, K<sub>1</sub>; XXIV — Охотская, K<sub>1</sub>; XXV — Джугджур-Становая, J<sub>3</sub>—K<sub>1</sub>; Приморск. Формационные типы молибденово-медных порфировых месторождений: 1 — кальмавые, 2 — бошекульский (проплитовые), 3 — саякский (скарновые), 4 — чатыркуль с известными месторождениями (a) и благоприятные по геологическим предпосылкам

В пределах благоприятных площадей, выделенных при региональном прогнозировании, поисковыми признаками, непосредственно определяющими возможные места локализации оруденения, являются:



территории СССР. Составили И. Г. Павлова, Ю. П. Рождественский, чева, П. А. Литвина, Л. И. Тихомирова и других.

PR—E?; III — Среднеуральская, O—D?; IV — Зауральская, C; V — Магнитогор-С<sub>2-3</sub>; IX — Прибалхашская, C<sub>2-3</sub>; X — Восточно-Прибалхашская, C<sub>2-3</sub>; XI — Чин-С<sub>2-3</sub>; XIV — Курдаевская, C; XV — Кетменская, C; XVI — Аксугская, D; XVII — Северо-Мургалская, K<sub>1</sub>; XXI — Южно-Мургалская, K<sub>1</sub>; XXII — Тайгоноская, K<sub>1</sub>; XXVI — Камчатская, K<sub>2</sub>—P; XXVII — Северо-Приморская, K—P; XXVIII — Южно-кыргызский и коунрадский (аргиллизит-гумбентовые и аргиллизит-вторично-кварцитовый (жилные березитовые); 5—6 — зоны с медно-порфировой минерализацией для их поисков (б) (5 — кальмакыргызский и коунрадский тип, 6 — бошекульский).

— выходы порфировых интрузий кислого состава с повышенным содержанием щелочей — гранит-порфиров, кварцевых щелочных порфиров, кварцевых монцонит-порфиров, приуроченных часто к зонам крупных разрывных нарушений или участкам их пересечений;

— серии дайковых пород, расположенные в породах материнских плутонов более ранних фаз, представленные разнообразными по составу антидромными рядами пород (диоритовыми порфиритами, керсантитами, гранит-порфирами, аплитами);

— наличие систем нарушений II, III и более высоких порядков по отношению к региональным структурам, в том числе систем мелкой трещиноватости, возникающей вдоль контактовых поверхностей интрузивных тел;

— широкое проявление зон брекчирования и брекчиевых трубок;

— поля гидротермально измененных пород — калишпатизированных, аргиллизированных, серицитизированных, пропицитизированных. Необходимо, однако, иметь в виду относительно слабо выраженные в целом гидротермальные изменения в верхних частях месторождений и особенно над не вскрытыми рудными штокверками, удаленными от поверхности на расстояние 300—500 м и более. Следует принимать во внимание при этом вертикальный размах оруденения, равный для крупных месторождений 500—1200 м;

— зоны интенсивной пиритизации, образующие внешние ореолы рудных штокверков, по отношению к которым наиболее богатая промышленная минерализация располагается обычно в центральных частях тел, ближе к зонам контактов или разломам;

— широкое развитие кварцевых жил на флангах и в верхних зонах многих штокверковых месторождений, в том числе над скрытыми штокверками.

Намеченная выше последовательность определяет ход анализа при выделении перспективных площадей на штокверковые месторождения молибденовых руд.

В заключение следует отметить, что несмотря на многообразие типовых обстановок, в которых проявляются медные, молибденово-медные и молибденовые месторождения, есть много общих особенностей, определяющих условия их образования. Именно это и дало возможность сформулировать ряд отмеченных выше общих закономерностей размещения оруденения и основанных на них критериев прогнозирования, выделить перспективные для поисков первоочередные площади, дать их предварительную оценку. Итоги этой работы частично отражены на схеме (рис. 69).

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Резко возросшее за последнее десятилетие значение молибденово-медных порфировых месторождений как важнейшего источника добычи меди, молибдена, ряда редких и рассеянных элементов, отчетливо наметившаяся тенденция к еще большему увеличению их роли в балансе запасов и добычи в будущем определяют необходимость дальнейшего изучения особенностей их локализации, закономерностей размещения и разработки критериев прогнозирования.

Открытие ряда крупных молибденово-медных месторождений порфирового типа в известных рудных районах (Мексике, Чили, Канаде и др.) выдвигает как одну из первоочередных задач разработку локальных критериев прогноза, основанных на тщательном изучении уже известных месторождений этой формации.

Наряду с задачами конкретного прогноза новых месторождений в известных рудных районах актуальными остаются вопросы перспективной оценки новых районов и отдельных геологических структур, решаемые при региональном прогнозировании. Для СССР это касается в первую очередь советской части Тихоокеанского пояса (Северо-Востока СССР, Приморья), Забайкалья, Северного Урала, зоны сочленения Таймыра и Сибирской платформы, Алтае-Саянской области.

Накопленный в последние годы огромный фактический материал по медно-порфировым месторождениям разновозрастных провинций дает представительный материал для разностороннего сравнительного анализа, выявления общих особенностей и отличий между отдельными месторождениями или их группами с целью преломления полученных данных для прогноза, поисков и оценки месторождений.

В работе на примере меднорудных провинций, зон и рудных районов трех подвижных поясов — Тихоокеанского, Средиземноморского, Урало-Монгольского — рассмотрены особенности локализации оруденения в различных геологических условиях, взаимосвязь с вулканизмом и интрузивным магматизмом, соотношение с другими типами оруденения. Охарактеризованы общие

особенности группы медно-порфировых месторождений в целом и дано описание конкретных месторождений, типичных для каждой зоны. В первую очередь акцентируется внимание на неоднородности группы медно-порфировых месторождений. Для целей прогнозирования по взаимосвязи оруденения с определенными магматическими и гидротермально-метасоматическими формациями медно-порфировые месторождения подразделены на три типа: молибденово-медные порфировые, сопровождаемые серицит-кварцкалишпатовыми изменениями — кальмакырский тип; молибденово-медные порфировые аргиллизит-вторичнокварцитовые (или серицит-кварцевые) — коунрадский тип; молибденово-медные прожилково-вкрапленные пропилитовые — бошекульский тип. Показано, что выделение отдельных типов медно-порфировых месторождений является важной и самостоятельной задачей прогнозирования, так как помогает правильно ориентироваться на площадях, различных по геологическому строению.

Установлено, что близкие по многим особенностям медно-порфировые месторождения возникают в разные геологические эпохи с максимумом проявления в нескольких возрастных интервалах: 300—285, 200—180 и 75—50 млн. лет.

Для каждого из выделенных выше типов предпринята попытка суммировать выявленные к настоящему времени закономерности размещения и факторы контроля медно-порфирового оруденения и предложена такая система в последовательности их применения при анализе рудоносности площадей, которая дает возможность разделять эти площади на достоверно перспективные и неперспективные. Исходя из этого последовательность рассмотрения закономерностей, рудоконтролирующих факторов и критериев прогнозирования принята от общей, имеющей значение при региональных мелкомасштабных исследованиях, к частной, определяющей особенности локализации оруденения в масштабе рудных районов, узлов, полей и непосредственно в пределах самих месторождений.

Среди региональных закономерностей, в частности, рассмотрены следующие. 1. Связь медно-порфировых месторождений с интрузивно-вулканогенными поясами трех типов: первично-геосинклинальными (месторождения бошекульского типа), орогенными и активизационными (месторождения кальмакырского и коунрадского типов), вторично-геосинклинальными (Западное Средиземноморье). 2. Структурное положение зон с медно-порфировой минерализацией (приуроченность к краевым частям геосинклинальных прогибов, срединным массивам, геантиклинальным поднятиям). 3. Влияние разрывных нарушений разных масштабов на закономерности локализации оруденения. 4. Особенности интрузивного магматизма и вулканизма и др.

Среди локальных факторов контроля анализируется влияние на размещение оруденения литологического состава и физико-

механических свойств пород, глубины эрозионного среза, характера гидротермальных преобразований и пр.

Наряду с традиционными критериями — геолого-структурными, магматическими, литологическими и т. п. — обсуждается возможность использования при прогнозировании зональности руд и гидротермальных пород, закономерностей размещения оруденения по отношению к морфоструктурам центрального типа.

На основании сохраняющейся для большинства медно-порфировых месторождений выдержанной последовательности проявления разных типов метасоматических пород и рудной минерализации рассмотрена возможность использования при прогнозировании особенностей зонального строения в следующих трех главных аспектах: 1) для определения и уточнения формационных типов месторождений и их разновидностей; 2) при выборе и оконтуривании площадей для постановки детальных исследований; 3) при определении глубины эрозионного среза.

Поскольку разные формационные типы молибденово-медных месторождений имеют, как было показано выше, свои закономерности размещения, особенности состава и строения, то установление рядов зональности метасоматических образований и рудной минерализации является важной самостоятельной задачей прогнозирования, имеющей прямое отношение к правильной перспективной оценке площадей, рудных полей и выявленных рудопроявлений.

