

**ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ**  
**ВСЕСОЮЗНОГО СОВЕЩАНИЯ „СОВРЕМЕННЫЕ**  
**МЕТОДЫ ИЗУЧЕНИЯ СТРУКТУР ЭНДОГЕННЫХ**  
**РУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ“**

(Ереван, 19—23 мая 1981 г.)



ЕРЕВАН—1981

АКАДЕМИЯ НАУК СССР

Научный совет по рудообразованию ОГГТ АН СССР

Институт геологии рудных месторождений,  
петрографии, минералогии и геохимии АН СССР

АКАДЕМИЯ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР

Институт геологических наук АН Арм.ССР

ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ  
ВСЕСОЮЗНОГО СОВЕЩАНИЯ "СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ  
ИЗУЧЕНИЯ СТРУКТУР ЭНДОГЕННЫХ РУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ"

Издательство АН Армянской ССР  
Ереван 1981



Редакционная коллегия: И.Г.Магакьян (отв.редактор),  
А.Т.Асланян, Л.И.Лукин, Р.Н.Таян, Э.А.Хачатурян,  
В.Ф.Чернышев

„ ներքին տեսչակին ՀԱՆՔԱՎԱՅՐԵՐԻ ՍՏՐՈՒՄՏՈՒՐԱՆԵՐԻ  
ՈՒՍՈՒՄՆԱՍԻՐՄԱՆ ԺԱՄԱՆԱԿԱՆՑ ՄԵԹՈԴՆԵՐԸ „  
Համախոլթենական խորհրդակցության զեկուցումների  
թեզիսները

ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ՍՍՀ ԳԱ ՀՐԱՏԱՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ  
ԵՐԵՎԱՆ 1981



## ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ГЕОЛОГО-СТРУКТУРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Геолого-структурные исследования являются направлением учения о рудных месторождениях, имеющим целью выяснение геолого-структурных условий формирования и закономерностей размещения оруденения в пределах рудных полей и месторождений и распространения его на глубину.

Структуры рудных полей и месторождений рассматриваются в связи с другими факторами рудоотложения. Они изучаются в разрезе истории формирования и в зависимости от положения в областях с различной историей развития. Выясняются особенности локализации оруденения в разных структурных этажах и ярусах, расшифровывается роль крупных разломов, разрывных и складчатых нарушений различных порядков. Анализируется роль плутогенных, вулканогенных, метаморфогенных структур в локализации оруденения. Большое значение придается выяснению фактора глубинности, а также установлению зависимости генетических особенностей оруденения от геолого-структурной обстановки. При этом уделяется внимание определению роли петрофизических параметров, а также геодинамических условий в сфере рудоотложения.

Разработка этих вопросов основывается на применении и усовершенствовании традиционных геолого-структурных методов исследования (детальное геологическое картирование, документация, структурный анализ) с использованием методов моделирования структурно-петрографического анализа, и обработки данных дистанционного зондирования в комплексе с геофизическими и геохимическими исследованиями.

В дальнейшем необходимо совершенствование теоретических концепций, а также направленности исследований на разработку основ выявления скрытого оруденения и прогнозирования распространения



на глубину.

Возрастает необходимость углубленного познания влияния структурной обстановки на физико-химические условия рудообразования, петрофизические особенности среды рудоотложения геодинамических условий рудообразования. Перспективным представляется реконструкция локальных структурных и структурно-гидродинамических систем рудоотложения на реальной пространственной основе. В этих исследованиях важное место занимает установление пространственных и генетических соотношений собственно тектонических (деформационных) структурных форм и элементов с магматогенными и метаморфогенными.

Для решения указанных задач помимо традиционных методов геолого-структурных исследований потребуется:

а) разработка методов выяснения глубинного строения рудоносных площадей с привлечением геофизических данных и материалов дистанционного зондирования земной поверхности;

б) совершенствование методики структурно-петрофизического анализа напряженного состояния среды рудоотложения;

в) расширение работ по моделированию развития структур на эквивалентных материалах, оптически активных средах, электрогидродинамическому и математическому моделированию структурно-гидродинамической обстановки рудоотложения с решением объемных задач;

г) более тесное комплексирование геолого-структурных, геохимических и физико-химических исследований.

Важное место в подъеме общего уровня геолого-структурных исследований на действующих рудниках и разведываемых объектах как для решения оперативных задач, так и основных указанных выше проблем.

---

Г.Ф.ЯКОВЛЕВ

## КОМПЛЕКСНЫЙ СТРУКТУРНЫЙ АНАЛИЗ РУДНЫХ ПОЛЕЙ И МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Комплексный структурный анализ — рациональный комплекс методов, применяемых при исследовании рудоносных геологических структур с учетом природных геологических обстановок — геоморфо-

логических, геотектонических, структурно-формационно-фациальных и рудогенетических.

Все методы изучения структур рудных полей и месторождений условно могут быть подразделены на две группы: 1) картировочные, в результате которых в поле создаются геолого-структурные или другие специальные карты, совершенствуемые в камеральный период, и 2) аналитические и экспериментальные методы, которые также иногда сопровождаются созданием специальных карт, схем или разрезов.

К картировочным методам относятся: геологическое картирование, геофизический, минералого-геохимический, фотогеологический, морфогенетический анализ глубоководных рудных полей, морфоструктурные исследования, палеофациальный анализ осадочных комплексов, палеовулканологические исследования, структурно-петрологический анализ интрузивов и парагенетический анализ минералов, слагающих метаморфиты и метасоматиты.

Во вторую группу включаются такие методы как анализ трещинной тектоники, тектонофизические исследования, микроструктурный анализ, рудная петрофизика, структурно-петрофизический анализ, вычислительная математика с применением ЭВМ, историко-генетический и геодинамический анализ, моделирование структур рудных полей и месторождений.

Выбор рационального комплекса методов зависит от степени изученности рудного поля или месторождения, характера обнаженности, вскрытия буровыми скважинами и горными выработками, освещенности глубоких горизонтов (корневых частей рудного поля или месторождения) геофизическими данными, структурно-формационно-фациальных особенностей рудоносных комплексов и типа связанных ископаемых, генетического типа рудоконтролирующих структур и соответственно структурно-морфологических особенностей месторождений, а также от стадий геологоразведочных работ.

При выборе рационального комплекса структурных исследований некоторые из перечисленных методов являются обязательными, независимыми от генетического типа геологических структур рудных полей и месторождений, а также структурно-формационно-фациальных особенностей рудоносных комплексов; применение же других методов, наоборот, определяется последними.

Комплексный структурный анализ рудных полей и месторождений



приобретает исключительно важное значение при прогнозе поисков новых месторождений на различных стадиях, особенно на стадии детальных поисков, с целью обнаружения скрытых месторождений или рудных залежей и поисково-оценочных работ. Он используется также при разведке месторождений, в том числе эксплуатационной, когда не только уточняются структурно-морфологические особенности месторождений, но и выясняются внутреннее строение рудных залежей, их зональность, залегание и морфология рудных столбов.

---

П.Ф.ИВАНКИН

### МОРФОГЕНЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ РУДНЫХ ПОЛЕЙ

Структурные исследования рудных полей и месторождений, решающие важные прикладные задачи, стали массовым и привычным для геологов видом работ, хорошо освоенным геологоразведочной службой. Однако, будучи в основном ориентированными на изучение внешней геологической среды рудообразования, они недостаточно характеризуют объекты исследования как особые целостные системы в земной коре. Морфогенетический анализ рудных полей ставит своей целью выявление закономерностей их геометрии, ориентировки в геологическом пространстве, внутреннего строения и зональности. Применительно к магматогенным рудным месторождениям целью является выделение и типизация рудно-магматических систем с присущими им общими закономерностями формообразования, структурной организации и вещественной зональности. В конечном счете решается теоретическая задача выявления закономерностей морфологии (и структуры) потоков глубинных рудообразующих флюидов при их восстающем движении в земной коре и определения характера влияния на динамику минерализующих потоков анизотропий внешней геологической среды.

Метод включает геолого-структурные, минералого-геохимические, петрологические и другие исследования и учитывает многопорядковый характер прерывистости оруденения в пространстве (рудные районы - рудные поля - рудные участки (месторождения) - рудные тела - рудные столбы).

Обоснование границ рудного поля и объемное картирование объекта позволяют изобразить его как трехмерное геологическое тело. Метод такого картирования заключается в сопоставлении и увязке структурно-геологических планов поверхности и подземных горизонтов, поперечных и продольных геологических разрезов и различных специальных проекций. Морфологические типы объемных фигур (модели) подразделяются по соотношениям длины и ширины их (коэффициент уплощенности), длины и высоты (коэффициент вертикальной протяженности), по углам конусности, типу симметрии и т.п. Среди магматогенных рудных полей выделены их главные три типа: ореольный, многокорневой, однокорневой.

Изучение внутреннего строения и зональности рудных полей включает: районирование их с целью выделения разнотипных участков (блоков, зон), выяснение пространственно-временных связей рудных тел, метасоматитов, даек и структурных элементов, прослеживание направленных структурно-вещественных изменений в пространстве (в особенности по склонению рудных зон, стволных жил и залежей). При этом обычно удается выделить несколько последовательно сменяющих друг друга по вертикали уровней (зон) рудного поля, различающихся по структурно-геохимическим особенностям и продуктивности (фронтальная, прифронтальная, промежуточная и корневая), количественно оценить вертикальный размах оруденения и дать оценку перспектив недоразведанных глубоких горизонтов и флангов рудного поля.

Морфогенетический анализ рудных полей расширяет и углубляет представления о генезисе эндогенного оруденения, в частности представления о формах связи его с магматизмом, факторах отложения руд в одних случаях в форме компактных рудных залежей, в других — в виде рассеянных вкрапленников и прожилков и т.п.

---

И.П.КУШНАРЕВ

## КОНВЕРГЕНТНОСТЬ РУДОНОСНЫХ СТРУКТУР И ИХ ТИПЫ

Проблема конвергентности имеет очень большое значение для понимания природных процессов и создаваемых объектов. В образова-



нии структур земной коры конвергентность проявлена ярко и имеет широкий диапазон выражения от локального до планетарного уровня. Пока они нашли частичное отражение лишь в редких работах.

Конвергентные структуры, обладая независимо приобретенными общими внешними признаками, которые позволяют относить их к однотипным образованиям, вместе с тем существенно отличаются рядом важных специфических черт, отражающих совокупность тех или иных геологических условий и способов их возникновения. Поэтому наличие конвергентности в образовании структур месторождений и рудных полей не позволяет замыкаться только на их изучении известными методами, а требует знаний окружающей территории и должно базироваться на более широкой методической основе, применяемой при картировании и анализе геологического строения конкретной территории, его литологического разреза (в ряде случаев выяснения палеогеографии и климата), а также геотектонического развития региона, характера и времени проявления рудообразования, магматизма и метаморфизма, стиля и интенсивности разновременных деформаций и других особенностей, которые обусловили возникновение конвергентных структур, с их общими и специфическими чертами, позволяющими выявить генезис и масштабность этих структур, ареалы площадного распространения, диапазоны глубин их развития, механизм образования и т.д. Это имеет большое значение при выделении перспективных площадей для поисковых, поисково-разведочных работ на различные типы полезных ископаемых и оценки найденных объектов, ориентируя внимание на поиски таких структур, которые благоприятны для локализации руд (в том числе и "слепых").

Конвергентные структуры могут принадлежать как к одной, так и к разным генетическим группам структур или могут быть результатом совокупного действия разнородных причин. По генетическим признакам они разделяются нами на: эндогенные, экзогенные, эндогенно-экзогенные, космогенные, техногенные и техногенно-экзогенные.

Природные типы конвергентных структур в разной мере локализуют полезные ископаемые того или иного генезиса, что определяется возможностями их образования и разнообразием генетических типов полезных ископаемых, свойственных изучаемому региону. Примерами этому являются:

I группа кольцевых структур, разделяемых на I - диапиры, развитые в авлакогенах и прогибах платформенных областей с солями, нефтью, газом, иногда с Hg (районы Донбасса, Прикаспия и др.); 2 - диапиры геосинклинальных областей, возникшие на основе поперечных и штамповых складок, а также протрузий (Hg и др. - Закарпатье, W - Койташ, Pb-Zn - Учкулач, Sb-As - Кассан и др., CaF<sub>2</sub> - Аурахмат Ср.Азия и др.); 3 - трубообразные и кольцевые структуры газовых взрывов (кимберлиты разных районов мира, Mo - Жерикен в В.Забайкалье, Pb-Zn - Актюз в Киргизии, Cu - Тересито, Сан Педро де Качи-йю в Чили и др.); 4 - карстовые воронки и трубки (бокситы Тур-гая и других районов СССР, Hg - Терлингва в США, TR - Цумб в ЮЗ Африке и др.).

II группа раздвиговых трещинных структур: I - контракционных и антиконтракционных экзогенных с элювиально-делювиальными россыпями Ta, Sn и др. (Барбарена в Бразилии, район Луллугули в Заире; Бако, Билито в Индонезии и др.); 2 - тектонических эндогенных раздвиговых структур (Pb-Zn - Садонской группы, Hg - Лачинской - С.Кавказ и др.).

III группа складчатых структур: I - конседиментационных, развитых в авлакогенах, орогенах и платформах с солями, нефтью, газом, углем, фосфатами и другими (Ферганская, Кузнецкая депрессии и др.); 2 - голоморфных геосинклинальных с рудами Fe в Криворожье и др., фосфатами на Алдане, Pb-Zn - Озерное в В.Забайкалье, As-Sb - Бричмулла в Ср.Азии и др.

Нельзя создать полную генетическую классификацию структур без учета конвергентности их образования.

---

В.С.КОРМИЛИЦЫН

#### ЗНАЧЕНИЕ ПОЛИМЕРОВ В ФОРМИРОВАНИИ СТРУКТУР РУДНЫХ ПОЛЕЙ ЭНДОГЕННЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

В учении о месторождениях полезных ископаемых существует



традиционное представление о том, что структуры эндогенных месторождений определяет в основном предрудная тектоника (глубинные разломы, оперяющие их рудоподводящие и рудофокусирующие каналы и т.д.). При этом сами рудоносные растворы играли пассивную роль, используя готовые каналы для своей миграции и рудоотложения. Однако, если допустить, что рудоносные растворы являлись полимерными системами, то картина существенно изменится.

В современной химии высокомолекулярных соединений выделяется особый класс веществ, который относится к природным неорганическим полимерам. К ним принадлежат различные силикаты, алюмосиликаты, окислы металлов, сульфиды и т.д. (Коршак и Мозгова, 1959; Толстогозов, 1967). Отнесение главных породо- и рудообразующих минералов к кристаллическим полимерам логически приводит к тому, чтобы рассматривать магматические расплавы и связанные с ними рудоносные растворы как сложные полимерные системы, обладающие особыми физическими и термодинамическими свойствами.

Среди этих свойств особое значение имеет способность полимерных систем сохраняться длительное время в стабильных условиях температур и давлений. При резком нарушении этих условий в системе происходит ряд преобразований, которые сопровождаются выделением тепловой энергии и взрывными явлениями большой силы (Нарсеев, 1964; Нарсеев, Летников, 1969; Кормилицын, 1973).

Геологические данные позволяют выделить в первом приближении два класса рудоносных систем, из которых образовались разнообразные эндогенные месторождения и рассмотреть структуры этих месторождений с позиций активной роли термодинамики полимеров.

К первому классу относятся системы, из которых образовались пегматитовые, грейзеновые и высокотемпературные жильные месторождения Sn, W, Be, Li и других элементов, генетически связанные с гранитными интрузивами. Развитие таких систем происходило при близких значениях температуры и давления в растворах и окружающей среде. Превращения полимерных веществ совершались медленно при равномерной отдаче тепла всей системой, Пульсирующая подача растворов проявлена слабо. Рудное вещество обычно рассеяно в больших объемах метасоматически измененных пород. Структуры месторождений определяются морфологией гранитных куполов, трещинами контракции и горизонтами слоистых пород, благоприятных для

замещения.

