

РЕГИОНАЛЬНЫЕ  
И ЛОКАЛЬНЫЕ  
ЗАКОНОМЕРНОСТИ  
РАЗМЕЩЕНИЯ  
КОЛЧЕДАННО-ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ  
МЕСТОРОЖДЕНИЙ



Fe Zn Cu Pb Sn W Mo Ag Au

МИНИСТЕРСТВО ГЕОЛОГИИ СССР  
ВСЕСОЮЗНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ  
ИНСТИТУТ (ВСЕГЕИ)

---

553.66

А. Н. КЕН, В. И. ВАСИЛЬЕВ

РЕГИОНАЛЬНЫЕ И ЛОКАЛЬНЫЕ  
ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАЗМЕЩЕНИЯ  
ДОСКЛАДЧАТЫХ  
КОЛЧЕДАННО-ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ  
МЕСТОРОЖДЕНИЙ

ВЫПУСК 1

Материалы к совещанию «Разработка основ научного прогноза  
месторождений полезных ископаемых»

ЛЕНИНГРАД  
1970



158

УДК 553.661.2

**Региональные и локальные закономерности размещения доскладчатых колчеданно-полиметаллических месторождений.** Кен А. Н., Масильев В. И. Л., 1970, стр. 1—44.

Для оценки перспектив площадей на доскладчатые колчеданно-полиметаллические месторождения большое значение имеют такие региональные закономерности их размещения, как нахождение рудоносных площадей вблизи ранних внутригеосинклинальных тектонических поднятий, проявление доскладчатого гранито-липаритового магматизма, специфическая палеогеографическая обстановка в момент рудообразования, горизонтальная зональность размещения месторождений и определенная глубина эрозионного среза.

В прогнозной оценке отдельных рудных узлов и месторождений большую роль играют: закономерности расположения доскладчатых рудоподводящих разрывных нарушений, морфологические особенности месторождений, их горизонтальная и вертикальная зональность, закономерности пострудных дислокаций, литолого-стратиграфический контроль оруденения и т. д.

Библ. 29.

Научные редакторы  
Д. В. Рундквист и А. Д. Щеглов

## ВВЕДЕНИЕ

Этот выпуск посвящен месторождениям, которые большинством исследователей относятся к так называемой колчеданно-полиметаллической формации начальных, доорогенных этапов развития подвижных поясов земной коры.

Руды этих месторождений сложены сульфидами свинца, цинка, меди, железа. На многих месторождениях распространены барит-полиметаллические руды.

Кроме основных компонентов — цинка, свинца, меди, железа и бария — в рудах рассматриваемых месторождений встречаются серебро, золото, селен, теллур, сурьма, висмут, мышьяк, кадмий, индий, стронций, марганец, молибден, олово, ртуть, йод и другие элементы.

В зависимости от типа месторождения главными промышленными компонентами могут являться либо медь, либо цинк, либо медь и цинк, либо свинец и цинк, либо полиметаллы с барием, серебром и золотом.

Доскладчатые колчеданно-полиметаллические месторождения имеют большое промышленное значение. Они являются важнейшими объектами добычи свинца, цинка, меди, серебра, золота, бария, селена, теллура, кадмия и ряда других полезных ископаемых.

Сходные по минеральному составу колчеданно-полиметаллические месторождения образуются и в другие этапы развития подвижных поясов (в средние и поздние), а также на платформах. Рассмотрение этих месторождений, встречающихся в существенно иных геологических условиях и относящихся к другим рудным формациям, не входит в задачу настоящей работы.

В отличие от упомянутых месторождений, рассмотренные ниже месторождения доскладчатой колчеданно-полиметаллической формации характеризуются отсутствием редкометалльных, арсенидно-никель-кобальтово-медных, сурьяно-ртутных и реальгар-аурипигментовых парагенезисов (типичных для полиметаллических месторождений средних и поздних этапов развития подвижных поясов), сочетанием согласных, часто лентовидных залежей с секущими корневыми жилами и прожилками, одинаковой степенью дислоцированности рудных тел и вмещающих пород, динамометаморфизмом руд, проявлением четкой зональности по нормали к напластованию вмещающих пород (независимо от залегания последних) и рядом других признаков.

Доскладчатые колчеданно-полиметаллические месторождения залегают среди существенно морских геосинклинальных толщ, слагающих нижние структурные этажи складчатых областей. Их образование происходило в начальные этапы развития подвижных поясов земной коры. В строении упомянутых толщ принимают участие отложения аспидной, флишоидной, кремнисто-сланцевой, карбонатной и молассоидной формаций, а также вулканогенные породы основного и кислого состава. Объемные соотношения пород перечисленных формаций в составе рудоносных структурных этажей весьма непостоянны. В отдельных районах (например, на Урале) среди вулканогенных пород преобладают породы основного состава, в других — кислого (как на Рудном Алтае). В некоторых районах (Дагестан) в разрезе рудоносных отложений нижнего яруса вулканические отложения вообще отсутствуют (хотя и не исключено их наличие на глубине).

Большинством исследователей формирование колчеданно-полиметаллических месторождений связывается с так называемыми спилит-кератофировыми геосинклинальными формациями (Заварицкий, 1936; Смирнов, 1960, 1969; Иванов, 1964 и др.). При этом эффузивы кислого состава рассматриваются как продукты дифференциации базальтовой магмы.

Некоторые исследователи полагают, что колчеданно-полиметаллические месторождения рассматриваемого типа образовались в связи с соскладчатыми гранитоидами: змеиногорским батолитовым комплексом на Рудном Алтае, цавским комплексом в Кафанском районе Кавказа и др. Распространена также точка зрения о возникновении этих месторождений в связи с послескладчатыми малыми интрузиями (Нехорошев, 1956; Иванкин, 1961 и др.).

О генезисе колчеданно-полиметаллических месторождений существуют различные мнения. Большинство исследователей рассматривает их как среднетемпературные гидротермальные месторождения, образовавшиеся на умеренных глубинах (Татаринов, 1963). Многие считают их эксгальационно-осадочными (Смирнов, 1969). В. И. Смирнов допускает также возможность полигенного образования колчеданно-полиметаллических месторождений. В настоящей работе развиваются представления о комбинированном ювенильно-вадозном генезисе доскладчатых колчеданно-полиметаллических месторождений.

## **1. РЕГИОНАЛЬНЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАЗМЕЩЕНИЯ ДОСКЛАДЧАТЫХ КОЛЧЕДАНО-ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ**

### **Основные провинции и эпохи образования доскладчатых колчеданно-полиметаллических месторождений**

Доскладчатые колчеданно-полиметаллические месторождения известны во многих районах земного шара: в СССР, Канаде, Японии, Австралии, Скандинавии, в Югославии, Болгарии, Румынии,

Турции и др. (Смирнов, 1969; Иванов 1964). Рассматриваемые месторождения располагаются в складчатых областях и на щитах (эродированных древних складчатых областях). Их образование происходило в начальные, собственно геосинклинальные этапы развития подвижных зон земной коры, на месте которых сформировались складчатые области. Рассматриваемые месторождения встречаются в докембрийских, каледонских, герцинских, киммерийских и альпийских подвижных поясах. Известны месторождения докембрийского, кембрийского, силурийского, девонского, каменноугольного, юрского, мелового, палеогенового и неогенового возраста.

В СССР выделяется ряд крупных металлогенических провинций с колчеданно-полиметаллическими месторождениями, связанными с геосинклинальными вулканогенными формациями: Урал, Алтай, Кавказ, Казахстан, Карелия, Восточная Тува и Прибайкалье. Месторождения рассматриваемого типа известны также в Западном Саяне, Салаире, Тянь-Шане, Карпатах, Курильских островах и в других районах. На Урале и Алтае распространены среднепалеозойские колчеданно-полиметаллические месторождения, в южных районах Сибири — раннекембрийские, а на Кавказе и Курильских островах — мезозойские и кайнозойские.

Таким образом, доскладчатые колчеданно-полиметаллические месторождения приурочены к нижним (геосинклинальным) этапам разновозрастных складчатых областей. Особый интерес для их поисков представляют складчатые области и их части с полициклическим развитием (типа Урала, Кавказа и рудноалтайской части герцинской Обь-Зайсанской складчатой области).

Наиболее древние месторождения колчеданно-полиметаллического типа в СССР известны в Карелии среди нижнепротерозойских субмаринных вулканогенно-осадочных толщ. Вулканические породы представлены там спилито-диабазовыми лавами, альбитизированными липаритами и их туфами. Вулканы чередуются с морскими сланцами и карбонатными отложениями. Те и другие прорваны интрузиями кварцевых порфиров, диабазов и гипербазитов, характерных для начальных этапов развития подвижных зон земной коры. В стратифицированных нижнепротерозойских толщах встречаются кулисообразно расположенные согласные с напластованием колчеданные линзы. Они состоят из пиритовых, пирит-пирротиновых и пирротиновых руд со сплошными, массивными, полосчатыми и вкрапленными текстурами. Эти руды рассекаются прожилками пирит-арсенопирит-халькопирит-сфалерит-галенитовых руд. Вмещающие породы и руды интенсивно метаморфизованы. В. И. Смирнов (1969) высказывается за вулканогенно-осадочный генезис этих месторождений, сингенетичных вмещающим толщам.

В Северном Тянь-Шане верхнепротерозойские метаморфизованные вулканические породы с прослоями мраморов и сланцев содержат согласные залежи серноколчеданных руд (Ачик-Таш-

ское месторождение). Кроме пирита, в рудах встречаются пирротин, сфалерит, халькопирит, арсенопирит, галенит, блеклые руды. По рудовмещающим графитистым сланцам развиты кварц-карбонатно-мусковито-хлоритовые породы.

В Центральной Добрудже среди слюдястых сланцев, парагнейсов, эффузивов, амфиболитов и кварцитов наблюдаются согласно залегающие линзы серноколчеданной сплошной и вкрапленной руды, а также халькопирит-пиритовые руды со сфалеритом, магнетитом и мартитом (месторождение Алтын-Тепе). Всего известны три линзы, причем нижние из них содержат много магнетита, а верхние — только пирит. Месторождение подвергнуто метаморфизму вместе с вмещающими породами.

В Западном Саяне на стыке позднепротерозойско-кембрийского Западносалянского эвгеосинклинального прогиба с Батеневским внутригеосинклинальным поднятием среди пород нижнекембрийской морской вулканогенно-осадочной толщи (участвующей в строении нижнего структурного этажа) располагается Майнское медноколчеданное месторождение. Оно приурочено к экзоконтакту майнской интрузии доскладчатых плагиогранитов и гранит-порфиоров, галька которых встречается в верхах рудоносной кембрийской толщи. В районе развиты нижнекембрийские эффузивы и субвулканы кислого состава, комагматичные майнским гранитам. В глубь Западносалянского прогиба кислые эффузивы выклиниваются и сменяются по простирацию нижнекембрийскими спилитами, диабазами и кремнистыми сланцами, а в сторону Батеневского поднятия — известняками.

На контактах майнских гранитов с нижнекембрийскими толщами встречаются кварц-сульфидные жилы и прожилки с золотом (Субботинское, или Шушенское месторождение). Аналогичные проявления золота известны западнее, в районе Кизасских приисков, где развиты покровы, дайки и нежки нижнекембрийских порфиоров. Образование дислоцированных совместно с вмещающими геосинклинальными толщами Майнского и Субботинского месторождений произошло в начальные этапы развития каледонского Алтае-Саянского подвижного пояса.

В Восточной Туве, в области стыка Западносалянского эвгеосинклинального прогиба с Восточнотувинским срединным массивом находятся Кызылташтыгское колчеданно-полиметаллическое и Кызылташское серноколчеданное месторождения. Месторождения приурочены к нижнекембрийской морской вулканогенно-осадочной толще. Они имеют форму согласных линз, смятых в крутые складки совместно с вмещающими породами. Руды Кызылташтыгского месторождения представлены пиритом, халькопиритом, сфалеритом, галенитом, теннантитом, бурнонитом и сопровождаются рассланцованными гидротермалитами хлорито-серицитокварц-карбонатного состава. В районе месторождений (в особенности на Кызылташтыгском рудном поле) развиты покровы, дайки и силлы альбит-порфиоров. Кислые эффузивы пользуются широким

развитием вдоль всей юго-восточной окраины Западносаянского прогиба. Образование Кызылташтыгского и Кызылташского месторождений, так же как и Майнского, произошло в начальные этапы развития каледонского Алтае-Саянского подвижного пояса.

На Урале колчеданно-полиметаллические месторождения приурочены к нескольким структурным этажам, сходным по набору слагающих их геосинклинальных вулканогенно-осадочных формаций. Образование этих толщ произошло в нижнем и среднем палеозое, в начальные этапы развития каледонского и герцинского подвижных поясов. Месторождения встречаются среди кембро-ордовикских, силурийских, девонских и нижнекаменноугольных отложений. В связи с полициклическостью геологического развития Урала образование колчеданно-полиметаллических месторождений на его территории происходило неоднократно.

На Рудном Алтае образование промышленных колчеданно-полиметаллических месторождений происходило, по данным авторов, на рубеже девона и карбона (вероятнее всего, в турне), до складчатости, имевшей место в конце висте — намюре. По мнению ряда исследователей (Вейц, 1953; Белькова, Огнев, Семенов, 1954 и др.), эти месторождения возникли в девоне. В настоящее время большинство исследователей считает их верхнепалеозойскими, полагая, что они образовались после складчатости.