Показано, что существенные коррективы при определении прогнозных площадей могут быть внесены на основании данных морфоструктурного анализа. Установлено, что позицию крупных и средних месторождений определяют: места пересечения глубинных разломов (в том числе скрытых разломов фундамента) с центрами морфоструктур центрального типа; площади интерференции разнопорядковых структур, совмещенных пространственно, но разорванных по времени формирования.

Кратко рассмотрены возможности использования основных положений новой глобальной тектоники применительно к интерпретации известных ранее и для установления новых закономерностей размещения медно-порфировых месторождений.

Проведенные исследования подтверждают перспективность широкого сравнительного изучения молибденово-медных месторождений, дают возможность увязать развитие оруденения с формированием различных структурных элементов земной коры, интрузивным и эффузивным магматизмом и установить взаимосвязь с другими типами эндогенного оруденения, возникающего в ходе направленного развития геосинклинально-складчатых областей. Вместе с тем предпринятый анализ намечает возможные пути дальнейшего исследования и показывает необходимость еще большей конкретизации установленных закономерностей и основанных на них критериев прогнозирования, в том числе количественных.

На примере молибденово-медных порфировых месторождений как одной из характерных групп эндогенных месторождений разработан методический подход к оценке геологических обстановок проявления оруденения и намечена последовательность операций при проведении подобного рода исследований. Это — классификация месторождений для целей прогнозирования; выявление характерных обстановок проявления главных типов оруденения, установление закономерностей размещения оруденения для каждого из выделенных типов; разработка критериев прогнозирования, основанных на выявленных закономерностях; применение установленных критериев к прогнозной оценке изучаемых площадей.

Такой подход в конечном итоге позволяет разработать систему региональных и локальных критериев прогноза оруденения применительно к разным геологическим обстановкам, установить рациональную последовательность их применения при разбраковке площадей на потенциально перспективные и неперспективные и использовать локальные критерии при оценке выявленных рудопроявлений.

Автор выражает надежду, что проведенные исследования будут содействовать выдвижению новых перспективных площадей, правильной их оценке, локализации участков для крупномасштабных поисков и, наконец, открытию новых месторождений. В свою очередь все это будет способствовать повышению эффективности поисково-съемочных, геологоразведочных и тематических работ на данный тип месторождений.

1. Айзенштат И. А., Айзенштат В. И. Кураминская структурно-металлогеническая зона в Узбекистане. — В кн.: Некоторые закономерности размещения эндогенного оруденения в Узбекистане. Ташкент, 1966, с. 3—13.

2. Аладышкин А. С., Шохина О. И., Гордиенко А. С. Рудоконтролирующие критерии медно-порфирирового оруденения Аксугского района (Северо-Восточная Тува). — В кн.: Полезные ископаемые Средней Сибири. Красноярск, 1974, с. 55—60. (Тр. СНИИГГИМС, вып. 144).

3. Ангелков Кр. Геолого-структурни фактори за образуването на медного находище Асарел, Панагюрско. — В кн.: 20 години Висш. минногеоложки институт. София, 1973, с. 94—103.

4. Антонова Л. Н. Медь. — В кн.: Минеральные ресурсы промышленно развитых капиталистических и развивающихся стран. М., «Недра», 1976, с. 202—216.

5. Арапов В. А. Особенности герцинского вулканизма Кураминской подзоны. — В кн.: Вопросы палеовулканизма Узбекистана. Ташкент, 1968, с. 7—28.

6. Арапов В. А. Особенности истории развития Чаткало-Кураминских гор в позднем палеозое. — В кн.: Рудные поля Карамазара. Т. 3. Душанбе, 1975, с. 41—68.

7. Багратуни Е. Г., Грушевой В. Г., Русаков М. П. Агарак — медно-молибденовое месторождение в Армении. Тифлис, 1932. 29 с. (Закавказ. геол. развед. трест, вып. 4).

8. Бадалов С. Т., Туресебеков А. Новые данные о распределении ангидритогипсовых пород палеозойского возраста в Карамазаре. — «Узб. геол. журн.», 1967, № 2, с. 47—51.

9. Байков А. И. Вулканизм и медное оруденение Камчатки. — В кн.: Металлогеническая специализация вулканических поясов и вулканотектонических структур Дальнего Востока и других районов СССР. Владивосток, 1971, с. 53—56.

10. Бергер В. И., Ициксон М. И. Основные черты металлогении северо-восточной части Тихоокеанского пояса (Северо-Западные Кордильеры и Аляска). — «Сов. геология», 1972, № 1, с. 90—106.

11. Билибин Ю. А. Металлогенические провинции и металлогенические эпохи. М., Госгеолтехиздат, 1955. 87 с.

12. Бончев Е. К. О некоторых тектонических проблемах Среднегорья. — «Review of the Bulgarian Geological Society», кн. 3, 1970.

13. Борукаев Р. А. История геологического развития Восточного Казахстана в допалеозое и нижнем палеозое. — В кн.: Основные идеи Н. Г. Кассина в геологии Казахстана. Алма-Ата, 1960, с. 80—97.

14. Борукаев Р. А., Миллер Е. Е. О древних комагматических и вулканоплутонических формациях северной части Центрального Казахстана. — Тр. Ин-та геол. наук АН КазССР», 1967, т. 24, с. 3—10.

15. Бэтман А. М. Промышленные минеральные месторождения. М., Изд-во иностр. лит., 1949. 647 с.

16. *Вартапетян Б. С.* Закономерности распределения медного оруденения на территории Армянской ССР. Ереван, Изд-во АН АрмССР, 1965. 308 с.
17. *Василевский М. М.* Вулканизм, пропилизация и оруденение. М., «Недра», 1973. 277 с.
18. *Викторов В. Ф.* Измененные околорудные породы в Алмалыкском районе и их поисковое значение. Автореф. дис. Ташкент, 1965. 20 с.
19. *Виноградов В. И.* Некоторые вопросы гидрохимии молибдена. — В кн.: Материалы по геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии, геохимии. М., 1959, с. 191—204.
20. *Виноградов В. И., Бадалов С. Т., Туресебеков А.* О возможной роли осадочных сульфатов в эндогенном рудообразовании Кармазара. — «Геология рудн. м-ний», 1969, т. 11, № 1, с. 67—76.
21. *Власов Г. М., Василевский М. М.* Гидротермально измененные породы Центральной Камчатки, их рудоносность и закономерности пространственного размещения. М., «Недра», 1964. 219 с.
22. *Власов Г. М.* О рядах рудных формаций и магматогенно-рудных системах. — «Геология рудн. м-ний», 1975, т. 17, № 5, с. 18—24.
23. *Вологдин Н. Ф.* Геолого-структурные особенности Цаган-Субургинского медно-молибденового месторождения. Автореф. Новосибирск, 1973. 23 с. (Ин-т геологии и геофизики СО АН СССР).
24. *Волостных Г. Т.* Аргиллизация и оруденение. М., «Недра», 1972. 240 с.
25. *Вольфсон Н. Б., Гарьковец В. Г., Хваловский А. Г.* Применение геофизических и геохимических методов разведки при составлении прогнозных и металлогенических карт Узбекистана. — В кн.: Принципы и методика составления металлогенических и прогнозных карт. М., 1966, с. 157—161.
26. *Вопросы палеовулканизма Узбекистана.* Ташкент, «Фан», 1968. 157 с.
27. *Вулканогенные формации Узбекистана.* Ташкент, «Фан», 1971. 286 с. Авт.: Т. Н. Далимов, А. А. Кустарникова, А. Р. Ярмухамедов и др.
28. *Гаврикова С. Н., Юдин И. М.* Метасоматическая зональность медно-молибденовых руд месторождений Коунрад и Карабас. — «Геология рудн. м-ний», 1966, № 5, с. 45—60.
29. *Газизова К. С.* Медное месторождение Коунрад. М., Госгеолтехиздат, 1957. 130 с.
30. *Газизова К. С.* О жильной стадии сульфидной минерализации Коунрадского медного месторождения. — «Тр. Ин-та геол. наук АН КазССР», 1963, т. 7, с. 96—110.
31. *Гарьковец В. Г., Хамрабаев И. Х.* О геологической и металлогенической связи палеозойских сооружений Южного Тянь-Шаня и Южного Урала. — В кн.: Проблемы геологии Средней Азии и Казахстана. М., 1967, с. 143—149.
32. *Генезис эндогенных рудных месторождений.* М., «Недра», 1968. 719 с.
33. *Геология, геохимия и минералогия медно-порфировых месторождений Казахстана.* Алма-Ата, 1960. 204 с.
34. *Геология и металлогения Джунгарского Алатау.* Алма-Ата, «Наука», 1966. 255 с.
35. *Геология и металлогения Жаман-Сарысуйского антиклинория.* Алма-Ата, «Наука», 1975. 222 с.
36. *Геология медно-порфировых месторождений Казахстана и Средней Азии.* Алма-Ата, 1972. 244 с.
37. *Геология, методы поисков и разведки месторождений металлических полезных ископаемых.* — «Экспресс-информация», 1976, № 6, с. 1—29. (ВИЭМС).
38. *Голованов И. М.* Эндогенные меднорудные формации Узбекистана. Автореф. дис. Ташкент, 1974. 56 с.