Рудоносные системы второго класса, из которых возникли эндогенные месторождения  $Au$ ,  $Mo$ ,  $Sn$ ,  $Pb$ ,  $Zn$ ,  $Ag$ ,  $Sb$ ,  $Hg$ , флюорита и т.д. зарождались в глубинных магматических очагах. Они проходили длинный путь до мест рудоотложения, подвергаясь различным превращениям в меняющейся геологической и термодинамической обстановке. На подходах к местам рудоотложения в них происходили взрывные явления, которые документируются в виде трубчатых, сетчатых, грибообразных, послойных и жилообразных взрывных breccий, пучков жил и рудных штокверков, выклинивающихся на глубинах в I-I,5 км по принципу взрывных воронок. По своему характеру и результатам эти явления сопоставимы с результатами подземных ядерных взрывов.

Между системами первого и второго класса резких границ не существует. Формирование тех же грейзеновых и сульфидно-касситеритовых месторождений нередко сопровождается широким развитием эксплозивных breccий.

Автор полагает, что более глубокое понимание процессов рудообразования имеет существенное значение для изучения структур эндогенных месторождений.

---

Я.Н.БЕЛЕВЦЕВ, Н.П.ГРЕЧИШНИКОВ

## СТРУКТУРЫ МЕТАМОРФОГЕННЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ И МЕТОДЫ ИХ ИЗУЧЕНИЯ

Метаморфогенные месторождения железа, марганца, меди, никеля, урана, слюды, кианита, графита, золота и других полезных ископаемых занимают ведущее место в мировой экономике. Они размещаются в основном в пределах докембрийских щитов и образованы в связи с проявлением в докембрийское время метаморфических и ультраметаморфических процессов.

В классе метаморфогенных месторождений выделяются подклассы метаморфизованных, метаморфических и ультраметаморфических месторождений. К первому из них относятся месторождения, возникшие до метаморфизма, но претерпевшие преобразования в условиях различ-



ных фаций регионального метаморфизма; ко второму – месторождения, образующиеся при региональном метаморфизме; к третьему – месторождения, формирующиеся под действием рудоносных растворов, поднимающихся из зон гранитизации.

Различие процессов, обуславливающих образование выделенных подклассов месторождений, определяет особенности элементов их рудоконтролирующих структур.

Метаморфизованные месторождения, как правило, размещаются в толщах метаморфизованных вулканогенно-осадочных пород, собранных в различные складки крупных размеров. Так, относящиеся к к этому подклассу месторождения хлорит-гематит-магнетитовых кварцитов и золото-ураноносных конгломератов приурочиваются к сложнопостроенным синклиориям с круто- или пологопадающими крыльями.

Метаморфические месторождения также в большинстве случаев размещаются в толщах метаморфизованных вулканогенно-осадочных пород; они приурочиваются к локальным складчатым и разрывным элементам структур, обуславливающим перераспределение и концентрацию рудного вещества внутри толщ пород при их метаморфизме. Принадлежащие к этому подклассу месторождения богатых гематит-магнетитовых руд приурочиваются к наложенным по более ранним продольным сжатым и поперечным открытым складкам, флексурам, междугорным пережикам, разрывным нарушениям.

Ультраметаморфические месторождения в большинстве случаев располагаются в зонах крупных разломов и контролируются различными сочетаниями разрывных нарушений, а также складчатыми образованиями, осложненными тектоническими трещинами. Входящие в этот подкласс месторождения редкометалльных альбититов приурочиваются к сопряжениям основных швов разломов с оперяющими разрывными нарушениями, к разветвлениям разрывных нарушений, к сочленениям нарушений различных направлений, к единичным разломам в местах их изгибов, к замковым частям и крыльям крутопадающих синклинальных складок, осложненных разрывными нарушениями.

Изучение структур метаморфогенных месторождений осуществляется путем геологического картирования рудоносных районов в масштабах от 1:1000 до 1:25000. При этом выделяются складчатые и разрывные рудоконтролирующие структуры различных уровней (определяющие положение рудных зон, рудных полей, месторождений, руд-

ных тел, рудной минерализации в рудных телах).

Основными методами изучения структур метаморфогенных месторождений являются геометрический анализ складчатости, выделение различных типов тектонитов, составляющих зоны разломов, установление вертикальной структурной зональности разломов, микроструктурный и тектонофизический анализ, определение физико-механических свойств пород, моделирование структур на эквивалентных материалах и поляризационно-оптическим методом.

---

А.А.ПЭК

### ВЗАИМОСВЯЗЬ СТРУКТУРНЫХ И ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ В ФОРМИРОВАНИИ ГИДРОТЕРМАЛЬНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Представление о том, что структурный контроль гидротермального оруденения основывается на способности геологических структур контролировать пути движения гидротермальных растворов является общепризнанным. Поскольку речь идет именно о движении растворов, анализ предполагаемой "раствороконтролирующей" способности геологических структур составляет, очевидно, гидродинамическую проблему. Соответственно, решение этой проблемы, т.е. определение гидродинамического строения гидротермальных потоков в зависимости от структурной обстановки развития гидротермального процесса, может быть терминологически определено как "гидродинамический анализ" структурных условий гидротермального рудообразования.

Практическая задача "гидродинамического анализа" заключается в определении на основании общих законов гидродинамики поля фильтрации гидротермальных растворов в реконструированной структурно-фильтрационной обстановке рудоотложения. Эффективным математическим средством, позволяющим наиболее просто решить эту задачу, является метод электрического моделирования фильтрации на основе электрогидродинамической аналогии (сокращенно ЭГДА).

С использованием метода ЭГДА были проанализированы типовые схемы гидродинамического строения гидротермальных потоков контролируемых разрывными тектоническими структурами. Исследование полученных сеток фильтрации показало, что глубоко проникающие



разломы земной коры играют в отношении восходящих потоков гидротермальных растворов роль региональных дренирующих структур. В случае вертикального разлома, достигающего земной поверхности, масштабы гидродинамического стягивания в зону разлома глубинного рассеянно восходящего потока определяются глубиной проникновения разлома и его фильтрационной проводимостью (сравнительно с проницаемостью вмещающих пород). Максимально такой разлом может дренировать фронтально восходящий поток в полосе, равной удвоенной глубине разлома. При этом степень концентрации течения в зоне разлома может возрасти сравнительно с интенсивностью глубинной питающей фильтрации в тысячи раз.

Если разлом по восстанию ограничен и не достигает земной поверхности, то контролируемый разломом поток приобретает трехчленное строение. В нижней части структуры сохраняется режим стягивания растворов из вмещающих пород в зону разлома, в верхней части — развивается режим растекания растворов из зоны разлома во вмещающие породы, в средней части — происходит смена гидродинамических режимов. Таким образом, в гидродинамическом отношении фильтрационно ограниченные по восстанию разломы играют одновременно роль дренирующих и подводящих рудообразующие растворы структур.

Рассмотренные схемы движения гидротермальных растворов, наряду с их конкретным содержанием, направленным на гидродинамическую интерпретацию рудоконтролирующей роли разрывных тектонических нарушений, наглядно иллюстрируют действие общих принципов взаимосвязи структурных и гидродинамических условий гидротермального рудообразования.

Сопоставление приведенных схем движения растворов показывает, что локальные структурно-фильтрационные и гидродинамические характеристики, соответственно, области фильтрации и поля фильтрации связаны друг с другом неоднозначно. Поле фильтрации самоорганизуется в области фильтрации как динамическая система, в которой значения всех локальных параметров и переменных течения взаимосвязаны. Соответственно, характер движения растворов в любом структурообразующем элементе области фильтрации оказывается в зависимости от ее структурно-фильтрационной характеристики как целого.

Наряду с "внутренней" структурно-фильтрационной характери-

стикой области фильтрации, решающее влияние на гидродинамическое строение поля фильтрации оказывают действующие на его границах граничные условия. Они определяют характер динамических взаимосвязей исследуемой области с "внешним" полем фильтрации гидротерм.

Таким образом, хотя структурные и гидродинамические условия формирования гидротермальных месторождений несомненно взаимосвязаны, конкретный характер их взаимосвязи зависит от структурно-гидродинамических условий развития гидротермального процесса в гидротермальной системе как целом. Соответственно, перспективы развития "гидродинамического анализа" оказываются тесно связанными с теоретическими исследованиями по разработке структурно-гидродинамических моделей гидротермальных систем.

---

Ш.Д.ФАТХУЛЛАЕВ, В.Д.ПАРФЕНОВ

#### ОСНОВНЫЕ ВОПРОСЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ СТРУКТУР РУДНЫХ ПОЛЕЙ И МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Моделирование структур рудных полей и месторождений проводится с целью выяснения напряженного состояния, деформаций горных пород и механизма образования рудоносных геологических структур, что в конечном счете позволяет более целенаправленно проводить поисково-разведочные работы.

Среди современных методов моделирования структур рудных полей и месторождений наиболее важным является метод фотомеханики: он позволяет весьма наглядно и быстро выявлять в модели ориентировку, относительную величину напряжения и деформаций, соответствующих таковым в природных объектах.

Фотомеханическое моделирование проводится с соблюдением условий теории подобия и использованием геологических данных относительно типа перемещений, деформаций или напряжений, действующих по границам моделируемых структурных блоков, т.е. данных, позволяющих задавать перемещения или напряжения на контуре модели. Этим достигается соответствие механизма деформации модели механизму деформации, определивших структуру рудного поля.

Метод фотомеханики был использован для выяснения неясных



сторон механизма образования рудоносных структурных блоков Кармазара, ограниченных разрывами, для выявления тектонических полей напряжений в зонах разломов, узлах их пересечений (например, сочленения Бирюзового и Окурдаванского разломов) и других местах структурно-благоприятных для циркуляции растворов и рудоотложения.

В результате совместного анализа данных структурных, микро-структурных исследований и лабораторного фотоупругого моделирования было установлено следующее:

1. При деформации в зонах разрывов, литологических и прочих контактов отмечается значительное увеличение касательных напряжений, что приводит к образованию разрывов и трещин различного порядка: от региональных до микроскопических, служащих путями циркуляции рудоносных растворов.

2. Строение локальных полей напряжений определяется различного рода факторами: размером и морфологией тектонических блоков, физико-механическими свойствами слагающих их пород, особенностями кинематики процесса деформации и разрушения и т.д. Для практических целей весьма важно выявление границ распространения однородных полей напряжений (деформации), которые нередко совпадают с границами самостоятельных структурных блоков.

Кроме того, использование методов моделирования структур рудных полей и месторождений позволяет более обоснованно решать вопросы этапности и последовательности формирования элементов структуры рудного поля, дает возможность выяснить особенности дорудной и внутрирудной тектоники, выявить закономерности изменения локальных полей напряжений в зависимости от изменения региональной тектонической обстановки, а также способствует более глубокому пониманию взаимоотношений тектонического режима с физико-химическими условиями и стадийностью процесса рудоотложения.

В настоящее время появилась возможность решения объемных задач методом фотомеханики. Это позволяет выяснить закономерности изменения тектонического поля напряжений на глубину, способствует прогнозированию скрытого оруденения.

Возможности метода фотомеханики показаны на примерах моделирования регионального позднегерцинского поля напряжений юго-западного Кармазара и частных полей напряжений отдельных месторождений и разрывных узлов.

По результатам моделирования на основании коррелятивных связей позиций оруденения с тектоническими напряжениями можно давать косвенную приближенную количественную оценку роли тектонического фактора.

Г.В.ТОХТУЕВ, А.Я.ХОДОРОВСКИЙ, В.Н.ШЕВЧУК, А.М.БАНДУР, Б.Г.МАЧУЛА

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ДЕФОРМАЦИИ И РУДООБРАЗОВАНИЯ НА ГОРНЫХ ПОРОДАХ

Тесная пространственная и генетическая связь процессов деформации горных пород и эндогенного рудообразования общепризнана. Тектонические деформации в значительной мере определяют форму и размеры рудных тел, участки их размещения, содержание полезного компонента и другие особенности вещественного состава пород и руд. Процессы эндогенного рудообразования, температура и состав растворов, их количество и другие параметры также оказывают существенное влияние на деформацию горных пород.

3805  
Результат взаимодействия совокупности различных факторов, судя по данным И.В.Лучицкого и др. (1976), зависит не столько от их абсолютных значений, сколько от их соотношений и предсказать его заранее, как правило, невозможно.

Наиболее эффективным методом, позволяющим совместно изучать процессы образования структур и эндогенного рудообразования, является моделирование этих процессов на монолитных образцах горных пород при температурах и давлениях, соответствующих условиям образования изучаемых месторождений.

Существующая аппаратура (Ушаков, 1977; Волярович и др., 1979 и др.) не предназначена на решение таких задач. Поэтому нами была разработана установка, рассчитанная на создание всестороннего давления до 2,5 кбар, осевого давления до 3-3,5 кбар, температур до 300-350°C, с одновременным пропусканием через образец растворов. Растворы подаются под давлением до 2 кбар, а их состав определяется составом растворов, участвовавших в формировании изучаемого месторождения. Образцы имеют цилиндрическую форму диаметром до 40 мм и длиной до 60 мм. Продолжительность эксперимента до 100 часов.



Установка состоит из камеры высокого давления, устанавливаемой на гидравлическом прессе типа П-250 с усилением до 250 т и насосной станции высокого давления (НСВД-2500), соединяемой трубопроводами с функциональными органами камеры высокого давления. Для длительной непрерывной работы пресс снабжен маслоохладителем и стабилизатором давления.

Камера высокого давления состоит из основания, однослойного силового цилиндра, крышки и блока осевого нагружения. Образец помещается в тонкостенный медный контейнер, закрытый с одной стороны штоком, а с другой - корпусом основания.

Всестороннее давление создается маслом, нагнетаемым насосной станцией по трубопроводу через крышку камеры высокого давления. Величина давления контролируется манометром.

Нагнетанием масла в полость блока осевого нагружения приводится в движение поршень блока и шток, посредством которого передается давление на образец.

Жидкость в образец подается через отверстия и канавки в штоке; при этом поровое давление не должно превышать всестороннего давления, иначе произойдет разгерметизация образца. Пройдя через образец, жидкость выводится наружу через отверстия в корпусе основания к трубопроводу. Величина противодействия регулируется стабилизатором давления.

Для изучения изменений физико-механических свойств пород может использоваться существующая радиоэлектронная аппаратура.

Разработанная установка позволит уточнить структурно-геохимические условия формирования эндогенных месторождений.

---

Х.А.АКБАРОВ

#### ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЕОЛОГО-СТРУКТУРНЫХ ФАКТОРОВ ПРИ ДЕТАЛЬНОМ КОЛИЧЕСТВЕННОМ ПРОГНОЗИРОВАНИИ ЭНДОГЕННОГО ОРУДЕНЕНИЯ В РУДНЫХ ПОЛЯХ

Высокая стоимость глубинных поисков требует разработки рациональных методов, при помощи которых можно с наибольшей эффективностью и наименьшими затратами найти скрытое на глубине ору-

денение. Выполнение этих задач во многом зависит от неуклонного совершенствования методики поисков и разведки месторождений полезных ископаемых. Важное значение в этой проблеме имеет изучение геолого-структурных условий и факторов локализации оруденения и составляемые по их результатам детальные структурно-прогнозные карты, обеспечивающие конкретизацию прогноза, достаточную для уверенного направления глубокой поисковой разведки.

Под детальным (крупномасштабным, конкретным, локальным) количественным прогнозированием понимается система геологических исследований, в результате которых определяется место, форма, условие залегания, а также прогнозные запасы тел полезного ископаемого с точностью, обеспечивающей проектирование поисково-разведочных работ. Сущность методики заключается в последовательном применении принципа "числа и меры" к оценке геологических образований и факторов, определяющих размещение эндогенного оруденения в структурах разного масштаба. Методы геолого-структурного анализа рудных полей и изучение геолого-структурных факторов локализации оруденения представляют собой одну из существенных составных частей общей методики крупномасштабного количественного прогнозирования.