Колчеданно-полиметаллические месторождения Алтая образовались в краевых частях среднепалеозойского эвгеосинклинального прогиба, наложенного на каледонские складчатые сооружения, прорванные гранитными батолитами кембро-ордовикского и силурийского возраста. Прогиб выполнен преимущественно морскими вулканогенно-осадочными толщами девона и нижнего карбона, образующими нижний структурный ярус герцинской складчатой системы. Эти толщи залегают с резким угловым несогласием на додевонском фундаменте. Породы фундамента образовались в средние этапы развития каледонского Алтае-Саянского подвижного пояса, а вышележащие отложения девона и низов нижнего карбона — в начальные этапы развития герцинского Обь-Зайсанского подвижного пояса.

Месторождения располагаются на стыках внутригеосинклинальных прогибов (Быструшинского и др.) с возникшими в девоне антиклинориями и горст-антиклинориями типа Алейского, Лениногорского, Иртышского, Ревнюшинского и др. Все известные промышленные месторождения — среди девонских отложений. Большая их часть (Лениногорское, Зыряновское, Змеиногорское, Золотушинское, Орловское, Березовское, Иртышское, Белоусовское, Тишинское и др.) залегает в породах среднего девона, преимущественно в верхах эйфельского и в живетском ярусе. Большинство из них характеризуется повышенными содержаниями в рудах свинца и обычно бария, иногда с серебром и золотом. Часть месторождений — Николаевское, Новоберезовское, Чудакское, Лазурское, Масляное и др. — располагаются в отложениях верхнего

девона. Для них характерен преимущественно медно-цинковый или существенно медный состав руд с незначительными содержаниями золота, свинца, бария, иногда присутствием стронция.

Области стыка вышеупомянутых горст-антиклинорий с окружающими их внутригеосинклинальными прогибами выделяются в металлогенические зоны: Алейскую, Лениногорскую, Иртышскую, Зырянскую (Ревнюшинскую) и др. В пределах этих зон, на стыках антиклинорий с прогибами исключительно широким развитием пользуются альбитизированные липариты девонского возраста, замещающиеся по простиранию в глубь Быструшинского и других прогибов эффузивами основного состава. Липариты сопровождаются субвулканическими интрузиями кислого состава.

Алейская колчеданно-полиметаллическая металлогеническая зона Рудного Алтая содержит барит-полиметаллические с золотом и серебром, колчеданно-полиметаллические, цинково-колчеданные, медно-цинково-колчеданные и медноколчеданные месторождения. Зона имеет форму эллиптического кольца размером  $70 \times 50$  км в плане. Ширина кольца составляет 5—10 км.

Алейская зона располагается по периферии Алейского поднятия девонского возраста, ядро которого сложено нижнепалеозойскими регионально метаморфизованными терригенными отложениями и прорывающими их ордовикскими (а, возможно, верхнекембрийскими и силурийскими) синорогенными батолитами. На крыльях Алейского поднятия развиты рудоносные субмаринные толщи девонского возраста. Эти толщи состоят из шельфовой молассоидной, умеренно глубоководной флишоидной, морской карбонатной и кремнисто-сланцевой формаций. Последовательная смена перечисленных формаций в глубь прогиба свидетельствует о воздымании Алейского поднятия в течение среднего палеозоя, т. е. в эпоху рудообразования. В пределах металлогенической зоны преобладающим развитием пользуются образования доскладчатой гранито-липаритовой формации, неравномерно распространенные по площади зоны. К их числу относятся эффузивно-пирокластические толщи, состоящие из подводных эксплозивных туфоагломератов и туфов, альбитизированных липаритов, иногда из наземных игнимбритов, сопровождающих их вулканических и субвулканических некков, штоков и силлов порфиров и фельзитов, а в Верхубинско-Шемонаихском районе и комагматичных им малых интрузий гранитов\* (эруптивные обломки которых встречаются в агломератовых туфах верхнего девона).

Породы гранито-липаритовой формации нередко образуют кольцевые и центральные вулканические аппараты, которые отчетливо фиксируются в малодислоцированных краевых частях Змеиногорского и Успенско-Карелинского внутригеосинклинальных прогибов. Алейская зона в девонский период располагалась на территории с развитым кристаллическим слоем земной коры.

\*Эти интрузии прорывают рудоносные толщи девона.

Наличие жесткого фундамента в пределах зоны фиксируется его выходами в ядрах тектонических поднятий, незначительными мощностями геосинклинальных толщ и обилием кислых вулканитов.

Судя по всем этим признакам, мощность кристаллического фундамента в различных участках зоны была неодинаковой — наименьшей в Быструшинском прогибе и значительной в Змеиногорском, Успенско-Карелинском и Верхубинско-Шемонаихском прогибах. Образования базальтовой формации: туфы и лавы диабазов, дайки и штоки основных пород пользуются незначительным и неповсеместным распространением. Они тяготеют к центральной части Быструшинского синклинория, приурочиваясь к крупным региональным разломам. Примечательно, что гранито-липаритовая формация развивалась в течение всего среднего и позднего девона, начиная с низов эйфеля, а базальтовая — преимущественно в позднем девоне. Таким образом, на примере Алейской металлогенической зоны однозначно устанавливается независимость и самостоятельность развития доскладчатых кислых вулканитов от основных магм и, соответственно, связь колчеданно-полиметаллического оруденения с кислым вулканизмом.

Основными особенностями внутреннего строения Алейской металлогенической зоны является горизонтальная зональность оруденения, проявленная вкрест простирания зоны, и однородность состава оруденения вдоль простирания зоны, по крайней мере в пределах блоков с однородным строением кристаллического фундамента.

Горизонтальная зональность внутри зоны заключается в последовательной смене барит-полиметаллических месторождений с золотом и серебром колчеданно-полиметаллическими, цинково-полиметаллическими, медно-цинково-колчеданными и медноколчеданными по мере удаления от окраин Алейского поднятия в глубь прогибов. В том же направлении происходит смещение месторождений вверх по стратиграфическому разрезу девонских толщ в последовательности: нижний эйфель, верхний эйфель, средний живет, верхний живет, нижний фран, турне.\* На всех месторождениях по нормали к напластованию проявлена вертикальная зональность оруденения, что доказывает их доскладчатый возраст. Горизонтальная и вертикальная фациальная зональность доказывает одновременность образования всех месторождений и их эпигенетичность относительно вмещающих отложений. Следовательно, месторождения возникли в начале раннего карбона (в турне).

Вдоль простирания зоны, в блоках с различным строением фундамента, набор месторождений вкрест простирания зоны непостоянен. Полный ряд месторождений наблюдается лишь в Быструшинском и Змеиногорском прогибах. В Успенско-Карелинском прогибе, где кристаллический фундамент был, очевидно, более

---

\* В основании нижнекаменноугольных толщ известны незначительные медноколчеданные рудопоявления, по-видимому, сингенетичные вмещающим породам.

мощным, распространены месторождения от барит-полиметаллических до цинково-колчеданных, а медноколчеданные месторождения отсутствуют.

По простиранию Алейской зоны выделяется несколько рудных узлов: Змеиногорско-Корбалихинский, Каменско-Маслянский, Верхубинский, Шемонаихский и Успенско-Карелинский. Весьма перспективными на обнаружение новых месторождений являются северо-западная, северо-восточная и юго-восточная части зоны. В особенности перспективна юго-восточная мало разведанная часть этой зоны в промежутке между Змеиногорско-Корбалихинским и Верхубинским рудными узлами.

Наиболее показательным и изученным является Змеиногорско-Корбалихинский рудный узел, описание которого приводится ниже. В пределах узла вкрест простирания Алейской зоны вблизи одноименного поднятия развиты барит-полиметаллические месторождения с золотом и серебром (Змеиногорское, Петровское, Зареченское, Карамышевское), затем колчеданно-полиметаллические (Среднее, Стрижковское), цинково-колчеданные (Корбалихинское) и медные (Маслянское). Барит-полиметаллические месторождения с золотом и серебром образуют рудное поле (так называемая «баритовая линия», по В. И. Дмитриеву, 1960), включающее 10 рудных участков. В ряде случаев рудные участки состоят из одного рудного тела, в других — из серии рудных тел, сменяющих друг друга в стратиграфическом разрезе. Возможно, некоторые рудные залежи протягиваются через соседние участки на большое расстояние. В составе различных месторождений принимают участие различные типы руд, сменяющие друг друга (от подошвы месторождений к их первоначальной кровле и от месторождения к месторождению в направлении от Змеиногорского прогиба к Алейскому антиклинорию в следующей последовательности: пирит-халькопиритовые, халькопирит-сфалеритовые, халькопирит-сфалерит-галенитовые, сфалерит-галенит-теннантитовые, барит-галенит-сфалерит-борнит-халькозин-сульфосольно-серебро-золото-теллуридные, барит-золото-серебряные и баритовые (иногда с марказитом). В некоторых рудных телах присутствуют лишь два типа руд: баритовый и барит-марказитовый.

Рудные тела «баритовой линии» приурочены к контакту нижне- и верхнеэфельских отложений. Они представлены линзами и лентовидными залежами, залегающими согласно с напластованием вмещающих пород. Вертикальная зональность оруденения развита перпендикулярно напластованию вмещающих пород, вне зависимости от вторичных условий их залегания: наклонного, вертикального или запрокинутого. Массивные рудные тела приурочены к контактам известняков и подстилающих силицитов и кремнистых алевропелитов. В силицитах наблюдается прожилково-вкрапленное оруденение, интенсивность которого уменьшается сверху вниз. Прожилково-вкрапленное оруденение в плане никогда не выходит за контуры залегающих выше по стратиграфическому разрезу руд-

ных залежей, сложенных богатыми рудами, что свидетельствует о синхронности различных морфологических типов оруденения и фашиальном типе его зональности.

Форма рудных тел в плане определяется преимущественными разломами, либо продольными к простиранию металлогенической зоны (Змеиногорское месторождение), либо поперечными (Зареченское, Карамышевское месторождения). Оруденение «баритовой линии» сопровождается незначительным гидротермальным изменением пород: полиметаллические руды сопровождаются кварцево-хлоритовым парагенезисом, барит-полиметаллические — карбонатами и серицитом.

Колчеданно-полиметаллические месторождения Змеиногорско-Корбалихинского рудного узла (Среднее, Стрижковское) расположены параллельно «баритовой линии», в целом ближе к центру Змеиногорского прогиба. На Среднем месторождении развиты рудные залежи лентовидной формы, согласные с напластованием вмещающих пород и вытянутые по простиранию металлогенической зоны. Совместно с вмещающими породами они смяты в крупные флексурные складки. В местах флексурных перегибов рудные залежи образуют пережимы, принимая форму круто падающих трубообразных тел. Руды месторождения имеют вкрапленную текстуру в алевропелитах и прожилковую в литифицированных туфах.

На Стрижковском месторождении развита серия крутопадающих сульфидных жил субмеридионального простирания, которые секут под прямым углом горизонты вмещающих пород. Вверх по стратиграфическому разрезу пологолежащих толщ эти жилы переходят в согласные залежи. Снизу вверх по разрезу вмещающих толщ (по восстанию жил и по мощности залежей) проявлена четкая вертикальная зональность. Секущие жилы сложены медно-цинковыми рудами, а залежи (в основном уничтоженные эрозией) — существенно свинцовыми.

Во внешней части Змеиногорско-Корбалихинского рудного узла располагается Корбалихинское месторождение существенно цинково-колчеданного состава. Оно представлено серией рудных залежей, сменяющих друг друга в стратиграфическом разрезе по вертикали. Залежи изометричны в плане и согласны с напластованием вмещающих пород. Нижние залежи состоят из халькопирит-пиритовой руды, средние — из сфалерит-халькопирит-пиритовой, а верхние — из сфалерит-галенитовой, иногда с баритом и гипсом. Соотношение меди, цинка и свинца в рудах месторождения составляет 1 : 4 : 1.

Как следует из изложенного, на месторождении четко проявлена первичная вертикальная зональность, перпендикулярная напластованию вмещающих пород. Рудные залежи состоят из массивных, реже вкрапленных руд, развитых преимущественно по туфопесчаникам и туфам. На месторождении наблюдается также вертикальная зональность околорудных гидротермалитов. Они

сменяют друг друга снизу вверх по разрезу в последовательности: хлорито-карбонатные, карбонатно-тальковые, тальковые породы.

На смыкании Зменногорского прогиба с Быструшинским, где накапливались более мощные вулканогенно-осадочные толщи, известны медно-цинково-колчеданные (Семеновское, Лазурское) и медноколчеданные (Масляное) месторождения, приуроченные к низам франского яруса. Месторождения состоят из серни рудных залежей, согласных с напластованием вмещающих пород и претерпевших вместе с последними интенсивное смятие и метаморфизм. В качестве главных типов руд выделяются собственно серноколчеданный, халькопирит-пиритовый, сфалерит-халькопирит-пиритовый и изредка гипсово-сфалерит-галенит-халькопирит-теннантитовый парагенезисы. Руды сопровождаются кварц-серицитовыми, хлоритовыми и тальково-карбонатными гидротермалитами. В ядрах антиклиналей, на крыльях которых развиты перечисленные месторождения, среди нижележащих отложений наблюдаются многочисленные кварц-пирит-халькопиритовые жилы, фиксирующие подводные каналы гидротермальных растворов, из которых отложились пластовые и линзовидные залежи.

Строение рудных полей северо-восточного крыла Алейского антиклинория исключительно осложнено пострудными надвигами.