39. Голованов И. М., Цой А. В. Вертикальная зональность прожилковой минерализации в медно-порфировых месторождениях Алмалыка (УзССР). — «Геология руд. м-ний», 1974, т. 16, № 1, с. 43—53.

40. Деды В. Ю. Зона окисления месторождения Кальмакыр. Ташкент, «Фан», 1971. 128 с.

41. Димитров Ц. Среднегорье. — В кн.: Путеводитель экскурсий Б. София, 1965, с. 3—8.

42. Далимов Т. П. Айзенштат В. И. Фациальность гранитоидных формаций Узбекистана. Ташкент, «Фан», 1972. 226 с.

43. Домарев В. С. Основные черты металлогении меди. — В кн.: Закономерности размещения полезных ископаемых. Т. 2. М., 1959, с. 86—96.

44. Жамсран М. Геология и вещественный состав руд главнейших месторождений типа porphyry соррег МНР и аспекты промышленного освоения объектов рудного района Цагаан-Суврага. Автореф. дис. Л., 1977. 32 с.

45. Закономерности размещения медно-порфировых месторождений в вулканических поясах. — В кн.: Основы научного прогноза месторождений рудных и нерудных полезных ископаемых. Л., 1971, с. 296—300. Авт.: И. Г. Павлова, Ю. П. Рождественский, Д. В. Рундквист и др.

46. Зональность гидротермальных рудных месторождений. Т. 1. М., «Наука», 1974. 295 с.

47. Зоненшайн Л. П. Учение о геосинклиналях и его приложение к Центрально-Азиатскому складчатому поясу. М., «Недра», 1972. 240 с.

48. Зоненшайн Л. П., Кузьмин М. И., Моралев В. М. Глобальная тектоника, магматизм и металлогения. М., «Недра», 1976. 231 с.

49. Изотопный состав свинца некоторых медно-порфировых месторождений Казахстана и Узбекистана. — «Геология руд. м-ний», 1976. Т. 13, № 1, с. 76—83. Авт.: Е. В. Пучков, Е. З. Мещаников, А. Т. Рахубенков и др.

50. Ильюшенко А. Я., Палесико Б. Л. Геологическое строение, оруденение и перспективность Лекын-Тальбейского рудного поля (Полярный Урал). — В кн.: Геология и полезные ископаемые Приполярного и Полярного Урала. Тюмень, 1972, с. 228—236. (Тр. ЗапСибНИГНИ, вып. 52).

51. Ингузици, гидротермально-метасоматические образования и медно-молибденовое оруденение. М., «Наука», 1975. 231 с.

52. Ицксон М. И., Красный Л. И., Матвеевко В. Т. Вулканические пояса Тихоокеанского кольца и их металлогения. — В кн.: Рудоносность вулканогенных формаций. М., 1965, с. 181—196.

53. Ицксон М. И. Связь металлогенических провинций с вулканогенными поясами, крупными геотектоническими элементами и типами земной коры (на примере Тихоокеанского кольца). — В кн.: Проблемы региональной металлогении. (Тр. ВСЕГЕИ, нов. сер., т. 191). Л., 1973, с. 102—120.

54. Ицксон М. И. Металлогенические системы Тихоокеанского сегмента Земли. — «Геология руд. м-ний», 1974, т. 16, № 2, с. 10—28.

55. Иовчев Й. Основы геологии и полезных ископаемых территории НР Болгарии. София, 1965. 223 с.

56. Казанский В. И., Старостин В. И., Чеботарев М. В. Металлогеническая зональность Центральных Анд. — «Геология руд. м-ний», 1975, т. 17, № 3, с. 19—33.

57. Казичын Ю. В. Метасоматизм гидротермальных месторождений. Л., «Недра», 1972. 279 с.

58. Карпова Е. Д. Принципы регионального металлогенического анализа востока Средней Азии и сопредельной территории Казахстана. — В кн.: Закономерности размещения полезных ископаемых. М., 1970, с. 48—71.

59. Карпова Е. Д. Металлогения областей тектоно-магматической активизации. — В кн.: Проблемы региональной металлогении. Л., 1973, с. 62—101. (Тр. ВСЕГЕИ, нов. сер., т. 191).

60. *Карта геологических формаций Восточного Казахстана*. Масштаб 1 : 1 500 000. М., 1968.
61. *Карта магматических формаций СССР*. Масштаб 1 : 2 500 000. М., 1971. (Всесоюз. аэрогеол. трест).
62. *Комарова М. З.* Об интрузии гранитоидов в Норильском районе. — «Геология и геофизика», 1968, № 5, с. 104—107.
63. *Королев А. В.* Структура и металлогения Алмалыка. Ташкент, «Фан», 1970. 280 с.
64. *Королев А. В., Бадалов С. Т.* О первичной зональности оруденения в Алмалыкском рудном поле. — «Геология рудн. м-ний», 1959, № 5, с. 31—38.
65. *Королев А. В., Тулеганов Т.* Пористость горных пород как фактор рудоотложения. — «Геология рудн. м-ний», 1960, № 6, с. 73—79.
66. *Котляр В. Н.* Типы месторождений, связанные с палеовулканизмом. — В кн.: Рудоносность вулканогенных формаций. М., 1965, с. 7—30.
67. *Критерии прогноза месторождений важнейших полезных ископаемых и оценка перспектив территории СССР. Месторождения меди.* — В кн.: Прогнозирование месторождений полезных ископаемых при региональных геологических исследованиях. Л., 1973, с. 87—102. Авт.: И. Г. Павлова, Э. И. Кутырев, И. В. Ляхницкая, Е. В. Туганова.
68. *Критерии рудоносности метасоматитов. Алма-Ата, 1969.* 353 с.
69. *Кулагина Л. А.* Морфология и морфогенезис рудных тел Бошекульского месторождения. — «Изв. вузов. Геология и разведка», 1971, № 5, с. 74—81.
70. *Лапин Б. Н.* Эволюция раннегеосинклиналиного вулканизма и рудоносные вулканогенные формации Алтае-Саянской области. — В кн.: Эволюция вулканизма в истории Земли. Л., 1973, с. 58—60.
71. *Ли В. Г.* Бошекульское медно-молибденовое месторождение. — В кн.: Геология, геохимия и минералогия медно-порфировых месторождений Казахстана. Алма-Ата, 1969, с. 110—114.
72. *Ломизе М. Г.* Эволюция вулканизма в Чилийско-Аргентинских Андах. — В кн.: Эволюция вулканизма в истории Земли. М., 1974, с. 28—30.
73. *Магадеев Б. Д.* Геология и рудоносность западной части Абзелиловского района (Южный Урал). Автореф. дис. Свердловск, 1974. 29 с.
74. *Магадеев Б. Д., Исмаилов М. И.* Состав и геохимические особенности руд Салаватского месторождения. — В кн.: Геология и условия образования месторождений меди на Южном Урале. Уфа, 1975, с. 100—104.
75. *Магакьян И. Г.* Закономерности размещения оруденения на территории Армянской ССР. — В кн.: Закономерности размещения полезных ископаемых. Т. 8, М., 1967, с. 239—250.
76. *Магакьян И. Г.* Типы рудных провинций и рудных формаций СССР. М., «Недра», 1969. 223 с.
77. *Малахов А. А.* Значение субвулканических рудных формаций и запасы меди в месторождениях, связанных с проявлением вулканизма в общем балансе медных месторождений. — В кн.: Вопросы палеовулканизма Узбекистана. Ташкент, 1968, с. 157—166.
78. *Маринов Н. А.* Геологические исследования Монгольской Народной Республики. М., «Недра», 1967. 843 с.
79. *Материалы к V Всесоюзному петрографическому совещанию.* Т. 1, 2. Алма-Ата, «Наука», 1976. Т. 1, 437 с; т. 2, 257 с.
80. *Медно-молибденовая рудная формация (на примере Сибири и сопредельных регионов).* Новосибирск, «Наука», 1977. 423 с. (Тр. Ин-та геологии и геофизики, вып. 319).
81. *Медно-порфировые месторождения Алмалыка.* Ташкент, «Фан», 1974. 186 с.