При крупномасштабном количественном прогнозировании скрытого оруденения последовательно выполняются следующие задачи:

- 1) составляются карта фактического материала, а также кондиционная геологическая карта (карта-основа) рудного поля и изучаются методом картирования складчатые и разрывные структуры, определяются позиция рудного поля, кинематика тектонических деформаций этапа рудоотложения и степень деформированности пород, составляются модели рудного поля и устанавливается напряженное состояние его структур и участков;
- 2) изучаются поисковые критерии и признаки оруденения, — изменчивость и распределение их в геологическом пространстве; изучаются путем применения математико-статистических методов и ЭВМ характер и мера связи оруденения с каждым данным критерием и признаком;
- 3) изучаются рудные тела, составляется систематика их морфогенетических типов и определяется относительная значимость выделенных типов по заключенным в них запасам;
- 4) производится геолого-структурный анализ условий размещения оруденения и выделяются и изучаются стратиграфо-литологические, структурно-тектонические, минералого-геохимические, гео-



морфологические, эрозионного среза, а также другие факторы, ус-  
танавливаются интенсивность и экстенсивность проявления непре-  
рывных и дискретных геологических образований, факторов и приз-  
наков путем их геометризации и количественной оценки, на струк-  
турных и тектонических картах выделяются однородно-геологиче-  
ские блоки (позиции) и производится интегральная оценка их по  
перспективности; 5) составляется комплект карт (геологическая,  
карта фактического материала, тектоническая, структурная, мета-  
соматических изменений вмещающих пород, минералого-геохимиче-  
ская, деформированности пород и др.) и на их основе составляется  
геолого-прогнозная карта с выделением конкретных перспектив-  
ных площадей для постановки поисково-разведочных работ.

Разработка методов количественной оценки прогнозных запа-  
сов рудных полей на основе геолого-структурных факторов приобре-  
тает в настоящее время особое значение, в связи с необходимостью  
резкого повышения эффективности поисково-разведочных работ. Они  
разрабатываются и успешно применяются сотрудниками САИГИМС, ЦНИГРИ,  
ВСЕГЕИ, МГУ, КазИМС, СНИИГТИМС и ряда других научно-исследователь-  
ских институтов и коллективами производственных организаций.

Методы геолого-структурного анализа и крупномасштабного ко-  
личественного прогнозирования эндогенного оруденения постепенно  
совершенствуются. Использование этих методов в практике геолого-  
разведочных работ на протяжении 30-40 лет способствует расшире-  
нию и укреплению сырьевой базы многих действующих горнорудных  
предприятий.

---

Ю.Г.САФОНОВ, В.И.ЗАВАЛИН, Е.В.АКИМОВА, В.И.МИКЛЯЕВ

#### МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОСМИЧЕСКИХ СНИМКОВ ПРИ ИЗУЧЕНИИ СТРУКТУР ЭНДОГЕННЫХ РУДНЫХ ПОЛЕЙ И МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Широкий набор разномасштабных космических снимков рудноос-  
ных территорий, высокое разрешение качественных космоснимков и  
получение фотоизображений земной поверхности в избранных обла-  
стях спектра - эти и другие свойства космофотоснимков позволяют  
использовать их для решения ряда задач при исследовании структур  
рудных полей и месторождений.

Проведенные методические исследования в районах Карамазара

(Ср. Азия), Прибалхашья и Забайкалья показывают, что информация, получаемая при дешифрировании космофотоснимков, позволяет по-новому подойти к изучению:

- геолого-структурной позиции эндогенных рудных полей и месторождений;

- основных рудоконтролирующих структурных элементов и локальных рудоносных структурных форм земной коры, вмещающих образование.

Черно-белые космические фотоснимки (КС) представляют значительную информацию по разрывным нарушениям различных масштабных уровней. Выявляются связи локализации месторождений не только с конкретными нарушениями, но и полями разрывных нарушений одного порядка, характеризующимися определенной общей плотностью развития разломов и трещин, преобладанием разломов тех или иных систем и т.д. Для выявления таких закономерностей используются специальные приемы обработки данных структурного дешифрирования КС.

Общая информативность средне- и крупномасштабных КС для целей исследования разрывных нарушений оценена как в 4-5 раз большая по сравнению с геологическими картами того же масштаба. Помимо дополнительных возможностей изучения закономерностей площадного развития рудоконтролирующих разрывных нарушений, КС в совокупности с геофизическими данными позволяют более определенно судить о глубинах заложения отдельных разломов и ограничиваемых ими рудоносных тектонических блоках.

Отображение на КС геологических тел различного состава, дешифрируемых по плотности фототона, текстуре изображения и другим признакам, обуславливает возможности использования КС в комплексе с аэрофотоснимками для уточнения общей структуры рудных полей.

Эффективность использования КС при исследованиях в конкретных рудных районах зависит от оценки информативности разновременных съемок: по сезонам и дневному времени, методических разработок по опознованию известных структурных элементов и определению дешифрировочных признаков. Как показывает опыт проведенных исследований, содержание этих разработок зависит от геологического строения рудоносных районов, их ландшафтных и общих физико-географических особенностей.

Опознование известных локальных рудоносных структурных форм



земной коры и основных рудоконтролирующих структурных элементов позволяет выявить геометрические и спектральные образы рудных полей и месторождений определенного типа.

Разработка представлений об образах рудных полей и месторождений, а на их основе методики опознавания рудоносных площадей различной степени эродированности открывает новые пути повышения эффективности поисково-прогнозных работ.

---

В.И. СТАРОСТИН

## ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ПЕТРОФИЗИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ПРИ ИЗУЧЕНИИ СТРУКТУР РУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Структурно-петрофизический анализ месторождений представляет собой систему методических положений, позволяющих с позиции современных достижений геологической и некоторых направлений в других науках (физике, электронике, химии, механике и др.) проводить полный структурный анализ месторождений полезных ископаемых, выявить геодинамические и петрофизические условия их формирования, определять роль физико-механических свойств в локализации руд и выделять основные этапы в эволюции рудовмещающих структур. Структурно-петрофизический анализ месторождений (СПАМ) базируется на данных детального геологического картирования, микроструктурных, тектонофизических и петрофизических исследований.

Одним из главных петрофизических методов, используемых в СПАме, является ультразвуковой структурный анализ пород и руд (УСАПИР). Он основан на теоретически установленной и экспериментально проверенной закономерной взаимосвязи упругих свойств и структуры горных пород и руд.

При СПАме решаются следующие вопросы: 1) восстанавливаются палеотектонические поля напряжений. Это производится по анизотропии упругих свойств, складчато-разрывным деформациям и микроструктурным ориентировкам; 2) выделяются палеотектонические поля разного возраста на основании гетерогенности проявления деформационных процессов в пространстве и времени и особенностей геологического строения исследуемых объектов; 3) устанавливаются

ся деформационные механизмы для последовательных этапов формирования рудовмещающих структур. Для этих целей используются сочетания палеотектонических полей напряжения и структурных парагенезисов; 4) оценивается роль гидротермально-метасоматических и метаморфических изменений в структурообразовании на базе исследования закономерностей изменения физико-механических свойств в связи с различными типами метаморфогенных процессов; 5) производится оценка структурной равновесности в рудовмещающих метаморфических комплексах с помощью параметров, характеризующих пространственную ориентировку индикатрисы упругих свойств; 6) осуществляется фациальное расчленение магматических комплексов по данным петрофизических характеристик пород; 7) намечаются структурно-петрофизические и геодинамические барьеры рудоотложения — образования, благоприятные для рудозамещения по комплексам физико-механических свойств; 8) производится моделирование всех видов (физическое и математическое) структур рудных полей, месторождений и отдельных залежей. Основой подобного исследования являются установленные палеотектонические поля напряжений и петрофизические данные (в форме карт, схем и разрезов); 9) вводятся новые структурно-петрофизические предпосылки, используемые при составлении прогнозно-металлогенических карт.

Из обширного набора петрофизических методов в СПАМе используются прежде всего те, в основе которых применяются физические и механические свойства, оказывающие существенное влияние на формирование структуры и условия локализации конкретного генетического типа месторождений.

Так, при изучении рудных образований, залегающих в комплексах пород, метаморфизованных до амфиболитовой или гранулитовой фаций, мало информативными являются данные о пористости, структуре порового пространства и проницаемости. В то же время важными параметрами для данных условий будут: плотность, упругость, теплофизические и некоторые другие свойства.

При исследовании гидротермальных, скарновых, грейзеновых и альбититовых месторождений целесообразно определять следующий комплекс свойств: плотность, пористость, проницаемость, динамику насыщения пород жидкостями, твердость, упругость, прочность и магнитные свойства.

Новым параметром, позволяющим исследовать рудовмещающие структуры, является индикатриса упругих свойств. Ее формы и про-



пространственная ориентировка зависят от минерального состава, текстурно-структурных особенностей, степени рассланцевания и наложенной мелкой складчатости.

На рудных полях, приуроченных к метаморфическим толщам, выделяются индивидуализированные типы индикатрис, встречающиеся только в пределах: брахиформных складок, линейной складчатости, зон вторичного рассланцевания, участков развития отдельных литологических разновидностей пород (различные по составу гнейсы, кристаллические сланцы, мигматиты и т.д.) и рудовмещающих горизонтов, пачек и толщ пород. Примером подобных объектов могут служить месторождения мусковитовых пегматитов Северной Карелии, залегающие в породах беломорского комплекса.

Структурно-петрофизические исследования на Белоусовском колчеданно-полиметаллическом месторождении (Иртышская зона смятия, Рудный Алтай) позволили установить, что современная структура его сформировалась в два периода: осадочно-эпигенетическо-вулканогенный и тектоно-метаморфогенный. В первый период рудоотложение происходило в линейной вулкано-тектонической депрессии, а во второй в течение трех этапов происходила деформация и метаморфизм пород и руд. В результате структура приобрела форму антиформной складки, а руды были перекристаллизованы, дислоцированы и частично на отдельных участках переплавлены.

Другими примерами СПАМ'а являются месторождения Белоубинской зоны Рудного Алтая (Шубинское, Гусляковское и др.); Кацдагское на Кавказе; Оутокумпу, Виханти, Риконкоски и др. в Финляндии; Бор в Югославии и др.

---

П.Ф.СОПКО

## ГЕОЛОГО-СТРУКТУРНЫЕ МЕТОДЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ КОЛЧЕДАННОГО ОРУДЕНЕНИЯ

Колчеданные месторождения пространственно и генетически связаны с раннегеосинклинальными вулканогенными формациями, представляя продукт деятельности длительно развивавшихся рудномагматических систем. Выяснение истории эволюции этих систем и их современного строения необходимо для прогнозной оценки колчедан-

ноносности определенных рудных полей и рудных районов и направления поисковых работ.

Важнейшими членами колчеданообразующих рудоматматических систем, кроме концентраций самих колчеданных руд, являются дифференцированные субмаринные вулканогенные формации базальт-липаритового и базальт-андезит-дацит-липаритового состава. Нижняя часть этих формаций сложена нацело или почти нацело толщами базальтового и андезито-базальтового, иногда андезитового состава, а в верхах развивается неоднородная надстройка, возникавшая главным образом в результате извержений центрального типа, корреспондировавших резким изменениям флюидно-магматического режима рудно-магматической системы. Именно эта надстройка содержит практически все промышленные концентрации колчеданных руд. В некоторых случаях дифференцированная формация завершается контрастной базальт-дацитовой толщей, возникшей в результате трещинных излияний при значительной или решающей роли процессов ликвации в фракционировании исходного базальтового расплава. Такая толща составляет либо самые верхи формации, непосредственно перекрываясь вулканогенно-осадочной формацией андезито-базальтового состава, либо отделена от последней дифференцированными производными вулканизма центрального типа. Нужно иметь в виду, что ни в контрастных производных трещинного вулканизма, ни в перекрывающих андезито-базальтовых вулканогенно-осадочных формациях колчеданные месторождения не локализируются.

Колчеданосная дифференцированная надстройка характеризуется резкой неоднородностью состава и строения, отличаясь пестрым набором литологических и палеовулканических фаций и частым чередованием разномасштабных положительных и отрицательных синвулканических структурных форм. Среди последних главными являются вулкано-купольные и вулкано-кальдерные сооружения, контролируемые синвулканическими разрывными нарушениями длительного развития и сопровождающиеся радиальными и кольцевыми вулканическими трещинами. Внутренняя структура колчеданосных формаций и их отдельных частей предопределяет размещение внутри них колчеданного оруденения и, следовательно, имеет решающее прогностическое значение.

При прогнозе оруденения необходимо учитывать также интенсивность и характер послерудных деформаций, обуславливающих совре-



менное положение колчеданоносных частей формаций и колчеданных рудных тел или иногда изменявших морфологические и минералогическо-геохимические особенности последних.

Из изложенного следует, что прогноз колчеданоносности должен опираться, прежде всего, на фациальный анализ потенциально колчеданоносных формаций, на выявление и оконтуривание первичновулканических форм, на выяснение роли наложенных деформаций в современном положении и строении колчеданных рудных тел. Основными графическими документами, определяющими достоверность прогнознометаллогенических построений, должны служить палеовулканические и структурные карты рудных районов и геолого-структурные карты рудных полей на палеовулканической и палеофациальной основе.

---

А.А.ФРОЛОВ

#### ШТОКВЕРКОВЫЕ РУДНЫЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ И ОСОБЕННОСТИ ИХ ГЕОЛОГО-СТРУКТУРНОГО ИЗУЧЕНИЯ

Рудные месторождения штокверкового типа имеют большую промышленную перспективу. В них сосредоточены значительные запасы молибдена, вольфрама, олова, меди и других полезных ископаемых. Освоение их становится высокорентабельным за счет прогресса в горнообогатительной технике в условиях открытого способа отработки руд, обеспечивающего большие мощности горнодобывающих предприятий. В связи с этим проводится переоценка ряда месторождений вольфрама и олова, ранее известных как жильные (Богуты, Караоба, Кти-Теберда, Гемердон и др.).

Все структурные типы штокверков, развитых среди скарновых, грейзеновых и гидротермальных месторождений, можно объединить в шесть групп, рассматриваемых как структурные типы рудных полей: 1) штокверки в зонах разрывных нарушений и сопряженной с ними трещиноватости; 2) штокверки, контролируемые надинтрузивными зонами трещиноватости и апикальными выступами интрузивов; 3) сложной формы штокверковые залежи и зоны в участках трещиноватости среди горизонтов благоприятных пород; 4) кольцевые, конические и столбообразные штокверки в жерлах, кальдерах, субвулканических

интрузивах и трубках взрыва; 5) штокверки в апикальных грейзенизированных частях гранитных интрузивов; 6) штокверки комбинированного строения, обусловленного сочетанием нескольких структурных типов. Каждый структурный тип месторождений подразделяется на подтипы по особенностям внутреннего строения штокверка, удельной плотности рудных прожилков и их мощности.

В отличие от жильных месторождений и скарновых залежей штокверки характеризуются рядом структурных и вещественных черт, существенно влияющих на методику их изучения, разведки и отработки. Наиболее полное представление о строении рудного штокверка и закономерностях размещения оруденения может быть достигнуто путем применения комплекса геолого-структурных, петрофизических и минералого-геохимических исследований. При этом особую важность приобретают статистические данные по учету пространственной ориентировки рудных прожилков, их мощностей, морфологии, минерализации, позволяющие составить объективную картину внутренней структуры штокверков в изолиниях содержаний не только рудных компонентов, но и, как правило, находящихся в корреляционной связи с ними удельной плотности рудных прожилков, объема прожилковой массы, физико-механических свойств субстрата и других параметров. Весь этот комплекс детальных исследований на основе геологического картирования поверхности месторождения и в подземных горных выработках позволяет получить важные количественные данные в виде соответствующих накладок (в изолиниях рудных и структурных параметров штокверков) к геологической карте, погоризонтным и вертикальным разрезам месторождения, что в конечном итоге определяет наибольшую достоверность прогнозной оценки и высокую эффективность геологоразведочных работ.