На Кавказе образование колчеданно-полиметаллических месторождений рассматриваемого типа происходило в начальные этапы развития герцинского (на рубеже девона и карбона), киммерийского (в юре) и альпийского (в мелу и палеогене) подвижных поясов. Среднепалеозойские месторождения северного склона Большого Кавказа аналогичны Уральским. Они располагаются на границе герцинской эвгеосинклинальной зоны Передового хребта со Скифско-Туранской плитой, входящей в состав Русской платформы. Нижне-среднеюрское оруденение развито в восточной части Большого Кавказа, в Киммерийском прогибе (Садон, Згид, Фиадон, Филисчай, Кызыл-Дере) и в Закавказье — в Сомхитско-Карабахском и Закавказском внутригеосинклинальных прогибах. На северном склоне Большого Кавказа нижне-среднеюрский прогиб, наложенный на жесткий кристаллический фундамент, выполнен толщей глинистых сланцев аспидной формации, в основании которой наблюдается толща альбитизированных липаритов. Основные лавы в пределах прогиба практически отсутствуют. В пределах этой зоны распространены секущие рудные жилы, часто проникающие в породы фундамента юрских отложений (Садон, Згид), лавовые потоки липаритов, первично обогащенные полиметаллическими компонентами, и согласные с напластованием вмещающих пород колчеданно-полиметаллические залежи (Филисчай). Состав оруденения и анализ геологических условий залегания показывает, что оруденение всех трех типов образовалось в собственно геосинклинальный этап развития, имеет взаимопереходы и может быть отнесено к доскладчатой колчеданно-полиметаллической формации. Вместе с тем, между жильными месторождениями типа Садона и

Згида и согласными колчеданно-полиметаллическими залежами наблюдаются и различия. Жильные месторождения имеют вертикальную протяженность в 0,8—1,3 км, залегают в палеозойских гранитах и характеризуются четко выраженной трехстадийной пульсационной зональностью. Согласные колчеданно-полиметаллические залежи имеют ограниченный вертикальный интервал оруденения и характеризуются обычно лишь фациальной зональностью.

На Малом Кавказе к ниже-среднеюрским месторождениям относятся серноколчеданные (Чирагидзор, Тандзут), медно-цинково-колчеданные (Шамлуг, Алаверды, Кедабек), колчеданно-полиметаллические (Кафан) и барит-полиметаллические (Ахтала).

Месторождения Алаверды, Шамлуг и Ахтала входят в состав медноколчеданно-полиметаллической металлогенической зоны. Ниже-среднеюрский структурный ярус, вмещающий оруденение, в низах сложен нижеюрскими липаритовыми лавами и туфами, выше — среднеюрскими диабазами, их лаво- и туфобрекчиями. Последние перекрыты батскими песчаниками, вмещающими силлы альбитофиров. В пределах металлогенической зоны наблюдается горизонтальная зональность, заключающаяся в том, что барит-полиметаллическое оруденение (Ахтала) приурочено к внутригеосинклинальному поднятию, а медно-цинково-колчеданное (Шамлуг, Алаверды) — к крыльям окружающего прогиба. При этом барит-полиметаллическое оруденение приурочено к более древним стратиграфическим горизонтам — контакту нижеюрских кислых туфов и лав с вышележащими диабазовыми порфиритами. Месторождения второй группы залегают в среднеюрских основных вулканитах вблизи контакта с батскими песчаниками.

Ахталское месторождение состоит из согласной с напластованием вмещающих пород залежи массивных руд, представленных тремя типами: серноколчеданными рудами, приуроченными к низам залежи, галенит-сфалеритовыми — в средней части и баритовыми — в кровле. Баритовые руды выклиниваются в горизонтальном направлении от центра антиклинального поднятия к периферии, что свидетельствует в пользу существования поднятия до складчатости. В кровле месторождения отмечается ореол рассеяния йода и ртути.

Шамлугское месторождение состоит из нескольких десятков рудных тел, концентрирующихся на площади изометрической формы. Рудные тела представлены изометричными, либо имеющими неправильную форму штокверками и гнездами, переходящими книзу в секущие жилы. В центральной части рудного узла, где сосредоточено большинство рудных тел, развито медноколчеданное оруденение. Среди главных рудных минералов отмечаются пирит, халькопирит, барит, теннантит; в верхах рудных тел им сопутствует гипс. В периферических частях отдельных штокверков, кроме перечисленных минералов, появляются в ощутимых количествах сфалерит и (как примесь) галенит. По южной окраине Шамлугского рудного узла развиты рудные тела медно-цинково-колчеданного состава, содержащие весь вышеупомянутый комплекс минералов.

Кафанский рудный узел по составу и строению аналогичен Шамлугскому. Оруденение располагается в ниже-среднеюрских вулканических толщах, состоящих из диабазовых порфиритов и их туфов, в меньшей степени — из альбитофировых лав и субвулканических альбитофиров. Рудоносные толщи обнажены в ядре эллиптической антиклинали, на крыльях которой развиты послерудные верхнеюрские отложения. В центре рудного узла наблюдается скопление даек и штоков альбитофиров, с которыми парагенетически связано медноколчеданно-полиметаллическое оруденение.

Рудные тела представлены секущими жилами, реже штокверками и рудными залежами, согласными с напластованием вмещающих пород. В центре рудного поля преобладают рудные жилы пирит-халькопиритового состава с небольшими количествами борнита, сфалерита и других сульфидов. В жилах развит в сущности лишь один тип руды, и вертикальная зональность выражена в уменьшении отношения пирита к халькопириту снизу вверх, а также в преобладании кристаллических минеральных агрегатов в низах жил и колломорфных — в верхних частях жил. На юго-восточном окончании Кафанского рудного узла рудные тела — штокверки и жилы — сложены колчеданно-полиметаллической рудой с золотом и серебром, с глубиной сфалерит и галенит вытесняются в них халькопиритом и пиритом. В центре рудного узла стратиграфически выше медноколчеданных жил встречена одна согласная залежь следующего состава: в основании залежи — серноколчеданные руды, в средней части — пирит-халькозин-борнит-энаргит-ковеллиновые, выше — пирит-сфалерит-теннантит-халькопиритовые, в кровле — гипсовые. Медноколчеданно-полиметаллические руды Кафанского рудного узла сопровождаются окварцеванием, хлоритизацией, серитизацией, каолинизацией и алунитизацией вмещающих пород. Рудный узел сужается по площади сверху вниз, что обуславливает его коническую форму. Число жил к низу уменьшается, причем с глубиной жилы концентрируются ближе к центру рудного узла.

### **Региональный магматический контроль размещения доскладчатых колчеданно-полиметаллических месторождений**

Магматические процессы, возможно, являются одним из важнейших факторов возникновения доскладчатых колчеданно-полиметаллических месторождений. Закономерности размещения магматических пород во многом определяют упорядоченность распространения районов с доскладчатой колчеданно-полиметаллической минерализацией. Большинство исследователей (Заварицкий, 1936; Смирнов, 1961 и др.) полагают, что эти месторождения образовались в связи с доскладчатыми спилито-кератофировыми формациями начальных (геосинклиналиных) этапов развития подвижных поясов.

Эти представления в настоящее время значительно детализированы и уточнены советскими геологами. Так, например, С. Н. Иванов (1965) на основании анализа фактических данных по рудоносности спилито-кератофировых формаций Советского Союза и многих зарубежных стран подчеркивает, что колчеданные месторождения, как правило, ассоциируют с теми их вариациями, которые сопровождаются кислыми вулканитами. В зонах исключительного развития спилитов колчеданные месторождения отсутствуют.

Нами было произведено расчленение так называемых спилито-кератофировых толщ Алтае-Саянской складчатой области, Восточного Казахстана и Кавказа на толщи эффузивов основного (включая спилиты) и кислого (включая так называемые кератофиры и измененные альбитизированные липариты) ряда. Оказалось, что в указанных районах колчеданно-полиметаллические месторождения тяготеют к ореолам распространения кислых эффузивов. Различная пространственная и тектоническая позиция кислых и основных эффузивов (первые тяготеют к ранним поднятиям, а вторые — к зонам глубинных разломов) позволяет относить их к самостоятельным магматическим формациям, связанным с различными, но разновозрастными очагами кислых и основных магм (Кен, 1962, 1964, 1966). Таким образом, при оценке перспектив рудоносности геосинклинальных вулканитов на колчеданные месторождения важнейшее значение приобретает наличие среди них эффузивов кислого состава.

Многие исследователи (Нехорошев, 1956; Иванкин, 1961 и др.) на примере Рудного Алтая считают, что рассматриваемые месторождения возникли после складчатости и образования батолитов.

Действительно, образование сульфидных месторождений меди, свинца и цинка имеет место и после складчатости, в связи с гранито-липаритовыми (Кен, 1962) формациями поздних этапов развития подвижных поясов (Эльбрусское на Кавказе, Пертойское в Туве и др.). Однако эти месторождения существенно отличаются от доскладчатых колчеданно-полиметаллических месторождений и имеют несравненно меньшее практическое значение. Для поздне-этапных свинцово-цинковых месторождений характерна ассоциация с месторождениями ртути, кобальта, жильная форма рудных тел, а для месторождений начальных этапов — пласто- и лентообразные залежи, согласные с напластованием вмещающих пород.

Сульфидные месторождения свинца, цинка и меди иногда встречаются также в связи с батолитами средних этапов развития подвижных поясов (Сургутановское, Парыгинское на Алтае, Юлия в Хакасии, Алтын-Топкан, Кургашинское в Средней Азии). Для них типично наличие скарнов и ассоциация с контактово-метасоматическими золоторудными, магнетитовыми и молибденово-медными месторождениями, а также с гидротермальными прожилково-вкрапленными молибденовыми месторождениями. Такое отличие сульфидных месторождений начальных этапов развития под-

вижных поясов от сходных по составу месторождений средних и поздних этапов развития объясняется существенным различием обстановки их образования.

Из сказанного выше следует, что наиболее благоприятные условия для массового образования промышленных колчеданно-полиметаллических месторождений создаются в начальные, собственно геосинклинальные этапы развития подвижных поясов. По мнению авторов, эти месторождения пространственно и генетически связаны с доскладчатыми гранито-липаритовыми формациями, объединяющими эффузивы кислого состава и комагматичные им субвулканические и малые интрузии.

К эффузивным фациям доскладчатых гранито-липаритовых формаций начальных этапов развития подвижных поясов относятся эффузивы кислого состава: альбитофиры, обычно альбитизированные липариты, дациты, порфиры и фельзиты, образующие лавовые потоки и покровы, а также их туфы, туфобрекчии и т. д. Толщи эффузивов залегают среди морских осадочных отложений. Они тяготеют к ранним (внутригеосинклинальным) тектоническим поднятиям. В стороны от них наблюдается выклинивание кислых эффузивов, которые сменяются одновозрастными осадочными терригенными толщами и эффузивами основного состава, относящимися к базальтоидным формациям.

К фации субвулканических интрузий относятся дайки, некки, силлы и небольшие штоки альбитофиров, гранит-порфиров, порфиров, дацитов и фельзит-порфиров, обычно тесно связанные с покровами эффузивов. Субвулканические интрузии тесно связаны с покровами соответствующих им по составу эффузивов, образуя хорошо развитую систему последних.

К фации малых интрузий относятся небольшие интрузии гранит-порфиров, плагиогранитов и плагиогранит-порфиров, близкие по петрохимическому составу и возрасту доскладчатым эффузивам кислого состава. Они прорывают кислые эффузивы, а галька их встречается в верхних частях рудоносных толщ. Комагматичные кислым эффузивам интрузии удается установить далеко не во всех районах распространения доскладчатых липаритовых формаций.

Районы распространения колчеданно-полиметаллических месторождений совпадают с ореолами проявления магматических образований доскладчатых гранито-липаритовых формаций. Эпигенетичные колчеданно-полиметаллические залежи, представляющие наибольшую ценность среди рассматриваемых месторождений, обычно располагаются вблизи доскладчатых покровов и силлов альбитизированных кислых эффузивов и их туфов, либо среди них. Часто эффузивы кислого состава экранируют промышленное оборудование.

В субвулканических штоках и некках доскладчатых липаритовых формаций встречаются небольшие месторождения и рудопроявления прожилково-вкрапленного и штокверкового типа, не име-

ющие обычно промышленного значения (Сугатовское и Бухтарминское месторождения Алтая). Небольшие месторождения известны и на контактах малых доскладчатых интрузий кислого состава (Майна).

Таким образом, одним из критериев прогноза доскладчатых колчеданно-полиметаллических месторождений является наличие среди морских геосинклинальных толщ вулканогенных образований, в особенности покровов альбитофиров, кератофиров, альбитизированных липаритов, дацитов, порфиров, фельзитов и их туфов в сопровождении силлов, даек и штоков того же состава. В некоторых районах (например, на Рудном Алтае) кислые эффузивы преобладают над основными. Там в составе доскладчатой колчеданно-полиметаллической формации медноколчеданные месторождения имеют подчиненную роль. В других районах (например, на Урале) кислые эффузивы подчинены толщам эффузивов основного состава: диабазам, андезитовым порфиритам, спилитам и т. п. В этих районах медноколчеданные месторождения пользуются наибольшим распространением. Но не следует забывать, что колчеданно-полиметаллические месторождения встречаются и там, где магматизм не проявлен.