82. *Медный пояс Чили и Южного Перу.* — В кн.: Геология месторождений редких элементов Южной Америки. М., 1968, с. 223—236. Авт.: С. Е. Колотухина, Л. А. Григорьева, Л. И. Клаповская и др.
83. *Металлогения и новая глобальная тектоника.* Краткие тезисы докладов к Всесоюзному научно-техническому совещанию. «Проблемы металлогении в свете идей новой глобальной тектоники». 17—20 декабря 1973 г. Л., 1973. 157 с.
84. *Милановский Е. Е., Короновский Н. В.* Орогенный вулканизм и тектоника Альпийского пояса Евразии. М., «Недра», 1973. 280 с.
85. *Мкртчян С. С., Карамян К. А., Аревшатян Т. А.* Каджаранское медно-молибденовое месторождение. Ереван, Изд-во АН АрмССР, 1969. 330 с.
86. *Мовсеян С. А., Исаенко М. П.* Комплексные медно-молибденовые месторождения. М., «Недра», 1974. 344 с.
87. *Муратов М. В.* Урало-Монгольский пояс. — В кн.: Тектоника Урало-Монгольского складчатого пояса. М., 1974, с. 5—11.
88. *Мусин Р. А.* Формации рудных метасоматитов. Ташкент, «Фан», 1970. 212 с.
89. *Наковник Н. И.* Новые данные о так называемых вторичных кварцитах и их рудах. — В кн.: Проблемы советской геологии. Т. 2, № 6, М., 1933, с. 228—242.
90. *Наковник Н. И.* Пропилитизированные породы, их минеральные фации, генезис и практическое значение. — «Зап. Всесоюз. минерал. об-ва», 1954, ч. 83, вып. 2, с. 85—94.
91. *Наковник Н. И.* Вторичные кварциты СССР и связанные с ними месторождения полезных ископаемых. М., «Недра», 1964. 339 с.
92. *Нарвайт Г. Э.* Метаморфизм и метасоматизм вмещающих пород месторождения Бошекуль (Северо-Восточный Казахстан). — В кн.: Проблемы метасоматизма. М., 1970, с. 131—138. (Труды II конференции по околорудному метасоматизму).
93. *Нурбаев З. М., Полетаев А. И.* Новые данные о геологическом строении Коунрадского медно-порфирирового месторождения Казахстана. Алма-Ата, 1969, с. 97—109.
94. *Нурбаев З. М., Полетаев А. И.* О геологических особенностях и поисковых критериях медно-порфирировых месторождений коунрадского типа. — В кн.: Геология медно-порфирировых месторождений Казахстана и Средней Азии. Алма-Ата, 1971, с. 23—31.
95. *О медно-порфирировом оруденении Олойской зоны (Западная Чукотка).* — «Геология рудн. м-ний», 1976, т. 18, № 6, с. 86—92. Авт.: Ю. П. Рождественский, Ю. И. Едовин, И. И. Игошина, С. Н. Қалабашкин.
96. *Основы научного прогноза молибденово-медных месторождений в зонах субвулканических порфирировых интрузивов.* Под ред. И. Г. Павловой, Ю. П. Рождественского, В. С. Якубович. М., 1971. 204 с. (СЭВ).
97. *Особенности геологического строения молибденово-медного месторождения Актогай.* — «Изв. АН КазССР. Сер. геол.», 1976, № 2, с. 29—36. Авт.: Л. У. Кыдырбеков, В. Ф. Штифанов, М. Д. Нурпеисов, А. М. Красников.
98. *Обуэн Ж.* Геосинклинали. Проблемы происхождения и развития. М., «Мир», 1967. 302 с.
99. *Павлова И. Г.* Региональные и локальные закономерности размещения медно-порфирировых месторождений. Л., 1970. 56 с.
100. *Павлова И. Г., Рундквист Д. В.* О взаимосвязи медно-порфирировых месторождений с вулканизмом. — В кн.: IV симпозиум Международной ассоциации по генезису рудных месторождений. Тезисы докладов. София, 1974, с. 118—119.
101. *Павлова И. Г.* О перспективах палеозойских и докембрийских складчатых областей на медно-порфирировое оруденение (на примере Урала). — В кн.:

Тезисы докладов VIII Всесоюзного металлогенического совещания. Свердловск, 1976, с. 45—48.

102. Павлова И. Г., Соловьев В. В. Использование морфоструктур центрального типа для анализа закономерностей размещения медных месторождений. — В кн.: Методика регионального прогнозирования месторождений полезных ископаемых. Л., 1976, с. 19—28. (Тр. ВСЕГЕИ, т. 227).

103. Павлова И. Г., Якубович В. С. Гидротермально измененные породы как критерий отличия медно-порфировых месторождений различных формационных типов. — В кн.: Метасоматизм и рудообразование. М., 1975, с. 131—135.

104. Перваго В. А. Условия формирования и геолого-экономическая оценка промышленных типов месторождений цветных металлов. М., «Недра», 1975. 272 с.

105. Перри В. Д. Генезис трубообразных брекчиевых рудных тел. М., 1962. 26 с. (ВИМС).

106. Пожарицкий К. Л. Основные черты геологии и минерализации советских и зарубежных месторождений медно-порфировых руд. — В кн.: Геология, геохимия и минералогия медно-порфировых месторождений Казахстана. Алма-Ата, 1969, с. 7—25.

107. Покалов В. Т. Генетические типы и поисковые критерии эндогенных месторождений молибдена. М., «Недра», 1972. 270 с.

108. Полетаев А. И. Геолого-генетические особенности Медного Коунрада. Автореф. дис. Алма-Ата, 1970. 28 с.

109. Полянский Н. В. Металлогения каледонских магматических формаций юго-западной части Чингиз-Тарбагатайского мегантиклинория (Центральный Казахстан). Автореф. дис. Томск, 1973. 28 с.

110. Попов В. Е., Лебедева В. А. Флоринская В. Н. Возраст и геохимические особенности колчеданных руд Карелии. — В кн.: Состояние и перспективы расширения минерально-сырьевой базы Северо-Запада РСФСР. Л., 1973, с. 260—266.

111. Попов В. С. Геология и генезис медно- и молибден-порфировых месторождений. М., «Наука», 1977. 201 с.

112. Прокин В. А. Связь сульфидных месторождений эвгеосинклинальных областей с магматизмом и метаморфизмом (на примере Южного Урала). — «Геология рудн. м-ний», 1972, т. 14, № 1, с. 19—30.

113. Рахубенков А. Т. Геологическое строение, условия локализации медного оруднения и геохимические особенности руд месторождения Дальнее (Узбекская ССР). Автореф. дис. М., 1972. 32 с.

114. Рехарский В. И., Дистлер В. В. О полевошпатово-кварцевой формации молибденовых месторождений. — «Геология рудн. м-ний», 1965, № 4, с. 91—93.

115. Рождественский Ю. П. Блоковая тектоника и эволюция эндогенного рудообразования как критерий прогнозной оценки рудных районов (на примере Центрального Казахстана). — В кн.: Методика регионального прогнозирования месторождений полезных ископаемых. Л., 1976, с. 5—19. (Тр. ВСЕГЕИ, нов. сер., т. 227).

116. Рудные месторождения СССР. Под ред. В. И. Смирнова. М., «Недра», 1974, т. 1, 327 с.; т. 2, 391 с.; т. 3, 474 с.

117. Рундквист Д. В. О принципах выделения и прогнозирования рудных формаций. — В кн.: Основы научного прогноза месторождений рудных и нерудных полезных ископаемых. Л., 1971, с. 27—35.

118. Рундквист Д. В. Использование закономерностей развития минеральных образований во времени при металлогенических исследованиях. — В кн.: Итоги совещания по проблеме «Основы научного прогноза месторождений рудных и нерудных полезных ископаемых». Л., 1972, с. 37—57.

119. Рундквист Д. В. Об изучении динамики развития геологических процессов при металлогенических исследованиях. — «Тр. ВСЕГЕИ. Нов. сер.», 1972, т. 178, с. 174—182.