На стадии детальных поисков и поисково-оценочных работ рекомендуется выполнять прогнозную оценку на основе геолого-структурных критериев, обеспечивающих экспрессность сопоставления выявленных рудопоявлений с уже разведанными однотипными месторождениями. При этом целесообразно использовать следующие критерии: размер выхода материнского гранитного массива, форма его апикальной части, структурная позиция оруденения относительно гранитного массива, степень сложности строения и состава рудовмещающего разреза, структурно-морфологический тип рудных тел, размер штокверковых полей, объем прожилковой массы, тип и ориентировка рудо-



носных трещин, наличие внутрирудных даек и структурных экранов.

Х.А.АКЕАРОВ, С.И.ИБАДУЛЛАЕВ, Л.А.БЫКОВ, Т.М.МАРИПОВ,  
М.У.УМАРХОДЖАЕВ, Д.С.МУКИМОВА, Ш.Д.ФАТХУЛЛАЕВ, Л.А.ИСМАТУЛЛАЕВА

## МЕТОДЫ ИЗУЧЕНИЯ СТРУКТУР ГИДРОТЕРМАЛЬНЫХ РУДНЫХ ПОЛЕЙ И МЕСТОРОЖДЕНИЙ СРЕДНЕЙ АЗИИ

Основным методом структурного анализа рудных полей и месторождений является крупномасштабная (1:10000 - 1:500) специализированная геолого-структурная съемка, которая дополняет обычные съемки, проводимые на стадиях поисково-оценочных и геологоразведочных работ. Если при металлогенических исследованиях главное внимание уделяется рудоподводящим и отчасти рудораспределяющим структурам, то при геолого-структурном анализе рудного поля основными объектами изучения становятся рудораспределяющие и рудовмещающие структуры. В развитие идей В.И.Смирнова при изучении позиций рудных полей необходимо также выделять рудомаркирующие структуры. При этом рудоконтролирующие структуры рассматриваются как закономерная совокупность структурных элементов нескольких порядков, получающих комплексные геолого-структурные и минералого-геохимические характеристики - раздельные и суммарные. В связи с этим предусматривается детальная документация складчатых структур и изучение разрывных структур с выделением притертых, скользящих и приоткрытых в момент рудообразования граней сместителя.

Известны многие методики составления геолого-структурных карт рудных полей. Предпочтительны карты, выражающие исторический ход структурообразования. Наряду с ними для целей прогнозирования существенное значение имеют специализированные структурные карты, которые составляются для рудных полей на основе всех предшествующих съемок и показывают (системами изолиний) закономерную пространственную изменчивость рудовмещающей среды. Обычно структурные съемки рудного поля дополняются локальным структурным анализом ряда разведочных горизонтов. При этом все большее значение приобретают методики геометризации форм рудных тел и рудоконтролиру-

ющих структур. В частности, типовой комплект крупномасштабной структурной графики содержит: 1) системы изострат для первичных рудоносных (или рудоконтролирующих) структур рудных полей и месторождений; 2) изогипс для пологих форм и 3) изолонг для крутопадающих форм - разломов и других рудоконтролирующих поверхностей. Методика геометризации распределения оруденения эффективна при составлении прогнозных структурных планов.

Большую роль в структурном анализе условий локализации и изучении процессов структурообразования играет метод оптического моделирования. Простейшие структурные элементы и принципиальные структурные схемы рудных полей можно моделировать с применением полупрозрачных оптически активных материалов.

При изучении структур рудных полей, выяснении условий локализации оруденения и решении соответствующих задач для прогнозирования скрытого оруденения играют математические методы. Они позволяют оценить числом и мерой структурные факторы размещения эндогенных руд.

Эндогенные рудные поля Тянь-Шаня объединяются в четыре геолого-структурные группы: 1) рудные поля с преобладающим влиянием элементов складчатых структур на размещение оруденения (складчатые); 2) рудные поля с преобладающим влиянием элементов разрывных структур на размещение оруденения (разрывные); 3) рудные поля с преобладающим влиянием на размещение оруденения элементов контактовой поверхности интрузивных тел (контактовые); 4) рудные поля, на размещение оруденения в которых оказывали влияние элементы складчатых, разрывных структур и контактовых поверхностей интрузивных тел (комбинированные). Методы изучения выделенных геолого-структурных групп рудных полей имеют специфические различия.

Результаты исследований по изучению структурных условий локализации оруденения составляют основу детального количественного прогнозирования эндогенных руд на рудных полях и месторождениях Средней Азии.



АНАЛИЗ СТРУКТУРНЫХ ВЗАИМОСВЯЗЕЙ  
В СИСТЕМЕ "ИНТРУЗИВ-НАДИНТРУЗИВНАЯ ЗОНА" (ИНЗ)

Система ИНЗ проявлена в определенной части неугнетенной зоны земной коры, где могут развиваться относительно замкнутые скрытовулканические явления. Их структурообразующая и рудолокализирующая роль характеризуется положением многих эндогенных месторождений на замыкании тепло-массогенерирующих штоково-купольных частей гипабиссальных интрузий.

Тесная генетическая и пространственно-временная связь становления интрузий, процессов контракции, формирования месторождений, развития метасоматоза и рудоотложения определенно указывают на локальные источники рудного вещества и тектонические условия рудообразования для внутриинтрузивных и эндо- и экзоконтактовых рудных объектов. В целом вокруг остывающих интрузивов и прилегающих вмещающих пород возникали локальные поля тектонических напряжений, имеющие сложную природу в связи с последовательным становлением на глубину массива в целом и его "слоев": процессами кристаллизации магмы (усадка), охлаждения массива (усадка и контракция), концентрации и разрядки напряжений в нем (глубинная контракция) и возникающим в связи с этим на каждом этапе подсводовым сдвижением горных пород в кровле массива и его надинтрузивной зоне.

В системе ИНЗ основная масса руд находится в кварцевых и кварц-полевошпатовых жилах и прожилках выполнения, развитых в определенном рудоносном блоке, охватывающем верхние части интрузии и надинтрузивную зону. Эти жилы и прожилки, а также внутрирудные дайки связаны своей корневой частью с автометасоматически измененными материнскими интрузиями и как бы служат каркасной решеткой этой новой послемагматической структуры. Динамика ее формирования была тесно связана со становлением интрузии, а также с поздне- и постмагматическими процессами, сопровождавшимися мобилизацией и локализацией руд. Все это и послужило геологическим основанием для выделения системы ИНЗ. Стремление к равновесию в условиях появления свободного объема и перепада Р, Т обеспечивало структурообразующее функционирование системы, поздне-

постмагматическое перераспределение вещества и его локализацию по порово-трещинным проводникам, главным образом, в жильно-штокверковой форме.

Границами такого рудоносного блока автономной деформации обычно являются сбросовые нарушения. В блоке выделяется несколько зон: нижняя - угнетенная, граница метасоматического рудосбора; выше - зона глубинной и слоевой контракции; затем - слоевой контракции и блокового обрушения, еще выше - интенсивного расслоения и самая верхняя - связанного опускания пород. Нижние две зоны развиваются в ядерной части интрузии. Обрушение в комбинации с расслоением отмечается в прикровлевой части массивов и характерно для поздних пластообразных интрузий. Выше расположена область интенсивного расслоения, насыщенная пологопадающими линзами, жилами и прожилками, которая облекает массив и осложняется седловидными залежами вокруг его выступов. Отношение высоты зоны сдвижения к ее ширине как 1:2. Расслоения занимают до 60% всего объема усадки массива. Самая верхняя зона связанного опускания пород имеет мощность, примерно равную половине общей глубины усадки (в рассматриваемых случаях до 1-1,5 км). Ее границами являются сбросы.

---

В.А.НЕВСКИЙ

### ТРЕЩИНОВАТОСТЬ ГОРНЫХ ПОРОД РУДНЫХ ПОЛЕЙ И МЕСТОРОЖДЕНИЙ И МЕТОДЫ ИХ ИЗУЧЕНИЯ

Наблюдается значительное разнообразие типов трещин в рудных полях и на месторождениях. Всего нами выделяется 13 типов трещин. Среди них широко распространены трещины: 1 - тектонические; 2 - термической контракции; 3 - связанные с локальными радиальными дислокациями, при внедрении магматических расплавов; 4 - литогенетические. Некоторые наиболее поздние трещины рудных полей относятся к послерудным.

В рудных полях в пределах чехлов платформ и срединных массивов преобладают литогенетические трещины отрыва. В складчатых поясах главными являются тектонические трещины скалывания и отры-



ва.

В рудных полях, сложенных магматическими породами, выделяются более ранние первичные трещины и наложенные тектонические, количественные соотношения между которыми меняются в широких пределах. К первичным относятся трещины термической контракции и связанные с локальными радиальными дислокациями.

Наиболее сложная трещиноватость отмечается в рудных полях и месторождениях, приуроченных к вулкано-тектоническим депрессиям. Здесь помимо преобладающих тектонических трещин, а также контракционных и связанных с локальными радиальными дислокациями, известны пластовые, литогенетические, сложные дуговидные трещины скалывания, разгрузки и возникающие при проведении взрывных работ.

В специфической геологической обстановке иногда важное значение приобретают трещины, возникающие при локальном увеличении объема пород, связанные с формированием диапировых куполов и гравитационные.

Разнообразная трещиноватость на месторождениях штокверкового типа. Рудные прожилки на них могут быть приурочены: 1 - к тектоническим трещинам скалывания и отрыва; 2 - к контракционным трещинам отрыва; 3 - к трещинам радиальной и концентрической ориентировки; 4 - к трещинам различной генетической природы.

Оруденение в месторождениях часто приурочено к зонам максимальной деформированности пород. Намечается семь структурных типов таких зон.

Методы изучения трещинной тектоники.

- 1 - специфические особенности трещин скалывания и отрыва, позволяющие различать их непосредственно в обнажениях. Различать их помогает также знание геологических и физико-географических условий их формирования, тип трещиноватых пород и их отдельность.
- 2 - задачи, решаемые в процессе изучения трещиноватости.
- 3 - методы изучения трещиноватости. Общие положения.
- 4 - метод беглого изучения - достоинства и недостатки.
- 5 - метод картирования. Сущность метода.
- 6 - статистический метод - достоинства и недостатки. Сущность метода. Особенности метода при работе на поверхности и в подземных горных выработках. Обработка собранного материала. Нанесение на диаграмму кроме полюсов трещин дополнительных данных. Анализ

круговых диаграмм ориентировки трещин. 7 - метод зарисовок. Роль метода. Применение фотографий. 8 - методы изучения крупных трещин. Типы крупных трещин, их морфология и внутреннее строение. Выявление и прослеживание трещин. Специфика статистического метода при изучении крупных трещин. Метод зарисовок, метод изолонгов, метод поперечных профилей. Методы изучения истории развития крупных трещин.

---

В.Ф.ЧЕРНЫШЕВ, А.С.КУЛЬНЕВ

РЕКОНСТРУКЦИЯ ПАЛЕОТЕКТОНИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ НАПРЯЖЕНИЙ  
С ПОМОЩЬЮ МИКРОСТРУКТУРНОГО АНАЛИЗА (НА ПРИМЕРЕ  
СКАРНОВО-ШЕЕЛИТОВОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ИНГИЧКЕ В СРЕДНЕЙ АЗИИ)

На многих скарновых месторождениях формирование благоприятных для рудоотложения скарновых зон и наиболее высокотемпературных руд происходит в обстановке преимущественного малоамплитудного вязкого и псевдовязкого движения толщ мраморизованных карбонатных пород, вдоль контактов их с породами алюмосиликатного состава.

В таких условиях существенную помощь в выяснении структурных условий скарно- и рудообразования оказывает определение ориентировки деформационных осей сжатия и растяжения по положению в пространстве двойниковых пластинок и оптических осей зерен карбонатов в мраморе. Эта методика основана на существовании в кристаллической решетке этих минералов строго фиксированных направлений деформационного двойникования и трансляции. Теоретические основы и некоторые практические приемы построений метода рассмотрены в работах А.В.Пэка (Трещинная тектоника и структурный анализ, 1939); Л.И.Лукина и др. (Микроструктурный анализ, 1965); А.Н.Казакова (1967). Как известно, при слабых пластических деформациях оси напряжений по ориентировке в пространстве практически совпадают с осями деформации.

Необходимым элементом реконструкции палеотектонических полей напряжений в мраморах скарновых месторождений является выявление стадийности их пластической деформации, определение отно-



сительного возраста каждой из этих стадий и временного соотношения их со стадиями скарно- и рудообразования. Выявление стадийности деформации сводится к установлению временных соотношений пересекающихся двойниковых пластинок в зернах порообразующего карбоната. Поля напряжений определяются для каждой из стадий деформации породы отдельно.

Построение полей палеотектонических напряжений для контактовой зоны месторождения Ингичке позволило установить, что формирование скарновых зон здесь происходило в раннюю стадию пластической деформации мраморов, в условиях инверсионного поднятия блока месторождения, сопровождавшегося инерционно-гравитационным оползанием толщи мраморизованных известняков по полого падающей к югу кровле гранитоидного массива. При этом на более крутых интервалах северных склонов локальных субширотных прогибов кровли массива увеличивалась проницаемость мраморов и соответственно возникали скарновые зоны относительно большей мощности. На южных склонах таких прогибов относительно большая проницаемость мраморов и большая мощность скарнов возникали на пологих интервалах контактовой поверхности. Условия инверсионного поднятия блока месторождения сохранились и в период локализации в скарнах ранних ассоциаций щеелитовой минерализации. Формирование более поздней грейзеновой и сульфидной минерализации осуществлялось в обстановке преобладания надвиговых перемещений мраморов к северу в сторону апикальной части гранитоидного массива.

Построение полей палеотектонических напряжений с помощью микроструктурного анализа пока возможно по порообразующим кальциту, доломиту, бариту, ангидриту и некоторым разностям биотита, закономерности пластической деформации которых изучены достаточно для корректной динамической интерпретации их ориентировок.

---

ИЗУЧЕНИЕ ИЗМЕНЧИВОСТИ СООТНОШЕНИЙ СКЛАДЧАТЫХ, РАЗРЫВНЫХ,  
ИНЪЕКТИВНЫХ ДИСЛОКАЦИЙ В РУДНЫХ ПОЛЯХ ОРОГЕННЫХ  
И АКТИВИЗИРОВАННЫХ ОБЛАСТЕЙ КАК МЕТОД ВЫЯВЛЕНИЯ  
ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ РАЗМЕЩЕНИЯ ОРУДЕНЕНИЯ

Структуры рудных полей большинства гидротермальных месторождений являются комбинированными, поскольку в них сочетаются разрывные, блоковые, складчатые, а порой и инъективные тектонические формы и элементы, повлиявшие на локализацию оруденения. И хотя первенство среди них принадлежит дизъюнктивным дислокациям и блоковым структурам, важное значение пликативных и инъективных форм в размещении минерализации в пределах участков, месторождений, рудных полей и т.д. признается почти всеми исследователями. Автором предпринята попытка проанализировать на формационной основе характер изменчивости в пространстве и во времени соотношений между различными тектоническими формами на золото-серебряных месторождениях, ассоциирующих с различными вулканогенными формациями. При анализе во времени сравнивались структуры однотипных месторождений из однотипных же, но разновозрастных структурно-формационных зон, а также характер изменчивости интересующих соотношений на разновозрастных (и разнотипных) месторождениях в пределах одной металлогенической провинции. Анализ в пространстве предусматривал сравнение роли тех или иных тектонических форм в строении однотипных рудных полей из разновозрастных, но разнотипных структурно-формационных зон (островодужных, окраинно- и внутриматериковых вулканогенных поясов, вулканогенов, изолированных депрессий и т.п.). Кроме того, в пределах однотипных и разновозрастных областей сравнивались структуры месторождений, принадлежащих одной формации (минеральному, геохимическому типу), но располагающихся в различных зонах относительно осевых частей подвижных поясов (внутренней, внешней, фланговой, периферической).