### **Региональный тектонический контроль размещения доскладчатых колчеданно-полиметаллических месторождений**

158  
В складчатых областях рассматриваемые колчеданно-полиметаллические месторождения встречаются в прогибах эвгеосинклинального типа, выполненных преимущественно морскими вулканогенно-осадочными толщами. Эти толщи участвуют в строении нижних структурных этажей соответствующих складчатых систем (в полициклических складчатых областях фундамент рудоносных толщ представлен интенсивно дислоцированными образованиями более древних складчатых систем). Колчеданно-полиметаллические месторождения располагаются вдоль краевых, наложенных на более древние складчатые сооружения частей эвгеосинклинальных прогибов, образуя протяженные рудные пояса.

В пределах эвгеосинклиналей эти месторождения тяготеют к стыкам внутригеосинклинальных прогибов с начальными внутригеосинклинальными поднятиями, срединными массивами и платформами. Вдоль и поперек стыков обычно проходят рудоподводящие разломы. Здесь же распространены кислые по составу геосинклинальные вулканы. Часто наблюдается связь колчеданно-полиметаллических месторождений с крупными и средними по величине горст-антиклинальными структурами, образовавшимися до главных фаз складчатости.

Центральные участки эвгеосинклинальных прогибов, где кислые лавы фациально замещаются толщами основных эффузивов, малоперспективны для обнаружения доскладчатых колчеданно-полиметаллических месторождений. Это доказано на примере Ура-



ла, Рудного Алтая, Тувы, Саян и Кавказа (Иванов и Логинов, 1965; Кен, 1964, 1966).

Зоны глубинных разломов, сопровождаемые гипербазитами и мощными спилито-диабазовыми толщами без продуктов извержения кислого состава, малоперспективны или вообще стерильны в отношении рассматриваемой колчеданно-полиметаллической формации. Безрудность структур этого типа установлена в офиолитовой зоне побережья Южной Америки, Венесуэлы и Антильских островов, в Гималаях, Турции, на Балканах, в Туве и Западном Саяне.

Связь колчеданно-полиметаллического оруденения с тектоническими структурами различного масштаба, возраста и происхождения является одним из основных критериев прогноза рассматриваемых месторождений. Различные исследователи неодинаково оценивают роль разнотипных тектонических структур в локализации колчеданно-полиметаллического оруденения. Существуют представления о приуроченности месторождений к послескладчатым структурам — линейным, брахиформным и купольным антиклиналям, зонам смятия и расланцевания, глубинным региональным разломам (Бородаевская, 1964; Воробьев, 1963; Иванкин 1961). Другие считают, что колчеданно-полиметаллические месторождения контролируются доскладчатыми структурами, по возрасту близкими к рудообразованию: системами разломов различных направлений (Кен, 1968), либо подводными вулканическим постройками купольного типа (Иванов, 1964; Щерба, 1968).

### Палеогесграфический контроль размещения месторождений

Существуют две основные точки зрения на роль палеогеографических факторов в локализации колчеданно-полиметаллических руд. Исследователи, относящие месторождения рассматриваемой формации к послескладчатым образованиям (Бородаевская, 1964; Иванкин, 1961; Горжевский, 1962), считают, что ведущая роль в распределении колчеданно-полиметаллических месторождений принадлежит эндогенным факторам, а палеогеографические (экзогенные) факторы влияния на их размещение практически не оказывают. Другие, исходя из представлений о доскладчатом возрасте колчеданно-полиметаллических месторождений, отводят палеогеографическим факторам контроля оруденения весьма важную роль наряду с магматическими и структурно-тектоническими факторами. Сторонники «эффузивной» (экспазионно-осадочной) гипотезы (Смирнов, 1964; Скрипченко, 1964; Дербилов, 1968) считают, что эти месторождения формировались как непосредственно на дне моря, так и в прилегающих ко дну рыхлых осадках берегового склона. Насыщенность слаболитифицированных пород захороненными поровыми морскими водами, по мнению С. Н. Иванова и В. П. Логинова (1965), способствовала как проявлению дорудного

гидротермального метаморфизма, так и рудоотложению, что справедливо и с нашей точки зрения.

Доскладчатые колчеданно-полиметаллические месторождения формировались в слабо литифицированных толщах, содержащих захороненные поровые морские воды. Эти воды (рассолы) содержали в себе как органогенную и хемогенную серу, так и выщелоченные из пород некоторые рудообразующие элементы, что является фактором, благоприятным для рудоотложения. Континентальные толщи осадков, не содержащие захороненных седиментационных морских вод, зараженных сероводородом, неблагоприятны для рудообразования и поэтому малоперспективны. Для формирования колчеданно-полиметаллического сульфидного оруденения благоприятны районы с климатом гумидного типа и неблагоприятны районы с аридным климатом. В гумидном климате создаются условия для просачивания вадозных вод с поверхности суши вплоть до уровня базиса эрозии (поверхности моря) и создания идеального палеогидрогеологического экрана (Кен, 1968).

Во время формирования колчеданно-полиметаллических месторождений в краевых частях морского бассейна, по-видимому, формировались небольшие сингенетичные скопления медных, отчасти гематитовых и марганцевых руд, вещество которых поступало по разломам непосредственно на дно моря. Возможно, таким путем образовались колчеданные залежи на дне Красного моря. Собственно колчеданно-полиметаллические месторождения образовались под поверхностью суши на уровне поверхности регрессирующего моря (см. далее).

Таким образом, для изучения закономерностей пространственного распределения доскладчатого колчеданного оруденения необходимо учитывать не только эндогенные, но и экзогенные (палеогеографические, палеогидрогеологические и климатические) факторы, что выдвигает особые требования к организации работ по прогнозу и поискам месторождений рассматриваемой формации.

### **Факторы глубинности образования месторождений и глубины эрозионного среза**

Первичная глубина формирования месторождений определяет вероятность их сохранения от эрозии в течение последующих этапов геологического развития региона. Диапазон глубин рудоотложения от дневной палеоповерхности, с точки зрения сторонников послескладчатого возраста колчеданно-полиметаллического оруденения, колеблется от 0 до 8 км и более (Горжевский, 1962; Иванкин, 1961), а по мнению сторонников доскладчатого возраста оруденения не опускается глубже 0,7—1 км.

Естественно, что столь противоречивые взгляды приводят к разным выводам относительно перспектив различных районов и определяют диаметрально противоположные методы прогноза и проведения поисково-разведочных работ. Существенно также, что

некоторые сторонники доскладчатого возраста колчеданно-полиметаллического оруденения считают, что рудоотложение происходило на дне моря (Смирнов, 1964; Скрипченко, 1964), другие — под поверхностью суши на рудоносном уровне базиса эрозии (Кен, 1968), а третьи — под дном морского бассейна среди слаболитифицированных осадков (Смирнов, 1964; Щерба, 1968).

Как установлено нами на примере Рудного Алтая, первичная глубина формирования колчеданно-полиметаллических месторождений колебалась в диапазоне от 0 до 700 м от поверхности суши. Они возникали на уровне базиса эрозии — зеркала морских вод раннетурнейского моря. Поскольку высота суши постепенно понижалась от центров поднятий (600—700 м) к морскому бассейну, т. е. к центру геосинклинального прогиба, наблюдается корреляционная зависимость между составом руд и высотой рельефа: в приподнятых участках суши формировались барит-полиметаллические и полиметаллические руды, а в низкогорных прибрежных участках — преимущественно медноколчеданные.

Рудоносные толщи подвергались воздействию эрозии в два главных этапа: а) доскладчатый, б) со- и послескладчатый. В доскладчатый период рудоносные толщи подвергаются эрозии примерно параллельно их поверхности, что не приводит к существенному размыву месторождений, поскольку эрозия не успевает достигнуть рудоносного уровня. Среднюю глубину эрозии можно вычислить, если определить объем терригенного материала, смытого в соответствующий прогиб с площади рудоносного района, и отнести этот объем к указанной площади.

Послескладчатая (и соскладчатая) эрозия воздействует на рудовмещающие толщи, обычно смятые в напряженные складки и смещенные вдоль крупных разломов. В этом случае при пенепленизации складчатых горных систем уничтожаются, прежде всего, ядра антиклинальных складок и заключенные в них месторождения. Месторождения, залегающие в синклиналях, запрокинутых антиклиналях, вихревых складках, грабенах и т. п., оказываются надежно законсервированными от воздействия эрозии.

Если допустить, что в пределах рудоносного уровня месторождения располагались с одинаковой плотностью, то отношение площади размывтой части уровня к общей площади рудоносной территории будет равно относительному количеству месторождений, уничтоженному после складчатости.

Таким образом, для поисков колчеданно-полиметаллических месторождений рассматриваемого типа бесперспективны выступы фундамента эродированных морских отложений (при условии, если они не сложены аналогичными отложениями более древних складчатых систем), а также площади, перекрытые чехлами послескладчатых отложений. В районах с первоначально небольшой мощностью месторождений бесперспективными являются участки с эродированной поверхностью рудоносного уровня.

## Металлогенические зоны с доскладчатой колчеданно-полиметаллической минерализацией

Как и большинство других месторождений, доскладчатые колчеданно-полиметаллические месторождения обычно встречаются в пределах рудных поясов не поодиночке, а группами, образуя рудные поля, узлы и металлогенические зоны. К металлогеническим зонам, контролирующим размещение рассматриваемых месторождений, относятся окраины жестких глыб с сиалическим фундаментом, стыки интрагеоантиклинальных структур, срединных массивов и платформ с интрагеосинклиналями. Металлогенические зоны часто имеют форму овала, иногда сильно вытянутого, иногда приближающегося к кругу. Распространены также зоны кольцевой и линейной формы. Площадь металлогенических зон равна обычно сотням, а иногда и тысячам квадратных километров. Примерами металлогенических зон, контролирующих размещение доскладчатых колчеданно-полиметаллических месторождений, являются: Алаверды-Шамлугская и Маднеульская металлогенические зоны овальной и кругообразной формы на Кавказе, Алейская и Лениногорская кольцевые зоны на Алтае и ряд металлогенических зон линейной формы — Иртышская на Алтае, зона Передового хребта на Кавказе, Майнская в Западном Саяне, Зилаирская и др. на Урале. Металлогенические зоны часто встречаются группами, образуя протяженные рудные пояса типа Рудноалтайского пояса. В пределах рудных поясов металлогенические зоны пользуются неравномерным кустовым распространением.

Металлогенические зоны, контролирующие размещение колчеданно-полиметаллических месторождений, можно классифицировать по вещественному составу преобладающих в них месторождений на следующие типы:

1. Колчеданно-полиметаллические зоны, в которых распространен весь комплекс доскладчатых колчеданно-полиметаллических месторождений — медноколчеданных (с цинком), серноколчеданных, собственно колчеданно-полиметаллических, барит-полиметаллических, золото-баритовых (с серебром), барит-гематитовых и иногда марганцевых.

Примеры этих зон имеются на Кавказе (Алаверды-Шамлугская и Маднеульская зоны), на Алтае (Алейская и Иртышская зоны).

2. Существенно медноколчеданные зоны с медно- и серноколчеданными месторождениями.

Эти зоны распространены на Урале, Северном Кавказе и в Западном Саяне (Майнская металлогеническая зона).

3. Существенно барит-полиметаллические, барит-гематитовые и иногда марганцевые зоны. Для них обычно характерно преобладание свинцово-цинковых, барит-полиметаллических, золоторудных месторождений и иногда наличие железорудных и марганцевых.

К этому типу зон относится Атасуйская металлогеническая зона в Центральном Казахстане.

Металлогенические зоны с медноколчеданной и медно-цинково-колчеданной минерализацией встречаются в тех подвижных поясах и их частях, где наряду с липаритовым вулканизмом интенсивно проявлен геосинклинальный базальтоидный вулканизм (спилиты, диабазы, порфириды и их туфы).

Металлогенические зоны с существенно свинцово-цинковой минерализацией возникают в районах, где геосинклинальный вулканизм представлен преимущественно кислыми эффузивами (альбитизированными липаритами, риолитами, дацитами). Такие районы характерны для подвижных поясов с хорошо развитым кристаллическим фундаментом (гранитным слоем).

В сущности, металлогенические зоны с медноколчеданной минерализацией и зоны с существенно барит-полиметаллической минерализацией являются крайними, редуцированными разновидностями колчеданно-полиметаллических зон, в которых хорошо проявлены все типы доскладчатых колчеданно-полиметаллических месторождений. Соотношение медноколчеданных и серноколчеданных месторождений, с одной стороны, и существенно свинцово-цинковых — с другой, во многом зависит от соотношения проявлений основного и кислого магматизма в собственно геосинклинальный (начальный) этап развития подвижных поясов.

По внешней форме (очертаниям) металлогенические зоны с колчеданно-полиметаллической минерализацией следует подразделять на круговые, эллиптические или овальные, кольцеобразные и линейновытянутые зоны.

Металлогенические зоны овальной и эллиптической формы характерны для регионов с ярко выраженным блоковым строением. Они отмечаются в Алтае-Саянской области, Центральном Казахстане, на Рудном Алтае, в Забайкалье и других районах.

Зоны линейной формы характерны для линейных геосинклинальных поясов: Уральского и Средиземноморского.

Если эрозионный срез центральных частей поднятий невелик и там сохранились рудовмещающие толщи, то металлогенические зоны имеют форму кругов, овалов и эллипсов (Алаверды-Шамлугская зона на Малом Кавказе). Если же эрозия уничтожила в центре поднятий благоприятные для рудоотложения толщи, или если они там вообще не отлагались, то зоны приобретают форму круговых, овальных или эллиптических колец (Алейская и Лениногорская зоны на Алтае).

Аналогично, в зависимости от глубины эрозионного среза, линейным поднятиям отвечает либо одна металлогеническая зона, охватывающая поднятие в целом, либо две зоны, симметрично расположенные относительно рудоконтролирующего поднятия.