120. Рундквист Д. В., Неженский И. А. Зональность эндогенных рудных месторождений. Л. «Недра», 1975. 224 с.
121. Рундквист Д. В., Павлова И. Г. Опыт выделения формаций гидротермально-метасоматических пород. — «Зап. Всесоюз. минер. об-ва», 1974, вып. 3, с. 289—304.
122. Рундквист Д. В., Денисенко В. К., Павлова И. Г. Грейзеновые месторождения. М., «Недра», 1971. 328 с.
123. Русаков М. П. О новой крупной базе медепромышленности в Средней Азии — месторождении медных порфирировых руд Алмалык. — «Цвет. металлы», 1931, № 10, с. 1388—1401.
124. Русаков М. П., Спектр И. Е. Минерально-сырьевая база СССР. Медь. М., 1936. 104 с. (ОНТИ НКТП, вып. 20).
125. Связь магматизма и эндогенной минерагении с блоковой тектоникой. Под ред. М. А. Фаворской, И. Н. Томсона. М., «Недра», 1969. 264 с.
126. Серикбаев М. М. Структурные особенности Коксайского месторождения медно-порфирировых руд. — В кн.: Структуры рудных полей и месторождений цветных металлов Казахстана. Алма-Ата, 1969, с. 86—90.
127. Смирнов В. И. Геология полезных ископаемых. М., «Недра», 1969, 590 с.
128. Смирнов С. С. О Тихоокеанском рудном поясе. — «Изв. АН СССР. Сер. геол.», 1946, № 2, с. 13—22.
129. Соболева В. В. Молибден. — В кн.: Минеральные ресурсы промышленно развитых капиталистических и развивающихся стран. М., «Недра», 1976, с. 182—190.
130. Соловьев В. В. Рациональный комплекс геоморфологических методов исследования при прогнозировании месторождений полезных ископаемых. Л., «Недра», 1976. 22 с.
131. Старостин В. И. Медные месторождения Бор и Майданпек в Югославии. — «Вест. Моск. ун-та. Сер. геол.», 1969, № 3, с. 24—37.
132. Сычев В. И. Последовательность постмагматического минералообразования на молибденово-медном месторождении Коксай. — В кн.: Геология, закономерности размещения и условия локализации месторождений цветных металлов Казахстана. Алма-Ата, 1974, с. 204—206.
133. Твалчрелидзе Г. А. Рудные провинции мира (Средиземноморский пояс). М. «Недра», 1972. 344 с.
134. Твалчрелидзе Г. А. Сравнительная металлогеническая характеристика колчеданной и медно-порфирировой формации. — «Геология рудн. м-ний», 1975, т. 17, № 3, с. 3—18.
135. Тектоническая карта Евразии. Под ред. акад. А. Л. Яншина. М., «Наука», 1966.
136. Тулегенов Т. О влиянии пористости и трещиноватости рудовмещающих пород Саук-Булакского рудного поля на размещение в нем медных руд. — «Минерал. сб.», 1965, № 6, с. 221—228. (Тр. Ин-та геологии Уральск. филиала АН СССР, вып. 70).
137. Ушев А. Медно-молибденовое месторождение Медет в Народной Республике Болгарии. — «Разведка и охрана недр», 1964, № 4, с. 61—63.
138. Ушев А., Чипчакова Ст., Ангелков Кр. Медетский плутон и связанно с него медно месторождение Медет-Панагюрско. — Приноси към геол. на България. Т. 1. София, 1962, с. 69—147.
139. Фарамазян А. С. Калинин С. К. Об абсолютном возрасте медно-молибденового оруднения Зангезура. — «Изв. АН АрмССР. Науки о Земле», 1974, т. 27, № 1, с. 43—53.
140. Федорова И. Б. Григорьева Г. Г., Компанец С. Н. Условия размещения медно-порфирирового оруднения на Урале. — В кн.: Геология медно-порфирировых

месторождений. Алма-Ата, 1971, с. 12—14. (Тезисы докл. II совещ. по медно-порфировым м-ниям, г. Балхаш, август, 1971).

141. *Хасин Р. А., Борзаковский Ю. А.* Структурные и металлогенические особенности Центральной и Восточной Монголии. — «Сов. геология», 1966, № 12, с. 38—49.

142. *Хокс Х. Е. Узбб Дж. С.* Геохимические методы поисков минеральных месторождений. М., «Мир», 1964. 487 с.

143. *Хрущов Н. А.* Молибден. Оценка месторождений при поисках и разведках. Вып. 19. М., Госгеолтехиздат, 1961. 270 с.

144. *Чипчакова Ст., Лилов П.* Об абсолютном возрасте верхнемеловых магматитов западной части Центрального Среднегорья и связанных с ним оруденений. — «Докл. Болг. акад. наук», 1976, т. 29, № 1, с. 101—104.

145. *Цветков К. Н.* Геолого-геофизична характеристика и закономерности в распространении на медно-порфирините находища в Панагюрския руден район, Автореф. дис. София, 1977. 29 с.

146. *Циссарц А.* Полезные ископаемые Югославии. М., Изд-во иностр. лит., 1958. 239 с.

147. *Шагинян Р. Г.* Условия образования и закономерности размещения медно-молибденовой минерализации Дастакертского рудного поля (Малый Кавказ). Автореф. Л., 1972. 33 с.

148. *Шевченко Н. Я.* Медно-порфировое оруденение в Восточном Казахстане. — «Разведка и охрана недр», 1973, № 8, с. 7—10.

149. *Шнейдерхен Г.* Рудные месторождения. М., Изд-во иностр. лит., 1958. 501 с.

150. *Щеглов А. Д.* Металлогения областей автономной активизации. Л., «Недра», 1968. 180 с.

151. *Щеглов А. Д.* Основные особенности эндогенной металлогении южной части Западного Пакистана. — «Геология рудн. м-ний», 1969, т. 9, № 3, с. 40—51.

152. *Щеглов А. Д.* Металлогения срединных массивов. Л., «Недра», 1971. 148 с.

153. *Шерба Г. Н.* Связь рудных месторождений Казахстана с герцинским вулканизмом. — В кн.: Рудоносность вулканогенных формаций. М., 1965, с. 71—86.

154. *Юдин И. М.* Медное месторождение Коунрад (минералого-геохимические и генетические черты). М., Изд-во Моск. ун-та, 1969. 150 с.

155. *Яранов Д.* Тектоника на Бялгария. София, Държавно изд-во «Техника», 1960. 282 с.

156. *Almogela D. H.* Philippine porphyry coppers: now 34 known deposits, 8 mines. — World Mining, 1974, v. 27, № 13, p. 28—33.

157. *Alpine volcanism and metallogenesis in the Apuseni Mountains.* Symposium „Volcanism and metallogenesis“. Bucharest, 1973, 1973. — Guidebook. Series, 1973, № 13.

158. *Ayres L. D., Findlay D. J.* Precambrian porphyry copper and molybdenum deposits in Ontario and Saskatchewan. — Paper. Geol. Surv. Can., 1976, № B, p. 39—41.

159. *Ambler E. P., Facer R. A.* A Silurian porphyry copper prospect near Jeoval, New South Wales. — J. Geol. Soc. Austral., 1975, v. 22, № 2, p. 229—241.

160. *Barr D. A.* The Galore Creek copper deposits. — Can. Min. Metal. Bull., 1966, v. 59, № 651, p. 843—844.

161. *Basin D., Hübner H.* Copper deposits in Iran. — Geol. Surv. Iran. Rept., 1969, № 13, p. 172.

162. *Baumann L.* Die Kupferlagerstätten der Sredna-Gora Zone (VR Bulgarien) und ihre Stellung im alpidisch-ostmediterranean Cu-Gürtel. — Zangow Geol., 1976, Bd. 22, № 6, S. 258—263.

163. *Blecha M.* Batcharoana area — a possible Precambrian porphyry copper district. — CIM Bull., 1974, v. 67, № 748, p. 71—76.
164. *Bloom H.* Geochemical exploration as applied to coppermolybdenum deposits. — In: *Geology of the porphyry copper deposits Southwestern—North America*. Tucson—Univ. Arisona Press, 1968, p. 111—123.
165. *Bryner L.* Ore deposits of the Philippines — an introduction to their geology. — Econ. Geol., 1969, v. 64, № 6, p. 644—666.
166. *Burnham C. W.* Facies and types of hydrothermal alteration. — Econ. Geol., 1962, v. 57, № 5, p. 768—784.
167. *Camus Fr.* Geology of the El-Teniente orebody with emphasis on wall-rock alteration. Econ. Geol., 1975, v. 70, № 8, p. 1341—1372.
168. *Carson D. J. T., Jamber J. L.* Mineralogy, zonal relationships and economic significance of hydrothermal alteration at porphyry copper deposits, Babine Lake Area, British Columbia. — Can. Min. Metal. Bull., 1974, v. 67, № 742, p. 110—134.
169. *Clark K. F.* Stockwork molybdenum deposits in the Western Cordillera of North America. — Econ. Geol., 1972, v. 67, № 6, p. 731—758.
170. *Cobbing E. I.* Tectonic elements of Peru and the evolution of the Andes. — In: XXIV Intern. Geol. Congress, sect. 3, tectonics. Montreal, 1972.
171. *Creasey S.* Hydrothermal alteration. — In: *Geology of the porphyry copper deposits Southwestern—North America*. Tucson—Univ. Arisona Press, 1968, p. 51—75.
172. *Damon P. E., Mauger R. L.* Epeirogeny-orogeny viewed from the Basin and Range province. — A. I. M. E. Trans. v. 235, 1970, p. 99—112.
173. *De Geoffroy J., Wignall T. K.* A statistical study of geological characteristics of porphyry copper—molybdenum deposits in the Cordillerin belt application to the rating of porphyry prospects. — Econ. Geol., 1972, v. 67, № 5, p. 656—667.
174. *Drovenik M., Antonijevic J.* Micic 1. Novi pogloedi na magmatizam i geološku gradju timocke eruptivne olasti. Vesnik Z, G, C, I, 20, 1967, str. 67—91.
175. *Evans D. J. I.* The practice of metallurgy in 1999. — Can. Min. Metal. Bull., 1974, v. 67, № 747, p. 66—71.
176. *Excursion guide № 15 c.* Ore deposits of the Lachlan fold belt, New South Wales. Ed. L. B. Gilligan, N. L. Markham. Prin. Progress, Press, Pty. Ltd, Canberra, 1976. 53 p.
177. *Field C. W., Jones M. B., Bruce W. R.* Porphyry coppermolybdenum deposits of the Pacific North-West. — Amer. Inst. Min. Metal. Ann. Mtg. Chicago, Febr. — Marth, 1973, p. 69—73.
178. *Ford J. H., Wood D. G., Green D. C.* Geochronology of porphyry copper tupe mineralization near Rockhampton, Eastern Queensland, Australia. — Econ. Geol., 1976, v. 71, № 2, p. 526—534.
179. *Frutos J.* Porphyry copper type mineralization and geosynclinal tectonic evolution in the Chilean Andes — Ann. Soc. Geol. Belg., 1975 (1976), v. 98, № 1, p. 5—15.
180. *Goldwin C. J.* Imbricate subduction zones and their relationship with Upper Cretaceous to Tertiary porphyry deposits in the Canadian Cordillera. — Can. J. Earth Sci., 1975, v. 12, № 8, p. 1362—1378.
181. *Godwin C. J.* Porphyry copper — molybdenum deposits. — West. Miner., 1975, v. 48, № 12, p. 16—17, 19.
182. *Geological map of Asia and Far East.* 2 nd ed. (revised), 1971, with Explanatory brochure scale 1 : 5 000 000.
183. *Geology of the porphyry copper deposits Southwestern—North America*. Tucson — Univ. Arisona Press, 1968. 287 p.
184. *Goossens P. J., Hallister V. F.* Structural control and hydrothermal alteration pattern of Chaucha porphyry copper, scudder. — Miner. deposits, 1973, v. 8, № 4, p. 321—331.