Проведенный анализ позволил выявить направленность изменчивости соотношений складчатых, разрывных, инъективных тектонических форм на месторождениях благородных металлов, ассоциирующих с различными вулканогенными формациями и во времени, и в прост-



транстве. В общем случае она выражается правилом: чем древнее месторождение и чем ближе оно расположено к осевой части подвижной области, тем заметнее в нем роль пликативных дислокаций в локализации оруденения. Соответственно в более молодых и удаленных от осевых частей вулканогенов месторождениях очевидным становится решающее значение инъективных и разрывных дислокаций. Кстати, роль инъективных форм в размещении эндогенного оруденения до сих пор во многих случаях еще не дооценивается, что отрицательно сказывается на эффективности геологических исследований.

Изменчивость во времени выражается в более ярко выраженной роли складчатых форм в пределах рудных полей, расположенных в древних вулканогенных поясах по сравнению с молодыми. В пределах единых металлогенических провинций выявляется ослабление значения пликативных форм по сравнению с инъективными и дизъюнктивными от ранних проявлений к поздним, с одной стороны, и от расположенных во внутренних зонах подвижных областей к внешним, фланговым и периферическим, с другой. Кроме того, изменчивость в пространстве выявляется в усилении роли разрывной, инъективной тектоники, блоковых структур во внутриконтинентальных вулканогенных поясах, зонах активизации по сравнению с окраинно-материковыми и островодужными.

Изучение изменчивости соотношений различных по генезису тектонических форм (складчатых, разрывных, инъективных) в разновозрастных и разнотипных подвижных областях позволило понять многие закономерности размещения эндогенного оруденения в конкретных металлогенических провинциях, рудных районах, узлах и полях. Приводятся примеры. Использование выявленных закономерностей в практике должно повысить эффективность прогнозно-металлогенических исследований и геологоразведочных работ.

---

П.М.ГОРЯИНОВ, И.В.ДАВИДЕНКО

ТЕКТОНО-КЕССОННЫЙ ЭФФЕКТ - ГЕОДИНАМИЧЕСКАЯ ОСНОВА  
ФОРМИРОВАНИЯ СТРУКТУР РЯДА ЭНДОГЕННЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Подавляющую массу эндогенных месторождений, ассоциированных

с дробленными породами, обычно объясняют в связи с тремя классами геодинамических процессов:

- с тектоническим дроблением в зоне воздействия внешнего, всегда анизотропного, силового поля;
- с дроблением вследствие выщелачивания, гравитационного проседания и обрушения;
- с взрывным дроблением вследствие прорыва газонасыщенной смеси.

Ни один из них не является универсальным, и более того, моделирование рудного процесса на их основе сталкивается с непреодолимыми затруднениями. Так, в широчайшей генетической гамме эндогенных месторождений, начиная с хромитовых и медно-никелевых в основных-ультраосновных породах, месторождений трубок взрыва и массивов центрального типа, редкометалльно-полиметаллических и меднопорфировых месторождений вулканоплутонических систем, и кончая так называемыми телетермальными месторождениями активизированных зон, находящихся вне очевидной связи с магматическими комплексами, устанавливается, что:

- дробленные породы, независимо от предполагаемой принадлежности к одному из трех упомянутых выше геодинамических классов организованы одинаково. Так, игнибриты, лавобрекчии, агломераты, так называемые мантийные включения, брекчиевые трубки и нептунические дайки, "метасоматические псевдобрекчии" и карстовые брекчии "выщелачивания и обрушения" в основе своей организации несут черты объемного разъединения (на фоне относительных перемещений фрагментов или без него). Это свидетельствует о том, что формирование дробленных пород осуществлялось в твердом (кристаллическом или кристаллизующемся) субстрате при объемном разуплотнении системы.

Как правило, наиболее богатое оруденение фиксирует вновь созданные объемы, т.е. заполняет промежутки между обломками независимо от размера последних, играя роль "цементирующей" массы. Так формируются брекчиевидные руды (обломки псефитовой отдельности), штокверково-жилые рудные поля ("обломки" достигают десятков и сотен метров), а также так называемые замкнутые рудные пояса ("обломки" в десятки и сотни километров).

Обычно дробление и фиксирующее его заполнение происходят на одном и том же субстрате неоднократно, осуществляясь на фоне по-



степенного затухания процессов (уменьшения "последствий" дробления и замещения высокотемпературных ассоциаций низкотемпературными). Универсальность этого правила позволяет использовать его при корреляции важнейших событий формирования рудных объектов.

В основе рассматриваемых явлений - нарушение термодинамического равновесия системы вследствие вертикального подъема (всплывания) геоблоков или достаточно резкого снятия напряжений при тектонических разгрузках. Это нарушение и составляет существо так называемого тектоно-кессонного эффекта (Горяинов, Давиденко, 1979). Переход на более высокий термодинамический уровень, вызываемый снятием избыточного для системы давления сопровождается: разуплотнением и организацией новых объемов; выделением тепла за счет энергии связей, а в целом свободной энергии, избыточной в новых условиях (появление аномалий теплового потока); твердофазные полиморфные превращения (типа шпинель - оливин) и полимеризация (типа жадеит - нефелин - альбит), частично поглощающую выделенную энергию; возникновение более легкоплавкого (-растворимого) мобилизата как реакция системы на повышение температуры, полиморфный переход, понижение температуры плавления или растворения, на избавление системы от избыточного давления путем сбрасывания мобилизата, часто оказывающегося рудным; заполнение организованного пространства этим мобилизатом: расплавленным или растворным. Все эти явления можно проследить на месторождениях указанных типов.

Геологический и физико-химический смысл тектоно-кессонного эффекта позволяет выявить в ходе ретроспективного анализа ареалы его проявления, т.е. установить благоприятный геодинамический фон для размещения целого ряда эндогенных месторождений. Для этого наиболее благоприятными следует считать:

- стыки планетарных геоблоков с контрастным тектоническим режимом;
  - стыки разновысоких блоков, разделенных нередко гравитационной ступенью;
  - тектонические купола и контуры изометричных горстов;
  - фронтальные части надвиговых чешуй,
- ибо именно в этих структурах продолжительное время формируется и существует режим разуплотнения.

На основе обсуждаемой теоретической модели тектоно-кессонного эффекта предлагается система практических приемов по выявлению и изучению локальных и региональных рудоносных структур. Она включает выделение гравитационных ступеней и стыков геоблоков разного масштаба, обнаружение аномалий теплового потока, установление стадий брекчирования, появления мегабрехчий и зон объемного дробления.

---

Е.И.ПАТАЛАХА, А.В.СМИРНОВ

### ШОВНАЯ СКЛАДЧАТОСТЬ КАК ХАРАКТЕРНАЯ ФОРМА ДИСЛОКАЦИОННОГО ПРОЦЕССА И ЭНДОГЕННАЯ МЕТАЛЛОГЕНИЯ

Проблема металлогенического анализа, как известно, складывается из двух аспектов: регионального и локального. Региональный аспект решается путем составления металлогенических карт на тектонической основе (срединные массивы, эв- и миогеосинклинали, структурно-формационные зоны и т.п. элементы). В исследовании локального (среднемасштабного и детального) аспекта огромное значение приобретает структурный анализ, в частности разработка введенных недавно представлений о шовой складчатости как характерной форме дислокационного процесса (Паталаха, Смирнов и др., 1974).

Шовная складчатость является отражением разломов в структурах деформированных комплексов. Она обладает определенной вертикальной и горизонтальной зональностью, выражающейся изменением степени деформированности горных пород и динамометаморфических преобразований их вещества, постепенным переходом от первичной слоистой анизотропии стратифицированных толщ к вторичной кливажной и сланцеватой. Последовательность этих изменений может быть представлена в виде ряда тектонофаций. Метод тектонофациального анализа на примере палеозойд Казахстана разрабатывается.

Представление о локализации большинства эпигенетических рудных месторождений в зонах разломов общепринято. Давно подчеркнута связь многих месторождений, например полиметаллических месторождений Рудного Алтая (по мнению ряда геологов, — первично вулканогенных) с зонами смятия, которые представляют собой зоны



высших тектонофаций шовной складчатости, зачастую отмечается локализация месторождений в дизъюнктивах и определенных частях пликативных форм. Понятие о шовной складчатости и взаимосвязи ее структурных элементов открывает возможность создания общей теории структурного контроля рудных месторождений. Однако, для этого в описаниях месторождений, как правило, не приводится достаточно полной информации о структурных формах рудных полей и месторождений, как элементах структурного парагенезиса шовной складчатости.

В основу структурной классификации рудных месторождений, связанных с зонами шовной складчатости должен быть положен ряд тектонофаций, определяющих форму и структуру флюидодинамических рудообразующих систем. Проблема изучается, и сегодня в качестве примера мы укажем лишь на два четко выделяющихся и весьма распространенных структурных типа месторождений: 1) месторождения, локализованные в зонах низших тектонофаций (П-Ш), контролируемые системой хрупких разрывов и складок изгиба (например, Риддер-Сольное на Алтае) и 2) месторождения, локализованные в зонах высших тектонофаций (6,7,8), контролируемые зонами интенсивного расслаивания (район месторождений Алтая, Холзунское, Текели и др.). Внедрение метода тектонофаций в практику изучения рудных месторождений позволит создать более подробную классификацию. Указанные два типа в силу связи с различными структурными элементами, обладают различными и вполне определенными формами рудных тел, т.е. дают ключи для структурного прогноза при проведении поисковых и разведочных работ. Более того, удастся восстановить полный ряд структур месторождений соответственно ряду тектонофаций.

Помимо роли шовной складчатости как фактора формирующего структуру среды рудообразования, возможно существенное влияние на рудообразование процессов динамометаморфического преобразования вещества в физико-химическом плане. При динамометаморфизме выделяется большое количество воды, детальные геохимические исследования указывают на перераспределение и концентрацию рудных компонентов, сами сдвиговые деформации могут стимулировать некоторые химические реакции.

В целом совершенно очевидно, что проблема заслуживает того, чтобы ее ставить в крупном плане.

ТРЕЩИННАЯ ТЕКТНИКА ЭНДОГЕННЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ  
ЮЖНОГО СКЛОНА БОЛЬШОГО КАВКАЗА

В основу анализа механизма формирования мелкой трещиноватости, применяемой авторами, положен метод Р.Адлера и др.(1965) с некоторыми дополнениями, а именно:

- зарождение трещин рассматривается как результат интерференции упругих волн, форма и скорость распространения которых обуславливаются физико-механическими свойствами пород;
- с целью выявления роли анизотропии пород при образовании трещин учитывались расстояния между отдельными односистемными трещинами.

Исследование трещиноватости проводилось на ртутно-сурьмяно-мышьяковом, медно-полиметаллическом, молибден-арсенопиритовом, свинцово-цинковом и барит-полиметаллическом месторождениях и охватило все литологические разновидности рудовмещающих пород в пределах Южного склона Большого Кавказа. Проведенные работы показали, что:

1. Выделяются два плана деформаций - сопряженная со складчатостью и наложенная на нее.
2. Трещиноватость первого плана деформации одинаково интенсивно выражена во всех разновидностях пород, что объясняется существованием единого общекавказского плана деформации в течение длительного времени.
3. Ведущие рудолокализирующие структуры связаны со вторым планом деформации, которым вызвано развитие сложных систем разрывных нарушений относительно молодого возраста. Ориентация этого плана в пространстве почти совпадает с предыдущим.
4. Величина угла между сопряженными парами склоновых трещин не зависит от состава пород и в среднем составляет  $67-69^{\circ}$ .
5. Метод восстановления тектонических полей напряжений по ориентации острых углов между сопряженными трещинами скалывания (М.В.Гзовский, 1975), на примере изученных объектов, микросмещениями вдоль этих трещин не подтверждается.
6. Поверхность распространения упругих волн, в основном, имеет форму трехосного эллипсоида и эллипсоида вращения.



## ОСОБЕННОСТИ СТРУКТУР КОЛЧЕДАННЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ АРМЯНСКОЙ ССР

Главнейшие месторождения руд колчеданной формации Армянской ССР размещены в пределах двух вулканических зон: Алаверди-Кафанской (средняя юра – поздний мел) и Амасия-Севано-Акеринской (поздняя юра – средний эоцен).

Глубинное строение отдельных зон территории республики и специфика поэтапного развития вулканизма в их пределах определяются с одной стороны наличием относительно тонкого консолидированного основания, с другой стороны – мозаично-блоковой структуры, обусловленной развитием сети глубинных разломов. Формационно-фациальный анализ образований вулканических зон указывает на наличие гомодромных продуктов раннего этапа развития субмаринно-субаэрального вулканизма эвгеосинклиналей (островных дуг), который характеризуется непрерывно (базальт-андезит-дацит-липарит) и, отчасти, контрастно (базальт-липарит) дифференцированными формациями.

Анализ данных палеофациально-вулканологического картирования с использованием результатов дистанционного зондирования позволил среди киммерийской и альпийской вулканических зон установить рудно-магматические системы, а в их пределах – региональные колчеданосные вулканотектонические и локальные вулканические структуры (к последним пространственно приурочены метасоматические формации пропилитов, вторичных кварцитов, аргиллизитов и колчеданная минерализация), образующие соответственно рудные районы, рудные поля и месторождения. Промышленные концентрации рудного вещества преимущественно размещены на склонах вулканотектонических структур в сложном сочетании с крупными разрывными нарушениями.

Характерной особенностью структур колчеданных месторождений Армянской ССР является их блоковое строение, обусловленное развитием разрывных нарушений близмеридионального (СВ и СЗ) и близширокого направлений разного порядка. На месторождениях промышленное оруденение контролируется сравнительно крупными дизъюнк-

тивными нарушениями, к определенным частям которых тяготеют основные рудные тела или их группы.

Рудные тела морфологически представлены жилами, линзами, штоками, штокверковыми зонами, находящимися в сложных взаимопереходах в пространстве. Образование разных морфологических типов рудных тел обусловлено разной фациальностью, химическим составом и физико-механическими свойствами рудовмещающих пород. Перечисленные факторы предопределяют и особенности вертикальной и латеральной метасоматической зональности отдельных фаций гидротермальных изменений рудовмещающих пород.

Участки распространения вулканитов среднекислого состава с интенсивным развитием разрывных нарушений, сопровождаемых зонами гидротермальных метасоматитов в пределах крупных вулканотектонических структур, являются наиболее благоприятной средой для локализации колчеданного оруденения.

---

К.А.КАРАМЯН, Р.Н.ТАЯН, С.П.САРКИСЯН

#### ГЕОЛОГО-СТРУКТУРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ МЕДНО-МОЛИБДЕНОВЫХ РУДНЫХ ПОЛЕЙ И МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЗАНГЕЗУРСКОГО РУДНОГО РАЙОНА

Зангезурский рудный район (южный сегмент Памбак-Зангезурской структурно-металлогенической зоны) является областью средне-позднеальпийской складчатости с широким развитием промышленного медно-молибденового оруденения.

Медно-молибденовые рудные поля и месторождения формировались в постмагматический этап (средний-поздний миоцен), в завершающий период длительного становления сложнопостроенного, многофазного Мегринского плутона и мощного дайкового комплекса гранодиорит-порфириров, связанного с наиболее поздними порфировидными гранитоидами.

Проявление интрузивной деятельности контролируется разрывами глубокого заложения. Наблюдается совпадение вытянутости длинных осей интрузивов с простиранием разломов. Обычно в том же плане развиваются приконтактные и метасоматические изменения, обусловившие дальнейшее развитие структур рассматриваемых месторождений.



Выделяются: 1) рудные поля в эндо- и экзоконтакте массивов, осложненные зонами дробления; 2) рудные поля в висячем боку изгибов крупных разрывных нарушений северо-западного простирания; 3) рудные поля на участках развития штоков малых интрузий; 4) рудные поля на участках развития боковых тектонических швов, оперяющих главные разрывные нарушения.