В тех случаях, когда рудоносная доскладчатая гранито-липаритовая формация проявлена лишь на одном крыле поднятия, то вдоль поднятия образуется одна металлогеническая зона, смещен-

ная относительно оси поднятия к его крылу (например, Иртышская зона).

По внутреннему строению (структуре расположения месторождений) рассматриваемые зоны делятся на:

а) линейно-цепочечные: месторождения располагаются друг за другом, в кильватер обычно вдоль какого-либо разлома;

б) решетчато-узловые: месторождения располагаются в узлах пересечения двух или более систем разрывных нарушений;

в) кустообразные: месторождения в пределах зоны располагаются отдельными рассеянными группами.

### **Горизонтальная зональность размещения доскладчатых колчеданно-полиметаллических месторождений**

В пределах металлогенических зон и рудных узлов, контролирующих колчеданно-полиметаллическую минерализацию, наблюдается горизонтальная зональность оруденения: барит-полиметаллические и существенно свинцово-цинковые месторождения располагаются во внутренних частях металлогенических зон, прилегающих к ядрам рудоконтролирующих тектонических поднятий, медно-цинковые месторождения находятся в центральных частях зон, а существенно медные (медноколчеданные, обычно с гипсом, алунином, стронцианитом) месторождения — во внешних частях металлогенических зон, где кислые эффузивы начинают замещаться в глубь внутригеосинклинальных прогибов синхронными эффузивами основного состава.

Соответственно рассматриваемые металлогенические зоны подразделяются на подзоны со свинцово-цинковой, медно-цинковой и существенно медной минерализацией. Такая зональность отчетливо наблюдается на Алтае в Алейской, Лениногорской, Ревнюшинской и Иртышской металлогенических зонах — в Змеиногорском, Николаевском, Золотушинском, Березовском, Белоусовском, Лениногорско-Тишинском и Зыряновском рудных узлах, на Кавказе — в Алавердском и Кафанском районах. Например, в Иртышской зоне, во внутренней ее части, прилегающей к ядру Иртышского антиклинория, располагаются Березовское и Белоусовское колчеданно-полиметаллические месторождения со свинцом, медью и цинком; в средней части зоны залегают медно-цинковые Николаевское, Иртышское и Новоберезовское месторождения, а во внешней части зоны, прилегающей к Быструшинскому синклинорию, находятся медноколчеданные месторождения (Чудак, Планидовка). Аналогичная картина имеет место и в Алейской зоне, где ближе к ядру Алейского антиклинория располагаются барит-полиметаллические свинцово-цинковые с серебром и золотом (Змеиногорское, Зареченское, Среднее) и свинцово-медно-цинковые (Золотушинское) месторождения, а дальше — существенно цинковые, медно-цинковые (Лазурское, Корбалихинское и Орловское) и медные (Маслянская).

Горизонтальная зональность размещения месторождений меди, свинца и цинка в пределах металлогенических зон и узлов хорошо объясняется изменением литологического состава пород, подстилающих и вмещающих месторождения. Часть меди могла заимствоваться в процессе восхождения рудоносных гидротерм из основных по составу эффузивов и других основных пород с повышенным кларком меди, распространенных в глубине прогибов.

Горизонтальная зональность размещения месторождений колчеданно-полиметаллической формации может быть объяснена также палеогеографическими условиями их образования. На крыльях рудоконтролирующих поднятий, в условиях взаимодействия рудоносных гидротермальных растворов с инфильтрационными кислородсодержащими метеорными водами выше базиса эрозии (см. далее), происходило образование барит-полиметаллических, существование свинцово-цинковых с серебром и золотом месторождений. Ближе к морскому бассейну, ниже базиса эрозии, в восстановительных условиях происходило образование сульфидных медных и медно-цинковых месторождений — в результате взаимодействия рудоносных гидротерм с застойными, обогащенными серой захороненными седиментационными морскими водами.

Таким образом, в направлении от центров поднятий в глубь геосинклинальных прогибов наблюдается последовательная смена барит-золото-серебряного оруденения барит-полиметаллическим, колчеданно-полиметаллическим, халькопирит-сфалеритовым, халькопирит-пиритовым и халькопирит-пирит-пирротинным. Горизонтальная зональность позволяет подразделять металлогенические зоны на подзоны с различной минерализацией и выделять площади, перспективные на обнаружение месторождений того или иного состава.

Внутри металлогенических зон и подзон нередко проявлена горизонтальная зональность иного типа, связанная с ореолами распространения доскладчатого гранито-липаритового вулканизма. Эти ореолы обладают овальной, реже линейной формой, оконтуривая крупные вулканические постройки, формирование которых сопровождалось активными тектоническими поднятиями до главных фаз складчатости. В направлении от центров и осевых плоскостей вулканических построек к периферии медноколчеданные месторождения сменяются в плане симметрично расположенными медноцинково-колчеданными, колчеданно-полиметаллическими и барит-(гипсово-)полиметаллическими месторождениями.

Зональность этого типа отличается от рассмотренной выше горизонтальной зональности направлением изменения вещественного состава относительно доскладчатых тектонических поднятий и четко выраженной структурной связью месторождений с глубинными очагами кислого вулканизма. Месторождения, зонально расположенные относительно вулканических построек, в совокупности образуют рудные узлы, размеры которых варьируют в широких пределах.

На Кавказе к рудным узлам этого типа относятся Кафанский и Шамлугский рудные узлы овальной формы; в Алтае-Саянской области — Майнский рудный узел линейной формы. В пределах Кафанского рудного узла наблюдается несколько десятков рудных тел жильной и реже пластовой формы, группирующихся в несколько месторождений (по И. Г. Магакьяну). Рудный узел приурочен к эллиптической антиклинальной складке, ядро которой сложено рудоносными ниже-среднеюрскими вулканическими породами, а крылья — пострудными верхнеюрскими отложениями. В центре антиклинали, примерно совпадающей с центром рудного узла, среди основных лав наблюдается сгущение дорудных субвулканических интрузий фельзитов, альбитофиров и кварцевых порфиров.

Большинство рудных тел и месторождений в центре Кафанского рудного узла представлено медноколчеданными жилами халькопирит-пиритового и халькопирит-пирит-пирротинового состава. Сохранившаяся от размыва в центре рудного узла согласная залежь № 6 также относится к медноколчеданным месторождениям гипсово-энаргит-борнит-халькозин-пиритового состава. Вдоль южной и юго-восточной окраины антиклинали из-под более молодых отложений вскрыты рудные жилы колчеданно-полиметаллического состава, образующие периферическую часть Кафанского рудного узла, которая на большей части территории перекрыта верхнеюрскими толщами.

Шамлугский рудный узел, согласно данным В. Г. Грушевого и И. Г. Магакьяна, пространственно совпадает с ореолом проявления юрского кислого вулканизма. В плане он характеризуется эллиптической формой и обладает горизонтальной зональностью. В центре рудного узла распространено несколько десятков медноколчеданных штокверково-жильных тел, а по периферии развиты медно-цинково-колчеданные и гипсово-колчеданно-полиметаллические тела.

Аналогичная зональность отмечается и в линейном Майнском рудном узле: в центральной части рудного узла к массиву гранитов майнского комплекса приурочены кварц-золоторудные месторождения и медные проявления. На периферии майнского рудного узла к югу от гранитов расположено Майнское медноколчеданное (с гематитом) месторождение. Южнее расположено рудопроявление Баштаг, в котором отмечаются повышенные содержания свинца.

## **II. ЛОКАЛЬНЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАЗМЕЩЕНИЯ ДОСКЛАДЧАТЫХ КОЛЧЕДАННО-ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ**

### **Закономерности размещения месторождений в пределах металлогенических зон, рудных узлов и полей**

В пределах металлогенических зон доскладчатые колчеданно-полиметаллические месторождения встречаются обычно многочисленными группами, образуя рудные поля и узлы. Положение руд-

ных узлов определяется зонами доскладчатых разломов, занимающих секущее, часто поперечное положение к простираению соответствующих металлогенических зон, проходящих вдоль границ горст-антиклинальных поднятий и срединных массивов с начальными внутригеосинклинальными прогибами. В металлогенических зонах кольцевого и овального типа (Алейской, Лениногорской и др.) рудные узлы образуются на пересечении кольцевых и радиальных зон разломов. Первые оконтуривают горст-антиклинальные поднятия, а вторые прослеживаются от центра этих поднятий в сторону окружающих прогибов, постепенно затухая вверх по разрезу рудоносных толщ. В линейных металлогенических зонах типа Иртышской расположение рудных узлов определяется поперечными системами параллельных разломов.

В пределах рудных узлов обычно наблюдается концентрация доскладчатых субвулканических интрузий кислого состава — даек, некков, штоков, лакколлитов, силлов и т. п. Отмечается приуроченность рудных узлов к центрам ореолов проявления доскладчатого вулканизма.

Размещение рудных полей и отдельных месторождений в пределах рудных узлов определяется местами пересечения рудоподводящих разрывных нарушений, а также системами параллельных и веерообразно расходящихся оперяющих разломов. Рудоподводящие разломы и зоны трещиноватости часто залечиваются жильным (кварцевым, карбонатным, силикатным и др.) и сульфидным (пирит-пирротин-халькопиритовым) материалом и сопровождаются зонами окolorудного гидротермального изменения (иногда весьма слабого).

При поисках доскладчатых колчеданно-полиметаллических месторождений необходимо выявлять и учитывать закономерности расположения рудоподводящих разломов (например, пересечение их под определенными углами). Следует иметь в виду, что эти разломы, обычно хорошо проявленные в фундаменте рудоносных толщ, затухают вверх по разрезу. Обнаружение рудоподводящих разломов в фундаменте, по геофизическим данным, в принципе возможно, но нужно учитывать обычное при складкообразовании смещение рудомещающих толщ с заключенными в них месторождениями относительно структур нижележащего фундамента. Обнаружение рудоподводящих разрывных нарушений в рудоносных толщах связано с большими трудностями, так как эти нарушения искажены и затушеваны процессами складчатости и метаморфизма.

Размещение отдельных рудных тел — согласных залежей, секущих жил и штоков — обычно контролируется доскладчатыми разломами третьего и четвертого порядка по величине, зонами трещиноватости и брекчирования, благоприятными для рудоотложения первоначально водопроницаемыми горизонтами, иногда конседиментационными складками и флексурами.

В ряде случаев к рудоподводящим разломам и зонам трещиноватости приурочены секущие рудные жилы обычно пирит-пирроти-

нового, пирит-халькопиритового и халькопирит-сфалеритового состава. К благоприятным литологическим горизонтам над рудоподводящими разломами приурочены согласные лентовидные рудные залежи, вытянутые вдоль рудоподводящих разломов (при этом плоскость разлома совпадает с плоскостью симметрии залежи). На пересечении разломов различных направлений иногда встречаются штокверковые тела изометричной формы в плане и трубообразной или дисковидной формы — в разрезе.

### Морфология месторождений

Большинство доскладчатых колчеданных полиметаллических месторождений первоначально представляло собой пологолежащие, обычно согласные с вмещающими породами рудные залежи пластообразной, линзовидной, лентообразной и более сложной формы. На многих месторождениях развиты корневые секущие рудные жилы и прожилки, выполняющие рудоподводящие трещины. Наблюдаются переходы этих жил вверх по стратиграфическому разрезу вмещающих отложений в согласные залежи. Наиболее типичными являются месторождения, представленные многоярусными залежами в комбинации с корневыми рудными жилами (Лениногорское, Стрижковское месторождения на Алтае и др.). В поперечном сечении они имеют форму гриба, где роль шляпки играют согласные рудные залежи, а ножки — секущие жилы и, иногда, штокверки конической и цилиндрической формы. Некоторые месторождения, верхи которых уничтожены эрозией, представлены одними секущими жилами (Чудак).

Такая форма месторождений свидетельствует в пользу того, что гидротермальные рудоносные растворы поступали снизу по крутопадающим разрывным нарушениям и растекались в стороны по пологолежащим водопроницаемым пластам, замещая их рудой. В тех случаях, когда замещению подвергались пласты трещиноватых слабо проницаемых пород (например, литокластических туфов порфиров), происходило образование зон прожилкового, гнездовокрапленного и штокверкового оруденения пластообразной и лентовидной формы (месторождение Среднее на Алтае). Зоны прожилкового и гнездового оруденения часто встречаются и в породах, экранирующих рудные залежи.

Наибольшую ценность для промышленности на колчеданно-полиметаллических месторождениях представляют согласные залежи, на долю которых приходится основная часть запасов. Они сложены наиболее богатыми и ценными по составу рудами.

Первоначальная протяженность доскладчатых колчеданно-полиметаллических месторождений по вертикали (практически равная мощности отложений, вмещающих соответствующее месторождение) колеблется обычно от нескольких метров до нескольких десятков метров. На месторождениях с глубоко развитой системой корневых жил она достигает нескольких сотен метров (Лениногор-

ское месторождение). Мощность согласных залежей на промышленных месторождениях колеблется от нескольких дециметров до нескольких десятков метров (Орловское, Тишинское месторождения на Алтае). Обычно она равна нескольким метрам. На многоярусных месторождениях залежи отделены друг от друга пачками безрудных отложений или породами с бедной вкрапленностью сульфидов. Мощность разделяющих пород обычно равна нескольким метрам либо десяткам метров. Вертикальная протяженность секущих корневых жил значительно превышает первоначальную мощность согласных залежей даже на многоярусных месторождениях. Мощность секущих рудных жил и прожилков колеблется от нескольких миллиметров до нескольких метров. В исключительных случаях мощность жил достигает в раздувах нескольких десятков метров (Чудакское месторождение на Алтае).