185. *Grant N. J., Nielsen R. L.* Geology and geochronology of the Jandera porphyry copper deposit, Papua New Guinea.— *Econ. Geol.*, 1975, v. 70, № 7, p. 1157—1174.
186. *Guild Ph. W.* Massive Sulfides and porphyry deposits in their global tectonic settings. Joint Meeting MMIJ—AJM, Tokio, 1972.
187. *Hodder R. W.* Types of porphyry copper deposits at destructive plate margins and their metallogenic implications.— *Geol. Assoc. Can., Spec. Paper*, 1976, № 14, p. 101—103.
188. *Hollister V. F.* Regional characteristics of porphyry copper deposits of South America.— *Min. Eng.*, 1973, v. 25, № 8, p. 35—40, 51—56.
189. *Hollister V. F.* An appraisal of the nature and source of porphyry copper deposits.— *Miner. Sci. Eng.*, 1975, v. 7, № 3, p. 225—233.
190. *Hollister V. F., Anzalonc S. A., Richter D. H.* Porphyry copper deposits of Southern Alaska and contiguous Yukon territory.— *Can. Min. Metal. Bull.*, 1975, v. 68, № 756, p. 104—112.
191. *Hollister V. F., Potter R. R., Barker A. L.* Porphyry type deposits of the Appalachian Orogen.— *Econ., Geol.*, 1974, v. 69, № 5, p. 618—630.
192. *Howell F. H., Molloy J. S.* Geology of the Braden orebody, Chile, South America.— *Econ. Geol.*, 1960, v. 55, № 5, p. 863—905.
193. *Lonescu O., Soare C., Gheorghiu M.* Contributii la cuncasterea, zacaminului cuprifera Rosia—Poienti.— *Alteratii hipogene stud. si cezc. Geol., Geofiz., Geogr., Ser. Geol.*, 1975, v. 20, № 2, p. 159—170.
194. *James A. H.* Hypothetical diagrams of several porphyry copper deposits.— *Econ. Geol.*, v. 66, № 1, 1971, p. 43—47.
195. *Jankovic S.* The copper deposits and geotectonic setting of the Thethyan—Eurasian metallogenic belt.— *Miner. Deposita (Berl.)*, 1977, v. 12, p. 37—47.
196. *Kesler S., Jones L., Walker R.* Intrusive rocks associated with porphyry copper mineralization in Island Arc Areas.— *Econ. Geol.*, v. 70, 1975, p. 515—526.
197. *Kirk H. J. C.* Porphyry copper deposit in northern Selangor, Malaysia.— *Inst. Min. Metal. Bull.*, 1967, v. 76, № 732, p. 44—45.
198. *Kirkham R. V., Soregardy A. E.* Preliminary assessment of porphyry deposits in the Canadian Appalachians.— *Paper. Geol. Surv. Can.*, № 75—1, pt. A, p. 249—252.
199. *Koukharshy M., Mirré J. C.* Mi Vida prospect: a porphyry copper—type deposit in northwestern Argentina.— *Econ. Geol.*, 1976, v. 71, № 5, p. 849—863.
200. *Livingstone D., Mauger R., Damon P.* Geochronology of the emplacement enrichment of Arizona porphyry copper deposits.— *Econ. Geol.*, 1968, v. 63, № 1, p. 30—35.
201. *Loudon A. G.* Marcopper porphyry copper deposit, Philippines.— *Econ. Geol.*, 1976, v. 71, № 4, p. 721—732.
202. *Lowell J. D.* Regional characteristics of porphyry copper deposits of the Southwest.— *Econ. Geol.*, 1974, v. 69, № 5, p. 601—607.
203. *Lowell J. D.* Geology and economics of South American porphyry copper deposits.— *World Mining*, 1975, v. 28, № 6, p. 32—37.
204. *Lowell J. D., Guilbers I. M.* Lateral and vertical alteration mineralization zoning in porphyry ore deposits.— *Econ. Geol.*, 1970, v. 65, № 4, p. 373—409.
205. *Macisaak W. F.* Copper mountain geology at Gaspé Copper mines limited.— *Can. Min. Metal. Bull.*, 1969, v. 62, № 687, p. 830—836.
206. *Metalogenija i koncepcije geotektonskog Razvoja Jugoslavije.* Beograd, 1974, 398 str.
207. *Metallogeny of the Canadian Cordillera.*— *Can. Min. Metal. Bull.*, 1971, v. 64, № 709, p. 37—61. Auth.: Sutherland-Braun A., Cathro R. I., Pantelev A., Ney C. S.

208. Metz R. A., Rose A. W. Geology of the ray copper deposit, ray, Arizona. — In: Geology of the Porphyry Copper Deposits Southwestern—North America. Tucson Univ. Arizona Press, 1968, p. 177—188.

209. Mineral distribution map Asia and the Far East, scale 1 : 5 000 000. 1963.

210. Németh C. J. A recki mélyszerinti szinesfémers előfordulás és annak teleptani, érföldtani képo. — Földt közl, 1975, 105, Suppl., p. 692—708.

211. Ney C. S. Distribution and genesis of copper deposits in British Columbia. Tectonic History and Mineral Deposits in Western Cordillera. — CIM, Bull, 1966, v. 8, p. 295—303.

212. Parsons A. The porphyry coppers. Amer. Inst. Min. Metal. Petrol. Eng., 1st ed., 1933. 581 p.

213. Petersen U. Metallogenic provinces in South America. — Geol. Rundschau, 1976, Bd. 59, H. 3, S. 834—897.

214. Peterson N. P., Gilbert C. M., Quick G. L. Geology and ore deposits of the Calstle Dome area, Giles County, Arizona. US Geol. Surv., Bull., 1951, № 971, p. 134.

215. Pubished Structural Data from Porphyry Copper Deposits. — Econ. Geol., 1972, v. 67, № 2, p. 203—209.

216. Renrig W. A., Heidrick T. L. Regional fracturing in Iaramide stocks of Arizona and its relationship to porphyry copper mineralization. — Econ. Geol., 1972, v. 67, № 2, p. 198—213.

217. Robinson R. F., Cook A. The Safford copper deposit, Lone star mining district, Graham County, Arizona. In: Geology of the Porphyry Copper Deposites Southwestern—North America. Tucson Univ. Arizona Press, 1968, p. 251—267.

218. Rose A. W. Zonal relations of wallrock alteration and sulfide distribution at porphyry copper deposits. — Econ. Geol., 1970, v. 65, № 8, p. 920—930.

219. Routhier P. Les gisements métallifères Géologie et principes de recherche. 2 v. Masson et Cie, Paris, 1963. 1282 p.

220. Rowe R. B. Porphyry deposits of the Canadian Cordillera. Pt. 1—2. Can. Min. J., 1973, v. 94, № 11, p. 35—39; № 12, p. 37—41.

221. Rowley P. D., Williams P. L., Schmidt D. L. Copper mineralization along the Lassiter coast of the Antarctic peninsula. — Econ. Geol., 1975, v. 70, № 5, p. 982—992.

222. F. C., Aguirrel, Corvalan I. and al. Geologia y yacimientos meta-liferos de Chile. — Inst. Invest. Geol. Santjago, 1965. 305 p.

223. Saegart W. E., Sell J. D., Kilpatrick B. E. Geology and mineralization of La Caridad porphyry copper deposit, Sonora, Mexico. — Econ. Geol., 1974, v. 69, № 7, p. 1060—1077.