В зависимости от геолого-структурных факторов, генетических типов рудолокализирующих разрывов, выделяются следующие типы медно-молибденовых месторождений, требующие конкретных рациональных методов исследований: 1) рудоносные штокверки в интрузивах, пересеченных серией даек, развитых в висячем боку крупных нарушений; 2) рудоносные штокверки в апикальных частях интрузивов гранодиорит-порфиров; 3) минерализованные зоны в участках дробления провесов кровли, пересеченных дайками; 4) системы рудных жил и минерализованных зон в интрузивных массивах и породах кровли в висячем боку крупных разрывных нарушений; 5) зоны прожилково-вкрапленной минерализации в эндоконтакте гранитоидных массивов.

Крупные месторождения Зангезурского рудного района характеризуются разноплановостью и разнообразием генетических типов трещинных структур, частотой их проявления, а также многостадийностью формирования; значительное осложнение в структуру месторождений вносит пострудная тектоника. Все это обусловило сложность и разнообразие условий локализации медно-молибденового оруденения области и требует дифференцированного подхода и методов к изучению и эксплуатации месторождений.

---

Л.С.МЕЛИКЯН

#### ГЕОЛОГО-СТРУКТУРНЫЕ ФАКТОРЫ ЛОКАЛИЗАЦИИ ОРУДЕНЕНИЯ НА ЗОДСКОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ И МЕТОДЫ ИХ ИЗУЧЕНИЯ

Зодское месторождение является одним из характерных примеров локализации гидротермального, полисульфидного, многокомпонентного оруденения в породах офиолитовой ассоциации. Оно обладает весьма специфическими структурными особенностями.

Комплексы рудовмещающих пород сформировались в ходе средне-

альпийского эвгеосинклинального этапа развития зоны известного Амасия-Севано-Акеринского глубинного разлома, а оруденение является закономерным результатом продолжительных сложных и направленных процессов геолого-структурного развития области.

Выявление геолого-структурных особенностей локализации гидротермального оруденения на Зодском месторождении стало возможным в результате применения комплекса методов геологических исследований рудных полей и месторождений.

Характерные черты позиции Зодского рудного поля определяются его приуроченностью к одному из наиболее приподнятых блоков офиолитового пояса, к узлу сочленения синклинорных и антиклинорных структур этого пояса, к узлу пересечений продольных и поперечных разломов, к приосевой части крупной антиклинальной складки, к стыку с наложенным Кельбаджарским прогибом раннеорогенного этапа и др. региональными факторами.

Это установлено на основании разномасштабного геологического картирования Зодского месторождения, рудного поля и прилегающих территорий с привлечением материалов аэровысотной съемки.

Наземное и подземное геологическое картирование позволило выявить такие важные структурные факторы, как скрытые разломы, складчатость разноориентированных планов деформации и различные нарушения с установлением их конкретной роли в локализации гидротермального оруденения. В частности, наряду с продольными швами глубинного разлома устанавливается важная роль поперечных скрытых разломов. Они вырисовываются не только как магмоподводящие и, в некоторых случаях, рудолокализирующие, но и как главные рудоконцентрирующие определяющие положение месторождения в мозаике блоков рудного поля. Ими обусловлен и ряд других важных особенностей внутреннего строения месторождения.

Разноориентированная складчатость, по всей вероятности, обусловила интенсивность раскрытия и активизации широтно- и поперечно-ориентированных систем рудоподводящих, рудолокализирующих и рудоконцентрирующих систем.

Статистическая обработка материалов трещинной тектоники, проведенная параллельно с геологическим картированием, дала возможность выявить особенности генезиса трещин и разрывов рудного поля, их структурные типы, закономерности пространственного проявления и их роли в локализации оруденения.



Подземное картирование позволило выявить главные особенности локализации рудных тел месторождения, их внутреннего строения и морфоструктурные типы.

Разномасштабное картирование сопровождалось изучением физико-механических свойств пород рудного поля. В результате, вопреки укоренившимся представлениям многих геологов, удалось установить первостепенную роль серпентинитов в локализации наиболее интенсивного оруденения.

Сочетание благоприятных физико-механических и петрохимических свойств серпентинитов со структурными факторами обусловило локализацию рудных столбов и оруденелых зон именно в них, в то время как в габброидах локализованы прожилковый и жильный типы оруденения небольшой мощности. Однако вместе с этим удалось выявить направляющую роль габброидов в развитии рудовмещающих структур и рудных ловушек.

Геологическое картирование в сочетании с определением абсолютного возраста пород рудного поля калий-аргоновым методом позволило установить, с одной стороны, геологический возраст гидротермального оруденения Зодского типа как верхнеолигоцен-нижнемиоценовый, а с другой стороны - продолжительность формирования этого оруденения в порядке 15 миллионов лет (предрудный, рудный и пострудный этапы).

---

С.В.БЕЛОВ, А.А.ФРОЛОВ

#### РАШИФРОВКА ДИНАМИКИ ФОРМИРОВАНИЯ СТРУКТУРЫ КАРАОБИНСКОГО РУДНОГО ПОЛЯ В ЦЕНТРАЛЬНОМ КАЗАХСТАНЕ

Геологическая позиция и границы Караобинского жильно-шток-веркового рудного поля определяются кольцевой вулканоплутонической структурой с длительно существовавшим центром магматизма, развитие которого происходило в обстановке поля напряжений с преобладающими радиальными усилиями при неоднократном чередовании условий сжатия и растяжения, связанных с вулканогенной, интрузивной, контракционной и локально-блоковой тектоникой.

Синвулканический этап (Д<sub>1</sub>-Д<sub>3</sub>) совпадает со временем заложения

ния внешнего кольца вулкано-тектонической структуры и в своем начале характеризуется вертикальными сжимающими усилиями, обусловленными активностью вулкана Караоба, которые в последующем сменяются обстановкой общего растяжения при образовании кальдерообразной впадины внутреннего кольца. Заложенная в этот этап трещинная структура, связанная исключительно с процессами активного вулканизма, унаследовалась при развитии рудного поля на поздних этапах.

Поствулканический (сининтрузивный) этап (С-Р) совпадает со временем заложения мульдообразной впадины и последующим внедрением в перми Караобинского гранитного массива, становление которого контролировалось унаследованными крутопадающими кольцевыми разрывами и отслоениями в кальдере. Поля напряжений и трещинные структуры при этом были обусловлены силовым воздействием неоднократно внедрявшегося магматического расплава, последующей контракцией гранитов и блоковыми подвижками. Именно в этот период образуются большая часть мелких рудовмещающих трещин, в том числе краевые трещины отрыва среднего и пологого падения, локализовавшие ранние кварц-молибденитовые жилы и прожилки.

Возникновение крупных крутопадающих трещинных систем, вмещающих основные рудные жилы месторождения, происходит позже, в зонах сгущения мелкой трещиноватости в результате релаксации напряжений, лавинообразного разрушения перемычек и слияния мелких самостоятельных поверхностей скалывания в единые зоны. Такое слияние трещин различного первичного генезиса в единую структуру и возникающие при этом новые трещины, определяют сложную, волнистую морфологию крупных жил, что подтверждается последними данными их разведки и эксплуатации.

Приоткрывание и выполнение основных крутопадающих систем трещин, локализирующих жилы и штокверки, происходит в условиях пульсационности и неоднократно меняющегося поля напряжений, для которого в целом характерно расположение осей максимальных растягивающих напряжений в субгоризонтальных плоскостях. Последовательное приоткрывание разноориентированных систем трещин на разных стадиях рудного процесса приводит к образованию различных минеральных типов руд.



МОРФОСТРУКТУРНЫЕ ТИПЫ КОЛЧЕДАННО-ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ  
МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПРИИРТЫШСКОГО РАЙОНА РУДНОГО АЛТАЯ

В Прииртышском рудном районе применена методика объемного изучения рудных полей и месторождений (Иванкин, 1970). В комплексе с геологическими исследованиями проведен анализ гвохимического потока и геофизического поля объектов.

Рудные поля и месторождения района в общем виде являются участками активного и унаследованного проявления разновозрастного щелочноземельного магматизма и сопровождающего его однотипного по вещественному составу оруденения. Гидротермалиты и промышленные руды оближены во времени своего формирования с полегранитными малыми интрузиями и образуют с ними единые рудно-магматические системы, характеризующиеся общностью морфологии, минералого-петрографических особенностей и направленным геохимическим потоком.

Выявлены следующие типы объемных фигур месторождений: 1) конический односторонний - Сугатовское, Камышинское, Николаевское; 2) уплощенно-конический двусторонний - Шемонаихинское. Все они глубококорневые. По степени эродированности различаются: 1) умеренно эродированные - Сугатовское; 2) слабо эродированные - Шемонаихинское, Николаевское; 3) незэродированные - Камышинское месторождения. При выяснении закономерностей формообразования месторождений важное значение имеют представления о связях оруденения с магматическими породами. По этому признаку Сугатовское имеет черты объектов II рода - системы жильных интрузий и рудных зон, корневые части которых располагаются внутри материнского плутона, а отделение растворов происходит из внутренних частей интрузивов в конце многофазно-пульсационного их становления; Шемонаихинское, Камышинское, Николаевское имеют черты объектов III рода - системы самостоятельных глубинных малых интрузивов и рудоносных зон, корневые части которых располагаются без видимых связей от размещения плутонов, а поступление поздних порций магм и растворов происходит из глубинных остаточных очагов, располагающихся в корневых частях магматических комплексов.

На примере месторождений района приводится комплексная геолого-геофизическая характеристика фронтальной, прифронтальной

(главной), прикорневой и корневой зон рудно-магматических систем и методические приемы комплексного объемного изучения рудных объектов.

---

Г.А.ТРЕТЬЯКОВ, И.А.КАЛУГИН, А.С.ЛАПУХОВ

СТРОЕНИЕ ТАРЫНАХСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ  
РУДНОГО ВЕЩЕСТВА В ЗАЛЕЖАХ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ НОВЕЙШИХ  
МЕТОДОВ ИССЛЕДОВАНИЙ

Тарынахское железорудное месторождение, расположенное на западе Алданского щита в междуречье рек Чары и Токко, имеет многопластовое строение. Его продуктивные горизонты представлены регионально метаморфизованными куммингтонит-кварц-магнетитовыми и гранитизированными биотит-роговообманково-кварц-магнетитовыми железистыми кварцитами, имеющими падение, близкое к вертикальному. Дешифрирование крупномасштабных космических снимков показало, что в пределах месторождения преобладающей является субмеридиональная система разломов, согласная с простираaniem пластов метаморфических пород. Кроме того были выявлены разломы с простираанием 30, 55, 160°, в пределах которых отмечается появление зон диафоритовых минеральных парагенезисов.

Тренд-анализ координат кровли и подошвы рудных залежей и распределения рудного вещества показал, что ведущим структурным элементом для них является пологая флексурная складчатость, сопровождаемая зонами увеличения, сужения мощности и выклинивания рудных тел. Распределение железа в них довольно однородно, однако наряду со случаями параллельного возрастания или убывания мощности и запасов руд в залежах, возникают также обратные тенденции, заключающиеся в сохранении или уменьшении рудной массы в расширяющихся участках тел железистых кварцитов.

В залежах, где интенсивно проявлены процессы гранитизации, тренд-анализом установлено сопряженное положение минимума железа магнетитового и максимума железа силикатного, что позволяет говорить о его переходе из окислов в силикаты при этих процессах.



Для выяснения особенностей распределения магнетита в пределах одного рудного пласта использовались данные каппаметрии, полученные на приборе конструкции С.С.Лапина. Было установлено, что его график для всех залежей месторождения имеет асимметричную форму. В рудных горизонтах как регионально метаморфизованных, так и гранитизированных, в лежащем боку отмечается более плавное увеличение концентрации магнетита, чем в висячем по направлению к середине пласта.

На фоне этой общей закономерности в гранитизированных рудах возникают маломощные зоны контактового обогащения, связанные с локальным перераспределением рудного вещества в процессе гранитизации.

Подобная асимметричность распределения рудного вещества в пластах железистых кварцитов может быть использована для выяснения положения кровли и подошвы рудных горизонтов в условиях перичного осадконакопления, однако отсутствие таких данных как для литифицированных вулканогенно-осадочных руд, так и для современных осадков, не позволяет однозначно ответить на этот вопрос и должно стать предметом дальнейших исследований.

---

В.П.УТКИН

#### СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ СТРУКТУРНЫХ И КИНЕМАТИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ РУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ВОСТОЧНО-СИХОТЭ-АЛИНСКОГО ВУЛКАНИЧЕСКОГО ПОЯСА

Структура и пространственное размещение эндогенных рудных месторождений вулканического чехла во многом обусловлены тектоническим строением доверхнемелового складчатого основания, изучение которого осложняется плохой обнаженностью. В основу решения этой проблемы был положен метод статистического анализа элементов структуры и кинематики. Предполагалось выявить основные складчатые и разрывные системы, их пространственные связи, а также главные направления перемещений масс доверхнемелового основания в пространстве.

По данным статистической обработки массовых замеров слоис-

тости (4094 замера), система линейных с крутыми ( $50-80^{\circ}$ ) крыльями складок основания ориентирована СВ- $50^{\circ}$ . Разрывы (3624 замера) с признаками смещений (тектоническая глина, зеркала, штрихи и борозды скольжения) в подавляющем большинстве крутые ( $70-90^{\circ}$ ), к складчатости ориентированы косо, группируясь в систему СВ- $20-30^{\circ}$ . По данным анализа тектонических штрихов (3005 замеров), смещение масс происходило преимущественно по северо-восточной системе крутых разрывов и полого ( $0-30^{\circ}$ ). Дайки и рудные тела (система разрывов растяжения) ориентированы, главным образом, на северо-запад. Установленные пространственные связи генетически разнородных систем структуры и кинематики отвечают закономерностям структурного рисунка левосдвиговых дислокаций.

Результаты статистического анализа были положены в основу интерпретации материалов геокартирования. Путем анализа структурного рисунка выявлены северо-восточные (СВ- $20-30^{\circ}$ ) сдвиговые зоны, в пределах которых локализовано большинство рудных месторождений вулканогенного чехла. В чехле статистически (1320 замеров) выявлена эмбриональная система линейных складок с пологими ( $10-30^{\circ}$ ) крыльями от субширотного до северо-восточного простира-ния. Доминирующая система разрыва с признаками смещения (5925 замеров) - северо-западная, менее четкая - северо-восточная, идентичная доминирующей системе разрывов основания. Разрывы крутые ( $60-90^{\circ}$ ). Смещение масс (4163 замера штрихов) преимущественно крутое (сбросовое), а пологое ( $0-30^{\circ}$ ) происходило по крутопадающим разрывам северо-западного (СЗ  $330-350^{\circ}$ ) и субмеридионального до северо-восточного (СВ- $30^{\circ}$ ) простира-ния. Статистически установленные закономерности строения вулканогена отвечают структурному рисунку зачаточных разрывных и складчатых сдвиговых дислокаций чехла над системой левых северо-восточных сдвигов основания. Эти условия определили основные закономерности структур эндогенных рудных месторождений. Северо-западные и субмеридиональные жильные тела рудных месторождений зачастую сгруппированы в эшелоны северо-восточного простира-ния, отражающие строение потенциальных сдвигов чехла над глубоко проникающими и долгоживущими сдвигами основания.



СТРУКТУРЫ РУДНЫХ ПОЛЕЙ ЭНДОГЕННЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ  
ВЕРХОЯНО-КОЛЫМСКОЙ СКЛАДЧАТОЙ СИСТЕМЫ (ЯКУТСКАЯ  
АССР) И ОСОБЕННОСТИ ИХ РАЗМЕЩЕНИЯ

На территории Верхояно-Колымской складчатой системы известны многочисленные месторождения и проявления цветных, редких и других металлов. Большинство из этих месторождений по сочетанию структурных элементов и связанных с ними особенностей размещения оруденения, проявляют черты сходства с аналогичными месторождениями многих регионов страны. В частности, для целей систематики эндогенных месторождений Верхояно-Колымской складчатой системы наиболее близка классификация месторождений Средней Азии (В.А. Королев и др., 1976). Вместе с тем, якутские месторождения обладают рядом специфических особенностей как в плане размещения рудных полей, узлов и районов, так и в строении самих месторождений.