По падению рудные жилы прослеживаются на десятки и иногда сотни метров. Первоначальная длина согласных залежей обычно равна нескольким сотням метров. Лентовидные залежи часто прослеживаются на несколько километров. Ширина залежей колеблется от нескольких десятков до нескольких сотен метров.

Первоначальная, сравнительно простая форма колчеданно-полиметаллических месторождений (наблюдаемая на участках вмещающих толщ со слабо нарушенным залеганием) сильно искажена в дислоцированных толщах. Совместно с вмещающими толщами месторождения смяты в складки и разбиты разломами на блоки. В связи с пострудными дислокациями вертикальная протяженность промышленного оруденения часто возрастает на рассматриваемых месторождениях до километра и более (Зыряновское месторождение и др.).

Колчеданно-полиметаллические месторождения, залегающие среди дислоцированных отложений, отличаются исключительным разнообразием форм. Степень дислоцированности этих месторождений и вмещающих пород одинакова. После реставрации первоначального залегания пород оказывается, что заключенные в них месторождения имели такую же форму, как месторождения, расположенные среди ненарушенных толщ.

Современная форма рассматриваемых колчеданно-полиметаллических месторождений определяется, главным образом, расположением рудоподводящих разломов, строением разреза вмещающих отложений, их физико-химическими свойствами в момент рудообразования (в основном, пористостью, трещиноватостью и водопроницаемостью пород до складчатости), наличием палеогидрогеологических и литологических экранов и характером пострудных дислокаций. При последующей складчатости рассматриваемые месторождения подверглись интенсивному динамометаморфизму. В результате рудные залежи совместно с вмещающими породами обычно смяты в сложные линейные, вихревые и флексуобразные складки, разорваны и смещены сбросами, надвигами и будинированы. Вихревые и линейные складки характерны для рудных

полей Среднего Урала и Иртышской зоны смятия на Алтае, а многочисленные примеры пострудных надвигов и флексур имеются в районе Змеиногорска. Иногда рудные залежи образуют диапировые антиклинальные складки (Лениногорское месторождение), что связано с нагнетанием пластичных массивных полиметаллических руд в замки складок и последующим протыканием рудой перекрывающих отложений. Сами руды обычно перекристаллизованы. Иногда в них наблюдается кливаж и рассланцовка.

Особенно легко тектонические напряжения разрешались в плоскости согласных залежей в связи с тем, что они как бы заключены в рубашки гидротермально измененных пород, насыщенных скользкими чешуйчатыми минералами (серицит и др.). Все эти признаки доскладчатого возраста оруденения фиксируются на большинстве месторождений Урала (Иванов, 1964; Логинов, 1950; Шадлун, 1950), Рудного Алтая (Вейц, 1953; Кең, Васильев, 1969), на Кавказе и в Японии (Смирнов, 1964, 1968). Будучи пластичным, рудное вещество в процессе складчатости перетекает в зоны с наименьшим давлением. С крыльев складок руда нагнетается в замки антиклиналей и синклиналей, во флексурные перегибы, зоны отслаивания, трещины разрыва и т.п. Весьма характерным является образование над замками антиклинальных складок быстро выклинивающихся рудных жил и тончайших микроскопических прожилков, пропорциональных масштабу складок. Эти «жилы» выжаты по трещинам растяжения из замков антиклиналей и секут рассланцованные вмещающие породы, что толковалось многими исследователями в пользу послескладчатого возраста месторождений и образования их из рудных магм.

Таким образом, необходимо учитывать частую приуроченность наиболее мощных и богатых рудных скоплений к ядрам послерудных складок, к флексурам (нередко возникающим над долгоживущими разломами фундамента, по которым поступали рудоносные гидротермальные растворы) и трещинам разрыва. При прогнозе, поисках и разведке доскладчатых колчеданно-полиметаллических месторождений одинаково важны их закономерные связи как с первичными, так и вторичными тектоническими структурами различного масштаба и происхождения.

### **Закономерности размещения доскладчатых колчеданно-полиметаллических месторождений в стратиграфическом разрезе рудоносных толщ**

Вмещающие колчеданно-полиметаллические месторождения толщи сформировались, как было отмечено, в морских геосинклинальных условиях. В совокупности эти толщи образуют сложно-построенные нижние структурные этажи складчатых систем, состоящие из вулканогенно-осадочных пород и отделенные от фундамента и вышележащих толщ поверхностями региональных стратиграфических перерывов и угловых несогласий.

Колчеданно-полиметаллические месторождения избирательно локализируются в первоначально насыщенных морскими захороненными водами толщах песчаников, алевролитов и алевропелитов (выделяемых в доскладчатые аспидную, молассоидную, граувакковую, черносланцевую и другие формации), в горизонтах и пачках агломератовых, псаммитовых и пепловых туфов кислого, смешанного, реже среднего состава (относимых к доскладчатой гранитолипаритовой формации), а также в линзах и горизонтах хрупких трещиноватых силицитов и кремнистых алевропелитов (составляющих кремнисто-сланцевую формацию).

В массивных компетентных силлах, штоках, дайках и лавовых покровах кислого и основного состава, а также в криптокристаллических известняках и известковых алевропелитах, неблагоприятных для рудоотложения, рудные залежи встречаются крайне редко.

Месторождения колчеданно-полиметаллического состава, образующие в подавляющем большинстве стратиформные залежи, залегают согласно с напластованием вмещающих пород и закономерно располагаются в стратиграфическом разрезе рудоносного структурного яруса. На одинаковом удалении от первичных контуров доскладчатых внутригеосинклинальных поднятий (контролирующих размещение металлогенических зон) месторождения приурочены к одним и тем же стратиграфическим горизонтам и обладают близким вещественным составом. Вкрест простирания внутригеосинклинальных поднятий в глубь прогибов месторождения скользят вверх по стратиграфическому разрезу.

В тех случаях, когда рудовмещающие толщи отлагались в условиях блокового строения фундамента и блоковых вертикальных движений, месторождения в пределах разных блоков могут быть приурочены к разным стратиграфическим горизонтам. Сказанное справедливо и для жильных месторождений с той лишь разницей, что их нижняя граница опускается глубже рудоносного уровня.

Отмеченные закономерности хорошо иллюстрируются на примере Алейской металлогенической зоны Рудного Алтая. Все промышленные месторождения в пределах зоны залегают среди морских девонских толщ, не встречаясь в верхнепалеозойских отложениях. В додевонском фундаменте наблюдаются лишь кварц-пирит-халькопирит-пирротиновые жилы, фиксирующие древние рудоподводящие каналы. Вдоль границы девонского Алейского поднятия месторождения располагаются в нижнеэйфельских отложениях (Карамышевское, Стрижковское, Среднее, Зареченское, Петровское, Змеиногорское, Каменское, Верхубинское, Опеньшевское и др.). В следующей полосе развиты месторождения, приуроченные к верхам эйфельского яруса (Тушканихинское, Хлебниковское, Ново-Золотушинское, Орловское, Крючковское и др.). В глубь прогиба месторождения поднимаются по стратиграфическому разрезу в отложения живетского яруса (Майское, Степное, Корбалихинское, Ново-Комиссаровское, Лазурское, Семеновское, Рулихинское, Камышинское, Золотушинское и др.). В периферической

части Алейского поднятия расположены месторождения, приуроченные к толщам франского яруса (Масляное, Николаевское и др.). Как отмечалось выше, параллельно с переходом месторождений на более высокие стратиграфические уровни изменяется и их состав, что обуславливает наличие горизонтальной зональности внутри металлогенических зон.

Для выявления перспективности различных стратиграфических подразделений (ярусов) рудоносных девонских толщ Рудного Алтая нами построен график частоты встречаемости месторождений в вертикальном разрезе. В эйфельском ярусе насчитывается 35, в живетском — 25, во франском — 15, в фаменском — 5 месторождений. Очевидно, что при поисках наиболее вероятно обнаружение месторождений в среднедевонском интервале разреза, а отложения нижнего карбона практически неперспективны для обнаружения промышленных колчеданных залежей. Не исключено, что в других регионах эта закономерность может оказаться сложнее, но во всех случаях она должна учитываться при прогнозе и поисках. Уменьшение количества месторождений вверх по разрезу, т. е. по временной шкале, сопровождается уменьшением их числа и в плане в глубь прогибов, где развиты наиболее молодые рудоносные горизонты.

Подавляющее число согласных колчеданно-полиметаллических залежей Рудного Алтая (98%) распространено в интервале мощностей стратиграфического разреза от 0 до 500 м, измеренном книзу от наиболее молодых горизонтов сохранившихся к эрозии рудовмещающих толщ данного участка по нормали к напластованию. Подстилающие отложения могут содержать лишь рудные жилы, что необходимо учитывать при поисках и прогнозе. В других районах вероятный рудоносный интервал мощностей разреза может быть иным. Если рудовмещающие толщи смяты в складки с крутым падением пород на крыльях, то измерение мощностей перспективных частей разреза необходимо производить в плане от ядра синклиналей. Наибольшая глубина возможного распространения руд от дневной поверхности в этих случаях совпадает с глубиной залегания шарниров синклиналей, измеренной по нижней поверхности перспективных пачек разреза.

Влияние литологических свойств пород на размещение и концентрацию согласных залежей отмечается и подчеркивается большинством исследователей, изучающих эти месторождения (Бородаевская, 1964; Иванов, 1964; Скрипченко, 1964; Смирнов, 1964, 1969 и др.). Степень концентрации руд в определенном объеме, определяющая рентабельность их разработки, зависит от характера чередования пород в разрезе, физико-механических свойств горизонтов и линз горных пород и наличия внутри толщ контрастных литологических границ, выполняющих роль экранов. Вместе с тем, благоприятные для рудоотложения свойства рудовмещающих толщ оказывают влияние на концентрацию оруденения лишь в тех случаях, когда они сочетаются с наличием продуктов досклад-

чатого кислого вулканизма, рудоподводящих доскладчатых разломов и морским режимом накопления рудоносных толщ.

Подавляющее большинство согласных залежей приурочено к толщам с более частым чередованием слоев по сравнению с ниже- и вышележащими безрудными отложениями. Благоприятным является чередование слоев различного состава с различными физико-механическими свойствами: терригенных и туфогенных горизонтов, массивных лав и силлов. Жильные и отчасти штокверковые колчеданно-полиметаллические месторождения обычно возникают в массивных интрузивных телах (Сугатовское на Алтае — в субвулканическом штоке порфира, Садонское и Згидское на Кавказе, по данным И. П. Златогурской — в гранитах под экраном юры). Рудные жилы образуются также в массивных компетентных породах (Стрижковское месторождение, Кафанская группа месторождений) и в тех случаях, когда отсутствуют литологические горизонты, благоприятные для рудоотложения.

Таким образом, во всех рудоносных районах согласные залежи рассматриваемых месторождений избирательно тяготеют к горизонтам, пачкам и линзам первоначальных водоносных пористых пород — туфобрекчиям, туфоагломератам, псаммитовым и пепловым туфам кислого, смешанного и среднего состава, туфопесчаникам, песчаникам, алевролитам, алевропелитам, а также к хрупким трещиноватым породам-силицитам, кремнистым алевропелитам и т. д. (Бородаевская, 1964; Дмитриев, 1960; Смирнов, 1969). Для образования согласных залежей, как отмечалось, неблагоприятны массивные компетентные породы — силлы, субвулканы и лавовые покровы альбитофиров и диабазов, горизонты спекшихся туфов, а также граниты, метаморфические породы, известняки и известковые алевропелиты.

Химический состав пород оказывает на рудоотложение, по-видимому, значительно меньшее влияние по сравнению с их физико-механическими свойствами. Колчеданно-полиметаллические залежи и верхние части жил тяготеют к границам, разделяющим литологически разнородные толщи: эффузивные и пирокластические, осадочные и вулканические, карбонатные и кремнистые и т. д. Вследствие этого такие границы в перспективных районах должны подвергаться опоскованию.

Согласные залежи могут располагаться как выше, так и ниже резких литологических границ. Так, например, месторождение Уруп располагается выше массивных лав альбитофиров в перекрывающих туфах. Иртышское, Новоберезовское и Карьерное месторождения, расположенные в кислых туфах, экранируются снизу силлами диабазов. Майское месторождение располагается в кремнистых алевропелитах и туфах над толщей криптозернистых известковых алевропелитов. В других случаях месторождения, залегающие в кислых туфах и туфопесчаниках, экранируются сверху толщами диабазовых лав и силлов (Лазурское, Корбалихинское, Николаевское, Камышинское, Рулихинское месторождения Рудного

Алтая, Ахтальское месторождение на Кавказе и т. д.). Рудные залежи Зареченского и Петровского месторождений Рудного Алтая, приуроченные к линзам силицитов, экранируются сверху линзами известняков. В ряде случаев контуры и форма рудных залежей определяются формой рудовмещающего или экранирующего оруденение слоя пород. Так, на Лазурском, Ново-Березовском и Иртышском месторождениях контуры рудных тел определяются контурами экранирующих снизу силлов диабазов; на Орловском месторождении залежи экранируются вышележащими силлами альбитофиров;\* на Зареченском и Петровском месторождениях определяются — формой рудовмещающих силицитов.