224. Sawkins F. I. Sulfide ore deposits in relation to plate tectonics. — J. Geol., 1972, v. 80, № 4, p. 337—397.

225. Schmidt R. G. Exploration possibilities in the Western Chagai district, West Pakistan. — Econ. Geol., 1968, v. 63, № 1, p. 51—60.

226. Schmitt H. The porphyry copper deposits in their regional setting. — In: Geology of the porphyry copper deposits Southwestern—North America. Tucson Univ. Arizona Press, 1968, p. 17—33.

227. Schwarts G. The nature of primary and secondary of the porphyry copper deposits Southwestern North America. — In: Geology of the porphyry copper deposits Southwestern—North America. Tucson Univ. Arizona Press, 1968, p. 41—50.

228. Sillitoe R. H. A plate tectonic model for the origin of porphyry copper deposits. — Econ. Geol., 1972, v. 67, № 2, p. 184—197.

229. Sillitoe R. H. Geology of the Los Pelambres porphyry copper deposit, Chile. — Econ. Geol., 1973, v. 68, № 1, p. 1—10.

230. *Sillitoe R. H.* The tops and bottoms of porphyry copper deposits. — *Econ. Geol.*, 1973, v. 68, № 6, p. 794—815.
231. *Sillitoe R. H.* A reconnaissance of the Mexican porphyry copper belt. — *Trans. Inst. Min. Metal.*, 1976, B85, Aug., p. 170—189.
232. *Sillitoe R. H.* Andean mineralization: a model for the metallogeny of convergent plate margins. — *Geol. Assoc. Can., Spec. Paper*, 1976, № 14, p. 59—100.
233. *Soregaroli A. E.* Important characteristics of some Canadian Cordillera porphyry deposits. — *Paper. Geol. Surv. Can.*, 1975, № 75, pt. B, p. 59—62.
234. *Soregaroli A. E.* The geology of molybdenum and copper deposits in Canada. — *Paper. Geol. Surv. Can.*, 1975, № 75—1, pt. A, p. 243—244.
235. *Spasov T.* Pojave dubinskih stena i njuhovi zicnik ekvivalena ta u Majanpeku. — *Zbornik radova Bor*, 1967, № 5, s. 10—15.
236. *Stringham B.* Igneous rock types and host rocks associated with porphyry copper deposits. — In: *Geology of the porphyry copper deposits Southwestern—North America*. Tucson Univ. Arizona Press, 1968, p. 35—40.
237. *Structural evolution of porphyry mineralization at Highland Valley, British Columbia.* — *Can. J. Earth Sci.*, 1975, v. 12, № 5, p. 807—820. Auth.: Hollister V. F., Allen J. M., Anzalone S. A., Seraphim R. H.
238. *Sutherland-Brown A.* Distribution metallic mineralization in British Columbia. — *Can. Min. J.*, 1969, v. 90, № 4, p. 53—55.
239. *Swiden H. S., Strong D. F.* A comparison of plate tectonic models of metallogenesis in the Appalachians, the North American Cordillera and the East Australian Paleozoic. — *Geol. Assoc. Can., Spec. Paper*, 1976, № 14, p. 443—471.
240. *Szadeczky K. E.* Computation of the parameters of subduction. — In: *Study on the Mat. an energy flows*. Budapest, 1973. 110 p.
241. *Taghzadch N.* Copper mineralization in Chagai district, Baluchistan, Pakistan. — *Records Geol. Surv. Pakistan*, 1974, v. 28, p. 1—8.
242. *Titley S. R.* Geological characteristics and environment of some porphyry copper occurrences in the Southwestern Pacific. — *Econ. Geol.*, 1975, v. 70, № 3, p. 449—513.
243. *Tord J. H., Wood D. I., Green D. C.* Geochronology of porphyry copper type mineralization near Rockhampton, eastern Queensland, Australia. — *Econ. Geol.*, 1976, № 2, p. 526—534.
244. *Waterman G. C., Hamilton R. L.* The Sari Cheshmeh porphyry copper deposit. — *Econ. Geol.*, 1975, v. 70, № 3, p. 568—576.
245. *Wolfe J. A.* „Camote porphyry“ copper deposits. — *Econ. Geol.*, 1975, v. 70, № 6, p. 1125—1126.
246. *Wolfhord M. R., Ney C. S.* Metallogeny and plate tectonics in the Canadian Cordillera. *Geol. Assoc. Can., Spec. Paper*, 1976, № 14, p. 361—392.
247. *Zelenka T.* New data on the Darnó Megatectonic zone. — *Acta Geol. Acad. Sci. Hung.*, 1973, t. 17 (1—3), p. 155—162.
248. *Zelenka T.* A reksi mélysinti szinesifém ércelőfordulás szerkezeti-magmáföldtani helyzete. — *Föld közl.*, 1975, t. 105, p. 582—597.

## УКАЗАТЕЛЬ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

- Агарак 101, 104  
Аданас 66  
Аджакс 66  
Айгедзор 101  
Айленд-Коппер 66  
Айрон-Маск 65, 66  
Аксуг 147  
Актогай 136  
Ак-Чеку 125  
Алаверды 102  
Алмалыкское рудное поле 125  
Алтынайское (рудопроявление) 118  
Альма 161  
Америка-Бонанца (трубка) 60  
Асарел 92, 96  
Атлас 37  
Ахо 47, 180
- Багдад 47, 198  
Байцзаогоу 22  
Бакирсай 22  
Балыксинское 146  
Батчевана площадь 164  
Белунрек (рудопроявление) 142  
Бенкалинское 112, 114  
Берг 66  
Бернт-Хилл 161  
Бетлехем 66  
Бингем-Каньон 173  
Биргильдинское 118  
Бисби 184  
Болгохтохское 163  
Бонен 37  
Бор 86  
Боров Дол 82  
Босс-Маунтин 65, 66  
Бощекуль 139  
Бренда 66  
Бретон (трубка) 163  
Британская Колумбия (Молибденум)  
66  
Брусничное 116  
Бучима 82  
Бьютт 175
- Вашингтон 66  
Валли-Коппер 65  
Верхнее озеро 162  
Веснинское (рудное поле) 80  
Вичват-Крик 20  
Влайков Врых 91, 92  
Вознесенское 118
- Габарус-Бей 161  
Гаспе 161  
Генриэтта (трубка) 60  
Глейзер-Галч 66  
Граймонт 63  
Грен-Маунтин 65  
Грэнайл 66
- Дальнее, УзбССР 125  
Дальний, СВ СССР (рудопроявление) 77  
Дастакерт 101  
Демократа (трубка) 60  
Джем 65  
Джиндара 21  
Дева 82
- Елаците 97  
Еленовское 118
- Западное (рудопроявление) 142
- Игл-Лейк 162  
Или 174, 188  
Иннах (рудопроявление) 78  
Инспирэйшн 198  
Иттю 176
- Каджаран 82, 101, 104  
Кадиллак 161  
Кальмакыр 125, 170  
Камень Такмыка (рудопроявление)  
78  
Кананеа (рудный район) 57  
Кананеа-Дулут (трубка) 59  
Каншоки (рудопроявление) 142

- Капоте (трубка) 59  
 Карабас 195  
 Каратас 195  
 Карго 160  
 Карибо-Белл 65  
 Касл-Доум 168, 183  
 Катфейс 66  
 Кафан 102  
 Квеста 49, 211  
 Кеннеди 63  
 Кенсай (рудопоявление) 142  
 Кеннон 37  
 Кирганикское (рудное поле) 74  
 Клаймакс 49, 211  
 Кларкс-Лейк 161  
 Коксай 145  
 Коктас-Джал 11  
 Коктас-Джартас 11  
 Колоула 30  
 Коппер-Маунтин 66, 67  
 Коппер-Ситиз 184  
 Коппер-Хилл 160  
 Коунрад 131  
 Крайчиково (рудопоявление) 118  
 Куахоне 20  
 Кунибагуми 22  
 Купер 161  
 Кургашикан 126  
 Кызылкаин (рудопоявление) 142  
 Кэсиноу 65, 66  
 Кэтхарт-Сэлли 162
- Лазурный 73  
 Ла-Каридад 57  
 Лакли-Шип 65  
 Ла-Колорадо (трубка) 60  
 Ласситера берег 81  
 Левендер (рудник) 221  
 Лекс 63  
 Лекын-Тальбейское 112, 113  
 Лорнекс 65, 66  
 Лоррен 66  
 Лос-Лорес 39  
 Лос-Пеламбрес 39  
 Лутопан 37
- Ма-Вида 182  
 Майами 47  
 Майданпек 86, 88  
 Мамули-Сопели (рудопоявление) 102  
 Маринер 162  
 Маркова Чукла 94  
 Маркоппер 37  
 Маунт-Плезант 161  
 Мачкатица 230  
 Медет 91, 94  
 Минерал-Парк 47, 178
- Мичикильях 223  
 Мишен 229  
 Монива 22  
 Моренси 47, 188  
 Морокоча 20
- Находка (Баимское) 78  
 Невада 9  
 Неохори 22  
 Новониколаевское 118  
 Ньюмен 66
- Окс-Лайк 65
- Пабино 161  
 Пангуна 30  
 Парагачай 101, 104, 202  
 Пасельщик 146  
 Песчанка 77, 78  
 Петакилья-Ботиха 20  
 Петелово 91, 92  
 Пима 212  
 Пиритовое (рудопоявление) 116  
 Потрерильос 20  
 Пряжка (рудное поле) 80
- Ранконтр-Ист 162  
 Рей 55, 178  
 Ред-Бед 65, 66  
 Речк 98  
 Рио-Бланко 38  
 Рио-Виви 46  
 Ржавый (рудопоявление) 80
- Салаватское 112, 117  
 Сан-Мануэль 171, 178  
 Санта-Нино 37  
 Санта-Рита 47, 178  
 Санто-Томас-II 37  
 Сокол (рудопоявление) 180  
 Сорское 146  
 Сар-Чешме 107  
 Сары-Чеку 125, 180  
 Саффорд 174, 212  
 Семизбугы 12  
 Серро-Верде 40  
 Серро-Колорадо 20  
 Сильвер-Белл 54, 171  
 Сипалай 37  
 Сквейр-Лейк 161  
 Сосновское 146  
 Стикин-Коппер 63, 66  
 Сульфидный (рудопоявление) 80
- Техут (рудопоявление) 102  
 Токепала 40  
 Туманный 74  
 Тунчан 22