По предварительным данным, рудные поля Верхояно-Колымской складчатой системы могут быть объединены в 5 групп - разрывные, внутриинтрузионные, контактовые, соскладчатые и комбинированные.

В размещении выделенных групп рудных полей на территории Восточной Якутии намечаются следующие закономерности.

Рудные "разрывные" поля различных полезных ископаемых сосредоточены в центральной части складчатой системы. Большинство из них приурочено к поперечным разрывам. Морфологически месторождения представляют собой субвертикальные зоны дробления, системы жил. Весьма характерно кулисообразное расположение их по простиранию и падению.

Рудные поля второй и третьей групп наиболее характерны для месторождений олова, вольфрама и редких металлов. Они тяготеют к восточной части складчатой системы.

"Соскладчатые" рудные поля (IV группа) наиболее широко развиты во внешней части складчатой системы - в Верхоянском мегантиклинории, Юдомо-Майском поднятии, Южно-Верхоянском мегантиклинории. Это разнообразные по видам полезные ископаемые, морфологические типы которых представлены стратиформными и стратифициро-

ванными залежами, занимающие изгибы, мульды, своды, замыкания, иногда крылья складок, моноклинали и т.д.

"Комбинированные" рудные поля представляют собой сочетание стратиформных и стратифицированных залежей с "разрывными". Они приурочены к тем участкам внешней зоны складчатой системы, где она пересекается разрывными нарушениями.

Приводится подробная характеристика типичных представителей каждой группы месторождений и отмечаются их определяющие признаки.

---

Р.А.ЕРЕМИН, В.Г.ШАХТЫРОВ, О.В.БАБАЙЦЕВ, В.В.ВОРЦЕПНЕВ

#### ПРИМЕНЕНИЕ КОМПЛЕКСА РАЗНОМАСШТАБНЫХ ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПРИ ИЗУЧЕНИИ СТРУКТУР РУДНЫХ ПОЛЕЙ ТЕНЬКИНСКОЙ ЗОЛОТОНОСНОЙ ЗОНЫ

Комплекс разномасштабных геолого-геофизических исследований при изучении структур золоторудных полей позволяет дать их наиболее полную структурную характеристику с прогнозом латеральных границ и глубинного строения.

Мелкомасштабное геологическое картирование, морфотектонический анализ, геофизические материалы и космическая информация по южной части Верхояно-Колымской складчатой области позволили установить наличие крупной линейной структуры - Тенькинского разлома, интерпретируемого как магматически и тектонически активный скрытый разлом фундамента мезозойской геосинклинали, выраженный в верхнем структурном этаже протяженными овальными структурами центрального типа, как бы "нанизанными" на зону разлома. Пространственное размещение и границы крупных золоторудных узлов полностью контролируются овальными структурами центрального типа.

Среднемасштабные исследования с тем же набором методических приемов, проводимые в пределах овальных структур центрального типа, отчетливо показали, что золоторудные поля локализуются в дугообразных системах разломов, формирование которых связано с образованием и эволюцией овальных куполов. Размещение в продоль-



но-дугообразных разрывах даек диоритов с ксенолитами гранат-силлиманитовых гнейсов фундамента свидетельствует о глубинной природе магмоподводящих структур и, соответственно, рудно-магматических центров. В условиях формирования овальных куполов развивается специфический структурный парагенезис малых интрузий диорит-гранитной ассоциации и золотого оруденения.

На уровне крупномасштабных исследований установлено, что в условиях рассредоточенного развития рудовмещающей трещиноватости дугообразных систем разломов, широкого развития эксплозивных явлений при формировании малых интрузий субвулканического типа, при отсутствии резко контрастных по составу сложных даек формируются слабоконцентрированные золоторудные месторождения, соответствующие относительно верхним зонам рудно-магматической колонны. В то же время, сосредоточенный характер рудовмещающей трещиноватости, дорудный дайковый магматизм контрастного состава с характерными явлениями внутрикамерной дифференциации способствуют формированию высококонцентрированных месторождений, отвечающих более глубокому уровню рудоотложения.

Объемная характеристика структур золоторудных узлов и полей восстанавливается при комплексе крупномасштабных геолого-структурных, петрологических, минералогических и геофизических исследований. В частности, вертикальная структурная зональность золоторудных полей устанавливается по характеру рассредоточения трещинно-жильных образований, степени раскристаллизации тел малых интрузий, характеру контактов даек и т.п. В установлении особенностей латеральной структурной зональности обильную информацию дают термобарометрический метод исследования продуктов постмагматической деятельности, электро- и магниторазведка. Прогноз глубинного и площадного распространения рудовмещающих трещин овальных куполов облегчается сравнительным анализом с экспериментальными моделями.

---

Р.А.ЕРЕМИН, С.В.ЛЕВАШОВА, В.Н.СМИРНОВ,  
Р.Б.УМИТБАЕВ, В.Г.ШАХТЫРОВ

СТРУКТУРНЫЙ КОНТРОЛЬ ПОЗДНЕМЕЗОЗОЙСКОГО ЭНДОГЕННОГО  
ОРУДЕНЕНИЯ НА ТЕРРИТОРИИ ОХОТСКО-КОЛЫМСКОГО РАЙОНА

Для исследования поставленной проблемы, кроме традиционных

геологических и геофизических методов, применялось дешифрирование космических снимков различных масштабов, а также использованы некоторые приемы и методы морфоструктурного анализа. Среди последних наибольшее значение имеют изучение деформаций вершинной поверхности, анализ метатрещиноватости, определение глубины вертикального расчленения рельефа. Полученные результаты позволили выделить новые элементы тектонического строения района и ряд перспективных рудоконтролирующих структур в его пределах.

Установлено, что на рассматриваемой территории широко распространены разнопорядковые структуры центрального типа: сводовые, купольные, кольцевые и т.п., имеющие магматогенную природу и сформировавшиеся в позднеюрско-меловое время в связи с внедрением орогенных интрузий колымского комплекса и становлением Охотско-Чукотского вулканогенного пояса (ОЧВП).

Структурой I-го порядка является Верхне-Колымский мегасвод, имеющий поперечник 500-600 км и охватывающий складчатые сооружения юго-восточной части Яно-Колымской системы мезозойд и ряд внешних вулканических дуг ОЧВП. Он имеет отчетливо выраженное концентрически-зональное строение. Его центральная часть - ядро поперечником около 150 км сформировалось на складчатых структурах юго-восточных частей Аян-Юряхского антиклинория и Инъяли-Дебинского синклинория и зафиксировано скоплением крупных интрузий гранитоидов колымского комплекса, а также региональным гравитационным минимумом. Окаймляющая ядро промежуточная часть мегасвода включает в себя различные складчато-глыбовые структуры мезозойд и характеризуется широким распространением интрузий гранитоидов охотского и омсукчанского комплексов, разрозненных полей вулканитов преимущественно кислого состава, а также многочисленных даек порфировых пород. Периферическая часть мегасвода образована на замкнутой на севере серии вулканических дуг (Халканская, Хасынская, Омсукчанская), приуроченных к кольцевой системе разломов, ограничивающей мегасвод, и к сопряженным с нею дуговым разрывам.

В пределах мегасвода широко распространены локальные купольные и кольцевые структуры диаметром от 10 до 40 км. Первые особенно характерны для ядра мегасвода, но часто встречаются и в других его частях, вторые распространены в основном в пределах вулкано-



генных дуг ОЧП.

Главным элементам структуры Верхне-Колымского метасвода подчинена его региональная металлогеническая зональность. К ядру метасвода приурочены плутогенные формации: золото-кварцевая, касситерит-кварцевая, вольфрамит-кварцевая и др. В окаймляющей ядро промежуточной части метасвода развиты преимущественно вулканогенно-плутогенные формации, среди которых наиболее важные: золото-теллуридная, олово-серебряная, а также "сложноформационные" типы месторождений. В периферической части метасвода распространены вулканогенные формации: золото-серебряная, ртутная, сурьмяно-ртутная. Размещение оруденения в пределах отмеченных региональных металлогенических зон контролируется радиальными и кольцевыми разломами, составляющими каркас Верхне-Колымского метасвода, а также глубинными разломами мезозой, активизированными в период сводообразования. Рудные узлы и месторождения, как правило, приурочены к локальным купольным и кольцевым структурам различного генезиса.

Таким образом, ведущая роль в размещении позднемезозойского эндогенного оруденения на рассматриваемой территории принадлежит радиальным и кольцевым элементам структур центрального типа различных порядков, начиная от Верхне-Колымского метасвода в целом и кончая локальными структурами низших порядков. Использование методов морфоструктурного анализа в комплексе с геологическими и геофизическими методами целесообразно и эффективно не только для выявления и изучения указанных рудоконтролирующих структур, но также и при изучении непосредственно структуры рудных полей и месторождений.

---

Е.З.МЕШАНИНОВ, В.Н.АЗИН, Ж.Н.КУЗНЕЦОВ

ОПЫТ ИЗУЧЕНИЯ СТРУКТУРНЫХ УСЛОВИЙ РАЗМЕЩЕНИЯ  
ЭНДОГЕННОГО ОРУДЕНЕНИЯ В ОДНОМ ИЗ РУДНЫХ РАЙОНОВ  
СРЕДНЕЙ АЗИИ

Рудный район приурочен к осадочным, интрузивным и вулканогенным породам палеозоя, мезозоя и кайнозоя, включая месторожде-

ния меднопорфировой, свинцово-цинковой, кварц-сульфидно-золоторудной и кварц-халцедон-золоторудной формаций. Оруденение локализовано в тектонических и вулкано-тектонических нарушениях или вблизи с ними. Поэтому вопросы оценки характера и силы связи между структурными образованиями и оруденением имеют решающее значение при прогнозировании и определении направлений геолого-разведочных работ.

Анализ связей оруденения с разрывными и вулкано-тектоническими структурами проведен на примере основных месторождений района с предварительным выполнением специализированной геолого-структурной съемки поверхности, горизонтов действующего карьера и подземных горных выработок (по методике А.В.Королева и П.А.Шехтмана). Для сбора полевой информации использованы перфокарты ручного обращения, заполняемые по унифицированным по каждому месторождению вопросам, что позволило в камеральный период применить ЭВМ для анализа условий размещения оруденения.

Обработка полученных материалов и прогнозирование выполнены на ЭВМ "Минск-32" и ЕС-1020 по различным программам (статистической, вероятностной и распознавание образов). Количественно установлено, что оруденение различных формаций контролируется разломами определенных направлений, контактами разновозрастных интрузивов и другими структурными элементами района. По результатам обработки материалов построены прогнозные карты с применением ЭВМ по меднопорфировым и золоторудным месторождениям, которые используются при проведении поисковых и поисково-оценочных работ.

---

И.В.ПРОЦЕНКО

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДОВ ГЕОХИМИИ - ПРОГРЕССИВНОЕ НАПРАВЛЕНИЕ  
В ИЗУЧЕНИИ СТРУКТУР ЭНДОГЕННЫХ РУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ  
(НА ПРИМЕРЕ СУРЬЯНО-РУТНОГО ОРУДЕНЕНИЯ)

Геохимическими работами на сурьяно-рутных месторождениях Никитовского рудного поля показаны возможности геохимических методов в исследовании геологических структур. Данные геохимии позволяют представить динамику развития структур рудных месторожде-



ний в процессе минералообразования и показать их роль в пространственном размещении оруденения.

Исходя из взаимосвязи формирования оруденения и структур рудных месторождений, изучение последних основывалось на решении обратной задачи с использованием закономерностей образования полиэлементных аномалий, создаваемых повышенными содержаниями сурьмы, мышьяка и ртути. Минералогически они представлены соответственно антимонитом, арсенопиритом и киноварью, выделявшихся из единого, изменяющегося во времени гидротермального раствора, раскристаллизация которого началась выпадением антимонита и следовала в направлении от фронтальной зоны гидроколонны к ее тыловой части. Высаживание антимонита и арсенопирита завершалось накоплением в растворолокализирующей системе долгоживущего подвижного остаточного ртутьсодержащего раствора, что предопределило миграцию ртути в вышележащие уровни геологического разреза.

Применение методов геохимии в исследовании структур месторождений Никитовского рудного поля позволило выявить следующее.

1. Изучаемые геологические структуры и их останцы на предмет рудоносности.

2. Ярусное расположение и большой вертикальный размах оруденения в рудном поле обусловлены структурами экранирования, являвшимися обыкновенными водоупорами на путях циркуляции гидротермальных растворов.

3. Экранирующими структурами являются как толщи непроницаемых пород, так и "закупоренные" швы разрывов различных порядков от трещин до зон тектонических нарушений.

4. Образование брахискладок, к которым обычно приурочиваются месторождения рудного поля, осуществлялось преимущественно по типу складок продольного расплющивания.

5. Режим разрывных деформаций во времени и пространстве.

6. Пространственное расположение ослабленных зон, которые были путями проникновения гидротермальных растворов, с целью картирования разрывных нарушений, установления их относительного возраста и выявления рудолокализирующих структур.

7. Тектонические подвижки, трещинообразование и раскрытие ранее возникших полостей, сопровождавшие поступление металлоносных гидротерм в рудовмещающие структуры, являлись основным фак-

тором, способствовавшим насыщению растворолокализирующих структур остаточными ртутеносными растворами, что затем приводило к формированию концентрированного ртутного оруденения.

8. Проявляющаяся в рудном поле минералогическая и геохимическая зональность обусловлена не различиями температур и давлений, существовавшими на разных глубинах в период поступления рудоносных растворов, а регулируется в основном перемещением остаточных ртутеносных растворов в связи с тектоническим развитием геологических структур. Пространственное обособление мышьяково-сурьмяной минерализации в пределах самого глубокозалегающего яруса - в пласте веровских песчаников, обусловлено структурными факторами. Роль последних выразилась в том, что после начала кристаллизации антимонита и арсенопирита в пласте веровских песчаников на участке свода антиклинали по разлому "Секущая" произошло смещение, нарушившее сплошность экрана в апикальной части этого пласта, в результате чего образовались проводники, по которым остаточные ртутеносные растворы отводились из растворолокализирующей структуры в вышележащие уровни разреза. По такому же принципу осуществлялось обособление арсенопирито-антимонитовой и киноварной минерализации в других участках рудного поля.

---

И.А.КАЛУГИН, А.С.ЛАПУХОВ

#### ТРЕНД-АНАЛИЗ СТРУКТУР И ЗОНАЛЬНОСТИ РУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

На примере метаморфогенных железорудных (Тарыхаское в Якутии, Холзунское и Белорецкое на Алтае) и колчеданно-полиметаллических месторождений (Тишинское, Рудный Алтай) рассматриваются математические методы анализа морфологии рудных залежей, рудной зональности и рудовмещающих пликативных структур. Данные методы основаны на вычислении с помощью ЭВМ тренд-поверхностей как функций пространственных координат, отражающих распределение изолонг, изопакит, изострат, изоконцентрат и т.д. в скалярной или векторной формах. С этой целью используются тренд-поверхности различного порядка, остаточные или разностные поверхности, позволяющие разделить общие и локальные тенденции.



В частности, использование тренд-анализа позволило расшифровать слабо выраженные структуры Тарыхахского месторождения железистых кварцитов (Ю.Якутия, зона БАМ). Впервые выявлены протяженные пологие складки, с которыми коррелируются распределения рудных масс. В самих рудных телах обнаружена вещественная зональность, связанная с переходом части железа из магнетита в силикаты вблизи участков наложенной гранитизации.

На Белорецком месторождении установлены конформные распределения изоконцентрат и изопахит с устойчивыми тенденциями к возрастанию запасов с глубиной за контуром проведенной разведки. Возобновление разведки с большим совпадением подтвердило наличие здесь богатых руд повышенной мощности.