Рудоносный уровень в разрезе рудовмещающих толщ обычно фиксируется зонами интенсивного гидротермального изменения пород: вторичными кварцитами, пропилитами, серицитолитами, хлоритолитами, кварц-серицит-хлоритовыми, карбонатными и тальковыми сланцами, несущими рассеянную сульфидную минерализацию, повышенные геохимические ореолы полиметаллов и большую часть согласных залежей. Гидротермально измененные породы занимают согласное, полого секущее либо перпендикулярное к напластованию положение в стратиграфическом разрезе. В последнем случае они могут сопровождаться жильными рудными телами.

### Минеральный состав месторождений

Руды доскладчатых колчеданно-полиметаллических месторождений обычно сложены халькопиритом, сфалеритом (марматитом, вуртцитом и клейофаном), галенитом, пиритом и баритом, которые присутствуют на месторождениях в различных пропорциях. Кроме этих главных минералов на рассматриваемых месторождениях встречаются (иногда в значительных количествах) пирротин, марказит, мельниковит, гематит, магнетит, блеклые руды, борнит, халькозин, ковеллин, энаргит, люцит, фаматинит, виттихенит, сульванит, ленгенбахит, германит, ялпаит, стефанит, прустит, пираргирит, миаргирит, бурнонит, джемсонит — буланжерит, арсенопирит, тетрадимит, кубанит, пирсеит, галеновисмутит, станнин, эмплектит, штернбергит, леллингит, линнеит, полидимит, реньерит, бетехтинит, аргентит, штромейерит, алтаит, калаверит, петцит, гессит, кренерит, висмутин, антимонит, англезит, касситерит, электрум, самородные медь, золото и серебро и другие минералы. Из жильных и нерудных минералов, наряду с упомянутым баритом, чаще всего встречаются гипс, кальцит, доломит, кварц, серицит, хлорит, тальк, гидрослюда, опал.

---

\* На восточном фланге месторождения рудовмещающие породы смяты в крутую антиклинальную складку. К контакту алевролитов с силлом (принимающимся рядом геологов за дайку), по-видимому, приурочена крупная полиметаллическая залежь, над которой в экранирующих альбитофирах наблюдаются прожилки и гнезда галенита.

Для доскладчатых колчеданно-полиметаллических месторождений характерно большое разнообразие типов руд, соответствующих различным минеральным парагенезисам. Выделяются следующие главные минеральные типы руд: пирит-пирротиновый (часто с халькопиритом и хлоритом), халькопиритовый (обычно с пиритом, сфалеритом, хлоритом), халькопирит-сфалеритовый и халькопирит-галенит-сфалеритовый (часто с пиритом, хлоритом, серицитом, кварцем), сфалерит-галенитовый, галенитовый и барит-полиметаллический (с сульфосолями свинца, меди и серебра, аргентитом, теллуридами золота, англезитом, халькозинном, борнитом, марказитом, стронцианитом, серицитом, кальцитом и кварцем), барит-золото-серебряный (с гематитом, самородным серебром, золотом и медью, электрумом, кварцем, кальцитом и гипсом) и баритовый (с кальцитом, кварцем, иногда с пиролюзитом и псиломеланом). Перечисленные типы руд относятся к двум группам: бескислородным сульфидным рудам и кислородсодержащим сульфатно-окисно-сульфидным. Кислородсодержащие сульфатно-окисно-сульфидные руды располагаются в первоначально верхних частях колчеданно-полиметаллических месторождений, а бескислородные сульфидные руды — в нижних, что создает вертикальную зональность колчеданно-полиметаллических месторождений.

Для установления зональности колчеданно-полиметаллических месторождений, по данным химического опробования руд, предлагается выделять по соотношениям трех основных рудных элементов — меди, свинцу и цинку — тринадцать геохимических типов руд: медный, цинковисто-медный, медно-цинковый, медисто-цинковый, цинковый, свинцовисто-цинковый, свинцово-цинковый, цинковисто-свинцовый, свинцовый, медисто-свинцовый, медно-свинцовый, свинцовисто-медный и полиметаллический.

### **Вертикальная и горизонтальная зональность доскладчатых колчеданно-полиметаллических месторождений и их генезис**

На всех рассматриваемых месторождениях по мощности согласных залежей и восстанию секущих корневых жил наблюдается отчетливая зональность гипогенного оруденения, направленная по нормали к напластованию снизу вверх по стратиграфическому разрезу вмещающих отложений, независимо от их современного залегания — ненарушенного пологого, крутопадающего или опрокинутого. Такое направление зональности, совпадающее с вертикалью на ненарушенных месторождениях в слабо дислоцированных участках рудоносных толщ, доказывает, что мы имеем дело с первичной вертикальной зональностью. На аналогичных и часто рядом расположенных месторождениях, залегающих среди дислоцированных участков тех же толщ, наблюдаются лишь фрагменты и реликты первоначально вертикальной зональности. Эта зональность искажена и нарушена в полном соответствии с нарушениями первоначальной формы месторождений и залегания рудовмещающих пород.

Оказывается, что расположенные среди дислоцированных толщ колчеданно-полиметаллические месторождения соответствовали не только по своей морфологии, но и по зональности ненарушенным месторождениям аналогичного состава на участках пологого нормального залегания тех же рудовмещающих толщ.

Примерами слабодислоцированных месторождений с неизменным в целом направлением вертикальной зональности гипогенного оруденения являются: Лениногорское, Корбалихинское, Змеиногорское, Стрижковское и отчасти Николаевское — на Алтае, Маднеули — на Кавказе, ряд месторождений Южного Урала. К числу интенсивно дислоцированных месторождений с сильно искаженной зональностью относятся: месторождения Среднего Урала, Зырянское, Тишинское и месторождения Иртышской зоны смятия — на Алтае, Квайса — на Кавказе, Озерное — в Бурятии, Кызылташтыгское в Туве и мн. др.

Поскольку рассматриваемая зональность во всех случаях проявлена по нормали к напластованию, снизу вверх по стратиграфическому разрезу вмещающих отложений, то из этого следует единственно возможный вывод, что образование рассматриваемых месторождений произошло до складчатости, в пологолежащих толщах.

Таким образом, независимо от дислоцированности рассматриваемых месторождений и вмещающих пород, на всех месторождениях в направлении от первоначальной подошвы к кровле проявлена однотипная (иногда редуцированная) вертикальная зональность (см. таблицу). Эта зональность заключается в последовательной смене снизу вверх по стратиграфическому разрезу вмещающих отложений бескислородных сульфидных руд с пиритом, халькопиритом, сфалеритом, галенитом, барит-полиметаллическими рудами с галенитом, сульфосолями, аргентитом, борнитом, халькозином, марказитом, англезитом, самородной медью, серебром, золотом, электрумом, гематитом, иногда псиломеланом, пиролюзитом и манганитом, гипсом, кальцитом и безрудным баритом и кварцем. Зональность сульфидной минерализации выражается на месторождениях в увеличении вниз по стратиграфическому разрезу отношений халькопирита и сфалерита к галениту и уменьшении отношений галенита и сфалерита к халькопириту. Соответственно вверх по стратиграфическому разрезу (к первоначальной кровле месторождений) увеличиваются относительные содержания цинка, затем свинца и одновалентной (халькозиновой) меди, а вниз по разрезу (к первоначальной подошве месторождений) возрастают относительные содержания двухвалентной (халькопиритовой) меди.

Соотношения свинца, цинка и меди (вместе с сопутствующими элементами) меняются скачкообразно, определяя полосчатость руд. Для доскладчатых колчеданно-полиметаллических залежей характерна ритмичная полосчатость, проявленная согласно с напластованием вмещающих пород, на фоне вертикальной зональности.

**Сводная колонка первоначальной вертикальной зональности  
доскладчатых колчеданно-полиметаллических месторождений**

Условия рудообразования	Жильные минералы	Характерные рудные минералы	Характерные рудные элементы
Область кислород-содержащих метеорных вод глубокой инфильтрации	CaCO <sub>3</sub> SiO <sub>2</sub> BaSO <sub>4</sub>	—	J, P
	CaCO <sub>3</sub> CaSO <sub>4</sub> ·2H <sub>2</sub> O SiO <sub>2</sub> BaSO <sub>4</sub>	MnO <sub>2</sub> ·Mn(OH) <sub>2</sub> , MnO <sub>2</sub> mMnO·MnO <sub>2</sub> ·nH <sub>2</sub> O Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> Ag, Au	Mn, Fe Ag, Au
	SiO <sub>2</sub> CaCO <sub>3</sub> SrSO <sub>4</sub> BaSO <sub>4</sub>	PbSO <sub>4</sub> , Cu Сульфосоли Cu, Pb, Ag Cu <sub>2</sub> S, Ag <sub>2</sub> S, (HgS) Cu <sub>5</sub> , FeS <sub>4</sub> , PbS FeS <sub>2</sub> (марказит)	Cu <sup>+</sup> Pb, Ag, Hg
Область застойных сероводородных морских захороненных вод	Серицит SiO <sub>2</sub>	PbS ZnS (вюртцит, сфалерит)	Pb (Zn)
	SiO <sub>2</sub>	ZnS (сфалерит) CuFeS <sub>2</sub> , PbS FeS <sub>2</sub> (пирит)	Zn (Pb, Cu)
	Хлорит	CuFeS <sub>2</sub> (ZnS) FeS <sub>2</sub> (пирит), Fe <sub>1-x</sub> S	Cu <sup>++</sup> (Au) Fe <sup>++</sup>

Полосчатое строение полиметаллических руд может служить указанием на одновременный рост различных минералов вокруг многочисленных центров кристаллизации, смещенных относительно друг друга по направлению движения рудоносных растворов в результате запаздывания начала кристаллизации минералов с меньшей энергией кристаллических решеток (следствием такого запаздывания является вертикальная зональность руд). Обособление в полиметаллической руде галенита, сфалерита и халькопирита, часто образующих ритмично чередующиеся полосы мощностью от долей миллиметра (в бурундучных рудах) до метра и более, связано с отсутствием изоморфизма у двухвалентных катионов свинца, цинка и меди. Полосчатость руд на рассматриваемых колчеданно-полиметаллических месторождениях могла возникать как при образовании залежей, так и при последующем метаморфизме руд.

Закономерная структурная связь различных типов руд, выражающаяся в повторении на многих морфологически сходных колчеданно-полиметаллических месторождениях однотипной зональности и полосчатости, несомненно свидетельствует об одновремен-

ном поступлении большинства рудных элементов и их осаждении в определенной последовательности, зависящей от свойств элементов и от изменения физико-химических условий среды рудообразования по мере продвижения рудоносных растворов к земной поверхности. По ходу движения растворов рудные элементы осаждались в порядке уменьшения энергии кристаллических решеток сульфидов, в состав которых они входят, что находится в соответствии с геохимическим законом А. Е. Ферсмана о последовательности кристаллизации.

Таким образом, вертикальная зональность размещения руд (часто связанных постепенными переходами), выражающаяся на месторождениях формации в последовательной смене снизу вверх простых сульфидов мезотермального ряда сложными сульфидами, сульфосолями и самородными металлами эпитермального ряда, является первичной зональностью отложения (при одноактном процессе подачи рудного вещества).

Вертикальная зональность оруденения, т. е. качественные и количественные изменения минерального и химического состава руд в стратиграфическом разрезе рудоносных свит, отражает усиление вверх по разрезу активности кислорода и ослабление активности серы во время рудообразования. О резком усилении активности кислорода, имевшем место в верхних частях рудовмещающих свит, свидетельствует смена сульфидов гипогенными сульфатами и самородными металлами, образовавшимися в условиях окисления серы. Усиление активности серы (точнее, окислительной способности анионов серы в обстановке дефицита свободного кислорода) с глубиной доказывается переходом положительно заряженных атомов серы (окисленной в сульфатах) в анионы (в сульфидах) и увеличением валентности катионов меди в сульфидах.

Рассматриваемые колчеданно-полиметаллические месторождения возникли на глубинах до нескольких сотен метров, по-видимому, в результате взаимодействия поднимающихся вверх по разрезу пологолежащих толщ рудоносных гидротермальных растворов (отделявшихся из затухающих доскладчатых очагов кислой магмы) с захороненными застойными седиментационными водами морского происхождения, зараженными сероводородом (образующимся при разложении органического вещества морских илов), а затем — с кислородсодержащими инфильтрационными водами, просачивающимися сверху до базиса эрозии. Рудообразование происходило в момент отступления моря в глубь прогибов, когда поднимались и осушались участки, прилегающие к рудоконтролирующим горст-антиклиналиям. Захороненные седиментационные морские воды вытеснялись на этих участках из верхних горизонтов рудовмещающих толщ кислородсодержащими инфильтрационными водами. Уровень, на котором происходила смена бескислородных сернистых руд сульфатами, самородными металлами и оксидами, фиксировал глубину проникновения кислородсодержащих инфильтрационных вод. Положение этого уровня, расположенного

на продолжении поверхности регрессирующего моря под континент, определялось положением базиса эрозии в момент рудообразования перед началом складчатости (Кен, 1968). Ниже базиса эрозии в восстановительных условиях возникали бескислородные сульфидные руды, а выше — сульфаты, самородные металлы и окислы.

На многих месторождениях вертикальная зональность редуцирована. На барит-полиметаллических месторождениях, расположенных в низах разреза рудовмещающих толщ вблизи рудоконтролирующих горст-антиклинорий, дальше от регрессирующего моря, проявлены лишь верхние части колонки вертикальной зональности, а на медноколчеданных месторождениях, образующихся в верхах разреза рудовмещающих толщ, вблизи моря, под ним или на его дне, состав руд соответствует нижним частям колонки вертикальной зональности. Это объясняется господством восстановительных сероводородных условий вблизи регрессирующего моря и полным вытеснением застойных сероводородных вод кислородсодержащими инфильтрационными водами вдали от моря. Между барит-полиметаллическими и медноколчеданными месторождениями располагаются собственно колчеданно-полиметаллические месторождения с наиболее полно проявленной вертикальной зональностью. С редуцированием вертикальной зональности доскладчатых колчеданно-полиметаллических месторождений связана рассмотренная выше горизонтальная зональность их размещения.