Урумыс 101, 104  
Уюк 147

Фаралон-Нигроу 39  
Фу-Тон-Дан 22

Хайленд-Валли 67  
Хаймонт 67  
Хаклберри 66

Цаган-Субарга 149, 152, 181  
Цебам 63

Чатыркуль 195, 202  
Чауча 47  
Чжунтяошань 22  
Чукикамата 38, 42, 171

Шамлуг 102  
Шаромское (рудное поле) 74  
Шикахок (рудопроявление) 102

Эвандейл 161  
Эль-Сальвадор 38, 42  
Эль-Теньенте (Браден) 38  
Эндако 63, 66  
Эрдэнтуйин-Обо 149, 151  
Эспиранса 174

Южное (рудопроявление) 116  
Юлия 192

Ялонвара 166  
Яндерра 32

Предисловие . . . . .	5
Современные проблемы изучения медно-порфировых месторождений . . .	9

ЧАСТЬ ПЕРВАЯ

Главные провинции и зоны с медно-порфировой минерализацией . . .	18
Глава I. Тихоокеанский подвижный пояс . . . . .	25
Острова юго-западной части Тихого океана (28). Филиппины (34). Перу-Чилийская провинция (38). Центральная Америка (46). Юго-Западные штаты США (47). Мексика (57). Канада (61). Восток СССР (70). Антарктический полуостров (80)	
Глава II. Средиземноморский подвижный пояс . . . . .	82
Югославия (86). Болгария (91). Венгрия (98). Армения (101). Иран (105). Пакистан (109)	
Глава III. Урало-Монгольский подвижный пояс . . . . .	109
Урал (112). Средняя Азия (119). Казахстан (128). Алтае-Саянская область (146). Монголия (149)	
Глава IV. Другие складчатые пояса . . . . .	157
Восточная Австралия (158). Аппалачи (161). Озеро Верхнее (Канада) (162). Северо-запад Сибирской платформы (164). Карелия (166)	

ЧАСТЬ ВТОРАЯ

Главные формационные типы медно-порфировых месторождений . . .	168
Глава V. Общие особенности медно-порфировых месторождений . . .	—
Минеральный состав руд (169). Зональность оруденения (172). Гидротермально измененные породы (177). Взаимосвязь метасоматически измененных пород и рудной минерализации (186)	
Глава VI. Вопросы классификации медно-порфировых месторождений	190
Взаимосвязь медно-порфировых месторождений с месторождениями других рудных формаций (203). Модели типовых медно-порфировых месторождений (205)	

## ЧАСТЬ ТРЕТЬЯ

Закономерности размещения и критерии прогнозирования медно-порфировых месторождений . . . . .	209
Глава VII. Региональные закономерности размещения зон с медно-порфировой минерализацией . . . . .	210
Время образования медно-порфировых месторождений (210). Связь с интрузивно-вулканогенными поясами (212). Закономерности размещения медно-порфировых месторождений с позиций тектоники плит (215). Структурная позиция рудных районов в пределах интрузивно-вулканогенных поясов (217). Влияние разрывных структур на особенности размещения медно-порфировых месторождений (219). Особенности состава, строения и эволюционного развития рудоносных магматических формаций (222)	
Глава VIII. Локальные закономерности размещения медно-порфировых месторождений . . . . .	226
Значение порфировых интрузий при формировании месторождений (226). Роль вмещающих пород в локализации оруденения (228). Оценка степени эрозионного среза рудоносных структур (233). Зональность руд и метасоматических пород при прогнозировании (235). Морфоструктуры центрального типа при анализе закономерностей размещения медных месторождений (237)	
Глава IX. Геологические критерии прогнозирования медно-порфировых месторождений . . . . .	242
Заключение . . . . .	253
Список литературы . . . . .	257
Указатель месторождений . . . . .	269

## CONTENTS

---

Preface . . . . .	5
Present problems of porphyry—copper deposit study . . . . .	9

### PART I

The main provinces and zones of porphyry—copper mineralization . . . . .	18
Chapter I. The Pacific mobile belt . . . . .	25
Islands of the South—Western Pacific (28). The Philippines (34). The Peru—Chile province (38). Central America (46). South—Western states of the USA (47). Mexico (57). Canada (61). The East of the USSR (70). The Antarctic Peninsula (80).	
Chapter II. The Mediterranean mobile belt . . . . .	82
Yugoslavia (86). Bulgaria (91). Hungary (98). Armenia (101). Iran (105). Pakistan (109).	
Chapter III. The Uralo—Mongolian mobile belt . . . . .	109
The Urals (112). Central Asia (119). Kazakhstan (128). The Altai—Sayan area (146). Mongolia (149).	
Chapter IV. Other folded belts . . . . .	157
Eastern Australia (158). The Appalachians (161). The Superior Lake (Canada) (162). The North—West of the Siberian platform (164). Karena (166).	

### PART II

The main formation types of porphyry—copper deposits . . . . .	168
Chapter V. General features of porphyry—copper deposits . . . . .	—
Mineral composition of ores (169). Mineralization zonation (172). Hydrothermally altered rocks (177). The interrelation of metasomatically altered rocks and ore mineralization (186).	
Chapter VI. The questions of the porphyry—copper deposit classification	190
The interrelation of porphyry—copper deposits with the deposits of other ore formations (203). Models of type porphyry—copper deposits (205).	

## PART III

Distribution regularities and prognostication criteria of porphyry—copper deposits . . . . .	209
Chapter VII. Regional regularities of the distribution of zones with porphyry—copper mineralization . . . . .	210
Time of the porphyry—copper deposit formation (210). The relation with intrusive—volcanic belts (212). The regularities of porphyry—copper deposit distribution from the positions of plate tectonics (215). Structural position of ore regions within intrusive—volcanic belts (217). The influence of disruptive structures on the features of porphyry—copper deposit distribution (219). The features of the composition, structure and evolutionary development of ore—bearing magmatic formations (222).	
Chapter VIII. Local regularities of porphyry—copper deposit distribution	226
The significance of porphyry intrusions for the deposit formation (226). The country rock role in the mineralization localization (228). The evaluation of the degree of the erosional shear of ore—bearing structures (233). The zonation of ores and metasomatis rocks when prognostication (235). Morphostructures of the central type in the analysis of the regularities of porphyry—copper deposits distribution (237).	
Chapter IX. Geological criteria of porphyry—copper deposit prognostication . . . . .	242
Conclusion . . . . .	253
References . . . . .	257
Index of deposits . . . . .	269

ИБ № 1152

ИННА ГРИГОРЬЕВНА ПАВЛОВА

**МЕДНО-ПОРФИРОВЫЕ  
МЕСТОРОЖДЕНИЯ**

---

Редактор издательства В. И. Невельштейн  
Переплет художника Б. Н. Осенчакова  
Технический редактор И. Г. Сидорова  
Корректор М. И. Витис

---

Сдано в набор 30.03.78.      Подписано к печати 07.08.78.      М-18211      Формат 60×90<sup>1/16</sup>.  
Бумага тип. № 2.      Гарнитура литературная.      Печать высокая.      Печ. л. 17<sup>1/4</sup>.  
Уч.-изд. л. 19,66.      Тираж 1000 экз.      Заказ № 424/417.      Цена 1 р. 20 к.

Издательство «Недра». Ленинградское отделение. 193171, Ленинград, С-171,  
ул. Фарфоровская, 12.  
Ленинградская картографическая фабрика объединения «Аэрогеология».

2633

USA