Кроме прямой вертикальной зональности на рассматриваемых месторождениях наблюдается обратная горизонтальная зональность оруденения, проявленная от центра к флангам согласных рудных залежей. Эта зональность обычно заключается в обогащении флангов выклинивающихся залежей пиритом и халькопиритом. Горизонтальная зональность самих месторождений, проявленная от центра к флангам согласных залежей, объясняется избытком в захороненных водах на флангах образующихся залежей серы относительно дефицитных свинца и цинка (которые отлагались в основном над рудоподводящими разломами в центральных частях залежей), наличием в этих водах железа (а возможно, и меди) и большим сродством меди с серой.

Зональность колчеданно-полиметаллических месторождений и ее искажение при разрывных и складчатых деформациях необходимо учитывать при прогнозировании скрытых на глубине слепых рудных залежей.

### III. КЛАССИФИКАЦИЯ ДОСКЛАДЧАТЫХ КОЛЧЕДАНО-ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Классификация месторождений производится для различных целей по разнообразным признакам: морфологическим, минералогическим, геохимическим, ситуационным (хроностратиграфическим, структурно-тектоническим), по связи с определенными геологическими образованиями (вулканическими аппаратами, субвулканиче-

скими и малыми интрузиями и т. д.), по экономическим критериям (запасы, размеры, содержание полезных компонентов) и т. д.

Для целей научного прогноза колчеданно-полиметаллических месторождений необходима классификация месторождений, учитывающая, прежде всего, вещественный состав, зональность, структурно-морфологические особенности и условия залегания месторождений. Предварительный вариант такой классификации предлагается ниже.

1. Серноколчеданные (пиритовые и пирротиновые с медью).

а. Залежные (линзовидные и пластообразные). Месторождения залегают согласно с напластованием рудоносных вулканогенно-осадочных толщ.

Пример: Вавилонское месторождение на Алтае.

б. Жильные (секущие).

Рудные тела располагаются в вулканогенно-осадочных толщах и их фундаменте, а также в субвулканических массивах доскладчатой гранито-липаритовой формации.

Пример: Сугатовское месторождение на Алтае.

в. Прожилково-вкрапленные.

Рудные тела приурочены к субвулканическим и малым интрузивам доскладчатой гранито-липаритовой формации.

Пример: рудопоявления в районе Майнского месторождения в Западном Саяне.

г. Штокообразные.

Месторождения находятся в малых и субвулканических интрузивных массивах доскладчатой гранито-липаритовой формации.

д. Комбинированные.

Пример: Маслянское месторождение на Алтае.

2. Медноколчеданные (с цинком).

а. Залежные (линзовидные и пластообразные). Месторождения залегают согласно с напластованием рудоносных вулканогенно-осадочных толщ.

Примеры: Николаевское, Орловское месторождения на Алтае, Урупское на Кавказе, Майнское месторождение в Западном Саяне.

б. Жильные (секущие).

Пример: Чудакское месторождение на Алтае.

в. Прожилково-вкрапленные.

Пример: Бухтарминское месторождение на Алтае.

г. Штокообразные.

д. Комбинированные (согласные залежи сменяются в подошве месторождений секущими жилами).

3. Медно-цинково-колчеданные.

а. Залежные (линзовидные, ленто- и пластообразные). Месторождения залегают согласно с напластованием рудоносных вулканогенно-осадочных толщ.

Примеры: Новоберезовское, Иртышское месторождения на Алтае.

б. Жильные (секущие).

Пример: Стрижковское месторождение на Алтае.

в. Комбинированные.

4. Медно-колчеданно-полиметаллические.

а. Залежные (пластообразные, ленто- и линзовидные).

Примеры: Березовское и Белоусовское месторождения на Алтае.

б. Жильные (секущие).

в. Комбинированные.

Примеры: Корбалихинское месторождение на Алтае, Майкаинское в Казахстане.

5. Колчеданно-полиметаллические (существенно свинцово-цинковые, часто с медью, иногда золотом и др.).

а. Залежные (пластообразные, ленто- и линзовидные).

Пример: Золотушинское месторождение на Алтае.

б. Жильные (секущие).

Пример: Черепановское месторождение на Алтае.

в. Комбинированные.

Пример: Лениногорское месторождение.

6. Барит-полиметаллические (существенно свинцовые и свинцово-цинковые с серебром, золотом и др.).

а. Залежные (пластообразные, ленто- и линзовидные).

Пример: Змеиногорское месторождение на Алтае.

б. Жильные (секущие).

Пример: Ручьевское месторождение на Алтае.

в. Комбинированные.

Пример: Петровское месторождение на Алтае.

7. Барит-гематитовые с сульфидами (залежные).

Примеры: Бражихинская барит-гематитовая залежь (с серебром и золотом) на Алтае, Саркинет (гематитовые залежи).

8. Псиломелан-пирролизитовые, часто с гематитом (залежные).

Примеры: Атасуйская группа железо-марганцевых месторождений (Караджал и др.), месторождение Давид-Гареджи.

Данная классификация охватывает основные типы месторождений, связанных с доскладчатой гранито-липаритовой формацией и объединяемых нами в доскладчатую колчеданно-полиметаллическую рудную формацию. Она отражает пространственно-временные структурные связи между различными месторождениями формации. Наличие этих связей позволяет глубже анализировать

закономерности размещения месторождений, облегчая задачу обнаружения новых залежей свинца, цинка, меди, селена, теллура, золота, серебра, барита, гематита и ряда других полезных ископаемых.

Дальнейшая разработка классификации колчеданно-полиметаллических месторождений повысит надежность выявления в рудных районах всех типов месторождений доскладчатой колчеданно-полиметаллической формации.

### Заключение

Таким образом, имеющиеся данные позволяют с уверенностью говорить о доскладчатом возрасте колчеданно-полиметаллических месторождений Алтая, Кавказа, Урала и многих других районов, о парагенетической связи этих месторождений с эффузивно-интрузивным кислым магматизмом и доскладчатыми тектоническими структурами, о тесной связи собственно колчеданно-полиметаллических залежей с медноколчеданными, барит-полиметаллическими и иногда гематитовыми и марганцевыми, о комбинированном ювенильно-вадозном генезисе большинства колчеданно-полиметаллических месторождений и т. д.

Эти выводы определяют генеральное направление поисков колчеданно-полиметаллических месторождений и методику их разведки и должны учитываться при их научном прогнозировании.

### ЛИТЕРАТУРА

Бородаевская М. Б. Соотношение колчеданного оруденения с магматизмом и некоторые вопросы генезиса колчеданных руд на примере Южного Урала. Сб. «Проблемы генезиса руд». М., изд-во «Недра», 1964.

Белькова Л. Н., Огнев В. Н., Семенов А. И. Две гипотезы о генезисе полиметаллического оруденения на Алтае. Изв. АН СССР, серия геол., № 1, 1954.

Вейц Б. И. К вопросу о генезисе полиметаллических месторождений Алтая. Изв. АН Каз. ССР, серия геол., вып. 16, 1953.

Воробьев Ю. Ю. Геолого-генетические особенности и зональность Иртышского полиметаллического месторождения на Алтае. М., Госгеолтехиздат, 1963.

Горжевский Д. И. Об особенностях состава и строения полиметаллических руд месторождений Рудного Алтая, образовавшихся на разной глубине. Вестник Львовского гос. ун-та, серия геол., № 1, 1962.

Дербинов И. Г. О тектонических и палеогеографических условиях полиметаллического рудообразования в Рудном Алтае. Тр. СНИИГГИМС, вып. 25, 1962.

Дмитриев В. П. Месторождения руд позднего полиметаллического парагенезиса в Эмменгорском районе на Алтае. Сов. геология, № 12, 1960.

Заварицкий А. Н. Колчеданные месторождения Урала. Статьи по геологии и метаморфизму колчеданных месторождений. М., Изд-во АН СССР, 1950.

Иванкин П. Ф., Иншин П. В., Кузевный В. С. Рудные формации Рудного Алтая. Алма-Ата, 1961.

Иванов С. Н. Генезис рудных месторождений колчеданного типа в связи с развитием геосинклинального магматизма и метаморфизма. Сб. «Проблемы генезиса руд». М., изд-во «Недра», 1964.

Иванов С. Н., Логинов В. П. О связи колчеданных месторождений Урала с вулканогенными формациями. Сб. «Рудоносность вулканогенных формаций». М., изд-во «Недра», 1965.

Кашкай М. А. О генетической связи месторождений колчеданных и некоторых медных и полиметаллических руд с кислыми магмами. Советская геология, № 50, 1956.

Кен А. Н. О девонском магматизме Тувы и Западного Саяна. Инф. сб., № 54, ВСЕГЕИ, 1962.

Кен А. Н. Геологические формации центральной части Алтае-Саянской складчатой области и их рудоносность. Тр. ВСЕГЕИ, нов. серия, т. 103, 1964.

Кен А. Н., Груза В. В. Эндогенные месторождения Алтае-Саянской складчатой области и закономерности их размещения. В кн. «Закономерности размещения эндогенных рудных месторождений СССР». М., изд-во «Недра», 1966.

Кен А. Н. Применение методики формационного анализа при металлогенических исследованиях. В сб. «Принципы и методика составления металлогенических и прогнозных карт». М., изд-во «Недра», 1966.

Кен А. Н. Металлогения девона Саяно-Алтайской складчатой области. Тр. ВСЕГЕИ, нов. серия, т. 120, 1967.

Кен А. Н. Зональность, возраст и генезис колчеданно-полиметаллических месторождений Рудного Алтая. Тр. ВСЕГЕИ, нов. серия, т. 155, 1968.

Кен А. Н., Васильев В. И. Расшифровка структур колчеданно-полиметаллических месторождений доскладчатого возраста. Разведка и охрана недр., № 4, 1969.

Логинов В. П. Геология Кабанских колчеданных месторождений (Средний Урал) и некоторые черты их генезиса и метаморфизма. В кн. «Колчеданные месторождения Урала». М., Изд-во АН СССР, 1950.

Скрипченко Н. С. Первичная зональность в медноколчеданных месторождениях. Сб. «Проблемы генезиса руд». М., изд-во «Недра», 1964.

Смирнов В. И. Конвергентность колчеданных месторождений. Вестник МГУ, серия 4, № 2, 1960.

Смирнов В. И. Типы неполной зональности гидротермальных рудных тел. В кн. «Генетические проблемы руд». М., 1960.

Смирнов В. И. Соотношение эндогенного и экзогенного рудообразования в субмаринных вулканогенных геосинклиналиных комплексах. Сб. «Проблемы генезиса руд». М., изд-во «Недра», 1964.

Смирнов В. И. Геология полезных ископаемых. М., изд-во «Недра», 1969.

Смирнов В. И., Бородаев Ю. С., Старостин В. И. Колчеданные руды и месторождения Японии. Геология рудных месторождений, т. 10, № 1, 1968.

Татаринов П. М. Условия образования месторождений рудных и нерудных полезных ископаемых. М., Госгеолтехиздат, 1963.

Шадлун Т. Н. Особенности минералогического состава структур и текстур руд некоторых месторождений Урала. В кн. «Колчеданные месторождения Урала». М., изд-во АН СССР, 1950.

Щерба Г. Н. Проблемы генезиса колчеданно-полиметаллических месторождений Рудного Алтая. Сов. геология, № 6, 1968.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр.
Введение . . . . .	3
I. Региональные закономерности размещения доскладчатых колчеданно- полиметаллических месторождений . . . . .	4
II. Локальные закономерности размещения доскладчатых колчеданно-поли- металлических месторождений . . . . .	25
III. Классификация доскладчатых колчеданно-полиметаллических месторож- дений . . . . .	38
Заключение . . . . .	41
Литература . . . . .	41

*Анатолий Николаевич Кен, Виталий Иванович Васильев*

Региональные и локальные закономерности размещения  
доскладчатых колчеданно-полиметаллических месторождений

ВЫПУСК I

Редактор *Г. А. Полиевская*  
Техн. редактор *А. А. Иванова*

Художник *А. М. Гимаев*  
Корректор *Л. В. Белова*

---

М—45609	Подл. в печать 14/VIII-1970	Печ. л. 2 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	Уч.-изд. л. 2,74
Формат бумаги 60×90 <sup>1</sup> / <sub>16</sub> .	Тираж 500.	Цена 2 <sup>6</sup> / <sub>100</sub> коп.	Заказ № 511

Ленинградская картфабрика ВАГТ

- Вып. 1. Региональные и локальные закономерности размещения колчеданно-полиметаллических месторождений.
- Вып. 2. Региональные и локальные закономерности размещения грейзеновых оловянно-вольфрамовых месторождений.
- Вып. 3. Региональные и локальные закономерности размещения эпитермальных золото-серебряных и полиметаллических месторождений.
- Вып. 4. Региональные и локальные закономерности размещения эпитермальных флюоритовых месторождений.
- Вып. 5. Региональные и локальные закономерности размещения стратифицированных медных и свинцово-цинковых месторождений.
- Вып. 6. Региональные и локальные закономерности размещения медно-порфировых месторождений.