На Холзунском магнетитовом месторождении обнаружен рудный столб, вертикальная ориентировка которого совпадает с характерной для данного района линейностью. Намечающиеся тенденции свидетельствуют о благоприятных перспективах оруденения на глубину.

В пределах Тишинского колчеданно-полиметаллического месторождения (Рудный Алтай) установлена система сопряженных крутоосных и пологих флексурных складок границы раздела ильинской и сокольской свит, зоны сопряжения которых контролируют положение участков богатых сульфидных руд.

Применительно к изучению структур рудных месторождений на основе тренд-анализа авторами предложены количественные методы подсчета прогнозных запасов и оконтуривания рудных залежей, что представляет практический интерес на различных стадиях разведки рудных месторождений.

---

Г.В.ТОХТУЕВ, Л.А.ЧЕРКАШИН, И.Б.ГАВРУСЕВИЧ, В.Б.КОВАЛЬ

ОПЫТ ИЗУЧЕНИЯ РУДОКОНТРОЛИРУЮЩИХ СТРУКТУР  
РУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ В ДОКЕМБРИИ  
МЕТОДОМ ОПТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Проведены экспериментальные исследования по воспроизведению на моделях напряженного состояния рудоконтролирующих структур редкометалльных и железорудных месторождений в докембрии. В основу

экспериментов положена методика поляризационно-оптического моделирования, разработанная в Институте Физики Земли им. О. Ю. Шмидта АН СССР и усовершенствованная нами с учетом специфики изучения докембрийских структур.

Изучались редкометалльные месторождения в натриевых и калиевых метасоматитах, приуроченные к региональным разломам и тектоно-метасоматическим зонам, редкометалльные месторождения гидротермально-трещинного типа в линейных зонах трещиноватости и железорудные месторождения, контролируемые складчатыми структурами зоны регионального глубинного разлома.

Проведенные эксперименты показали, что по характеру распределения в упругих моделях локального неоднородного поля скалывающих напряжений можно судить о том, где в пределах геологических объектов следует ожидать развития вторичных (по отношению к заключенным в модели элементам структурной анизотропии) линейных и объемных хрупких деформаций, благоприятных для фильтрации растворов и отложения оруденения.

Участки развития вторичных деформаций в пределах региональной зоны разломов, вмещающие рудоносные натриевые метасоматиты, коррелируются (на моделях рудных полей) с повышенными напряжениями. Деформации следующего уровня, наложенные на метасоматиты и вмещающие оруденение, также коррелируются с повышенными и контрастными напряжениями, но уже в моделях крупномасштабных разрезов рудоносных участков. Безрудным метасоматитам на таких моделях отвечают пониженные напряжения скалывания.

Совместный анализ распределения малых рудогенных элементов в разрезе рудоносного участка и напряжений скалывания в модели разреза показал, что одни элементы (бериллий, стронций) коррелируются с пониженными напряжениями, другие (свинец, титан, цирконий) — с повышенными. Это может косвенно указывать на то, что первые являются спутниками процесса альбитизации, а вторые — рудного процесса.

Реконструкция тектонофизических условий формирования линейной зоны дробления, катаклаза и трещиноватости, вмещающей редкометалльное оруденение гидротермально-трещинного типа, показала четкое совпадение рудоносной зоны с участками действия на моделях повышенных скалывающих напряжений.

Использованная методика применима для изучения условий обра-



зования складчатых рудоконтролирующих структур докембрийских железорудных месторождений, что достигнуто с помощью "поэтапного" моделирования и применения многокомпонентных физически анизотропных моделей. С помощью экспериментов удалось представить наиболее вероятные тектонофизические условия, при которых произошло сплющивание, развальцевание замка рудоконтролирующей складки, осложненной надвигом.

Таким образом, примененная методика оптического моделирования позволяет реконструировать условия образования и давать тектонофизическую оценку рудоносности структур докембрийских рудных месторождений. При оперативном использовании в поисково-разведочных работах результаты моделирования будут способствовать снижению затрат на металлометрическую съемку и бурение.

---

Х.М. ЮСУПОВ, А.А. ШАХМАТОВ

#### ВЫЯСНЕНИЕ ГЕНЕЗИСА ТЕЛЕТЕРМАЛЬНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПАЛЕОМАГНИТНЫМ МЕТОДОМ

Основные вопросы геологии телетермальных (стратиформных) месторождений (генезис, возраст и др.) продолжают оставаться дискуссионными. Решение их имеет не только научное, но и большое практическое значение. В этой связи с 1968 г. на площадях ртутно-сурьмяных месторождений Центрального Таджикистана Институтом геологии АН Таджикской ССР и Южной геофизической экспедицией Управления геологии Таджикской ССР проводятся комплексные геолого-геофизические (палеомагнитные) исследования.

Ниже приведены некоторые результаты палеомагнитных исследований, проведенных на ртутно-сурьмяных месторождениях Джижикрут, Кавнок, Зархок, Воланги-Дароз, Турк-Парида.

Палеомагнитный метод основан на сохранении намагниченности эпохи образования ферромагнетиков (магнетита, гематита, пирротина и др.). Ферромагнетики могут возникнуть при рудообразовании, сохраняться при метасоматических изменениях рудовмещающих пород. Векторы остаточной намагниченности отражают направление планетарного земного магнитного поля эпохи образования ферромагнетиков и

последующие движения данного участка Земной коры. Планетарное поле испытывает систематические смещения и изменяется на  $180^{\circ}$  в эпохи инверсии. Эти движения для каждого периода индивидуальны, поэтому могут служить репером при оценке геологического возраста горных пород и вмещающих в них руд.

При осадочном образовании телетермальных руд последовательность изменения ориентировки векторов намагниченности рудной минерализации будет аналогичной осадочным рудовмещающим породам. При значительном разрыве во времени рудовмещающих пород и телетермального рудообразования (эндогенного генезиса) будет наблюдаться систематическая разница в их ориентировке векторов намагниченности. Для определения возраста руд необходимо иметь кривую движения магнитного поля для данного региона. Сравнением с ней ориентировки вектора намагниченности руд позволяет определить возраст последних с точностью до периода. Временные границы рудообразования оцениваются по наличию или отсутствию инверсий.

До или постскладчатое образование руд оценивалось по способу Грэхема. Изучалась ориентировка векторов намагниченности в местах с различной ориентировкой элементов залегания рудных тел. Если ориентировка векторов остаточной намагниченности руд примерно одинакова, то последняя образовалась позже складчатости. И наоборот, если ориентировка их зависит от элементов складчатости рудовмещающих пород, то руда возникла раньше складчатости. Решение данного вопроса палеомагнетизмом можно использовать как дополнительный метод для выяснения возрастов рудовмещающей складчатости и локализованной в ней рудной минерализации, т.е. для выяснения генезиса последней.

По характеру соотношения ориентировки векторов остаточной намагниченности образцов, взятых по простиранию рудной зоны, можно установить наличие вращательных движений (интенсивности пострудной тектоники) различных участков месторождения. Сопоставление ориентировки векторов остаточной намагниченности образцов руд месторождений с элементами залегания мезозой-кайнозойских отложений свидетельствует об изменениях структур месторождений в результате альпийского орогенеза. На месторождении Джижикрут, например, палеомагнитный метод отмечает интенсивные пострудные вращательные движения рудных участков.

С целью решения дискуссионного вопроса генезиса (осадочно-



го или тектонического происхождения) рудовмещающей брекчии также можно применить палеомагнитный метод. Если ориентировка векторов остаточной намагниченности обломков брекчии хаотичная, то обломки вращались, что характерно для тектонического генезиса рудовмещающей брекчии. Если ориентировки векторов остаточной намагниченности обломков и цемента одинаковы, тогда брекчия осадочного генезиса.

Если околорудные изменения происходили в резко восстановительном режиме, на что указывает наличие сульфидов, особенно пирротина, то ферромагнетики будут реликтовые с сохранением ориентировки намагниченности исходных пород. Чем сильнее метасоматоз, тем больше разрушатся ферромагнетики, поэтому меньше будет магнитная восприимчивость.

На одном из месторождений Центрального Таджикистана детально изучались околорудные изменения. Были получены следующие характеристики:

| Породы и интенсивность метасоматоза | Магнитная восприимчивость $\mu \cdot 10^{-6}$ СГС |
|-------------------------------------|---------------------------------------------------|
| Неизмененные зеленые сланцы         | 15-20                                             |
| Слабо измененные сланцы             | 10-15                                             |
| Умеренно (10-40%) измененные породы | 5-10                                              |
| Сильно (40-80%) измененные породы   | 2-5                                               |
| Вторичные кварциты                  | 0-2                                               |

Полярность намагничивания исследованных нами руд обратная, что типично для девонского, карбонового и пермского периодов. На границе с триасом происходила смена полярности поля. Вектор намагниченности руд наиболее близок к ориентировке пермского поля. Эти данные с учетом постскладчатого образования руд позволяют датировать оруденение сурьмы и ртути пермским. Большой возрастной разрыв между образованием рудной минерализации (Р) и рудовмещающих пород, имеющих возраст от силура до нижнего карбона, и образование рудных тел позже складчатости указывает на эндогенно-эпигенетический, а не осадочный характер оруденения.

# СТРУКТУРНО-ГЕНЕТИЧЕСКИЕ КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ ЗОЛОТО-СЕРЕБРЯНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Выявление основных закономерностей строения рудных полей золото-серебряных месторождений, выделение из общего числа рудных тел ведущих в отношении запасов, выяснение структурных особенностей размещения рудных столбов в их пределах и оценка масштаба заключенных в них запасов являются главными геологическими задачами на начальных этапах поисково-разведочных работ.

На основе комплексного анализа геолого-структурных и физико-химических условий формирования золото-серебряных месторождений Северо-Востока СССР среди последних можно выделить, по крайней мере, два типа: приповерхностные и относительно глубинные (расчетные глубины рудообразования соответственно 350–600 м и 600–1000 м от палеоповерхности). Изменение характера распределения оруденения по глубине определяется динамикой развития гидротермального потока. Основную роль при этом играют явления резкого адиабатического расширения растворов при переходе их из области относительно высоких в область низких давлений (приповерхностная обстановка или блоки сильно трещиноватых пород на глубине). Указанные особенности находят свое отражение в минеральном составе руд.

Достаточно отчетливо намечаются термобарогеохимические критерии различия месторождений выделенных типов:

- для приповерхностных условий рудообразования  $T$  – до  $300^{\circ}\text{C}$ ,  $P$  – 85–100 атм, существенно гидрокарбонатный состав растворов с незначительными солевыми концентрациями;

- для относительно глубинных широкие интервалы изменчивости температур и давлений ( $T$  – 50– $650^{\circ}\text{C}$ ,  $P$  – 10–1400 атм), гидрокарбонатный, гидрокарбонатно-хлоридный до существенно хлоридного состава растворов, высокие содержания углекислоты.

Для приповерхностных золото-серебряных месторождений характерно четкое расширение снизу вверх фигуры рудного поля вообще и контуров промышленных руд в пределах отдельных рудных тел в частности. При этом форма рудных пучков характеризуется значительной уплощенностью их прифронтальных и фронтальных частей и редуциро-



ванностью прикорневой и корневой частей. Основные запасы полезных компонентов в большинстве известных случаев сосредоточены в субгоризонтальном или полунаклонном (часто подэкранном) рудном столбе с соотношением средних размеров по простиранию и падению (3-5):1. Вертикальный интервал развития промышленных руд не превышает 300-350 м. При этом основные запасы размещаются в его верхней половине. Это определяет существенную уязвимость запасов в месторождениях подобного типа к понижению уровня эрозии.

В относительно глубинных золото-серебряных месторождениях рудовмещающая структура также обнаруживает тенденцию пучкового строения; но менее ярко выраженную. Формы рудных столбов в пределах рудных зон и тел, по сути дела аналогичны таковым в приповерхностных условиях, однако развиваются в пределах значительно большего вертикального диапазона (до 600-800 м).

Широкое развитие в пределах рудных полей взрывных образований (трубки взрыва, тела брекчий) определяет возможность приуроченности к ним существенных запасов полезных компонентов (примеры этого широко известны как в Союзе, так и за рубежом).

Зональное строение эндогенных ореолов прямым образом определяется структурными закономерностями контуров промышленного оруденения (рудных столбов). Это создает возможность выявления и реконструкции структурно-морфологических особенностей конкретных рудных тел по закономерному изменению значений геохимических коэффициентов зональности в их продольных разрезах.

В практике оценки золото-серебряного оруденения наряду с анализом различных геолого-структурных элементов, существенную роль должны играть комплексные исследования вещественного состава месторождения (термобарометрия, минералогия, геохимия), позволяющие типизировать конкретный объект, прогнозировать направления разведочных работ и помогающие выполнить обоснованную оценку масштаба запасов.

---

МЕТОДИКА ИЗУЧЕНИЯ И СТРУКТУРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ  
ГЕХИНСКОГО РУДНОГО УЗЛА

Гехинский рудный узел (ГРУ) является составной частью Зангезурского рудного региона, который в тектоническом отношении представляет южную часть Мисхано-Зангезурской мегантиклинальной зоны Малого Кавказа. Сосадство ГРУ с крупными рудными полями (Каджаранским, Кафанским) и наличие многочисленных проявлений выдвигает ГРУ в ряд перспективных участков. Несмотря на обширные геологические сведения, структурные особенности ГРУ освещены недостаточно, а знание структуры рудного узла прямо влияет на выбор системы и методики поисков и разведки. В соответствии с этим, одной из задач геофизических работ является получение данных о глубинных тектонических структурах, морфологии интрузивных образований и построении схем блоково-разрывной тектоники с элементами рудоносности.

Методика интерпретации комплекса геофизических данных основывалась на выявлении связи между локальными аномалиями магнитных и электрических полей с привязкой последних к строениям среды на сейсмических разрезах.

При построении сейсмических разрезов использовались отраженные, рефрагированные и дифрагированные волны, полученные при проведении наземных (МОВ) сейсморазведочных работ. На основе распределения магнитного поля выделялись локальные структуры, определялись контуры магматических образований и элементы тектонических нарушений. По характеристикам параметров электрического поля выделялись структуры и зоны, перспективные на предмет сульфидного оруденения.

По геофизическим данным выделены слабопроявленные на эрозионном срезе субширотные нарушения. Последние являются "сквозными" зонами и имеют продолжение в соседнем, Кафанском районе, где закартированы геофизическими и геологическими исследованиями.

Широтными зонами контролируется морфология магматических образований ГРУ. По результатам сейсморазведочных и магниторазведочных работ выявлена картина размещения магматических комп-



лексов на глубине, их взаимоотношения и морфология.

В магнитных полях нашли отражение также концентрические постройки и, учитывая, что в Кафанском рудном поле выявленные геофизическими исследованиями кольцевые структуры (имеющие аналогичное отражение в геофизических полях) при более детальном геологическом изучении оказались центрами вулканизма, можно предположить аналогичность выделяемых построек в пределах ГРУ.

Большинство рудопроявлений, а также электроразведочные аномалии (ВП) приурочены к узлам пересечений широтных и диагональных разломов и размещены в эндоконтакте интрузивных образований.

Изучение выделенных структур, очагов магматизма и вулканизма в пределах ГРУ может оказать существенную помощь в оценке рудных полей.

---

Э.М.КАРАПЕТЯН, Л.Г.АРУТЮНЯН

#### ФИЗИКО-ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ КАФАНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ МЕДИ

Кафанское месторождение меди приурочено к одноименной антиклинали, ядро которой выполнено эпидотизированными порфиритами нижнего байоса, а крылья сложены вулканогенными образованиями верхнего байоса (рудовмещающая толща) верхнего оксфорда-кимериджа и титона-валанжина. Субстратом являются метаморфические образования позднего палеозоя.

Кафанская антиклиналь как в латеральном направлении, так и по вертикали имеет довольно сложную неоднородную картину. Устанавливается различный характер физико-тектонических условий северо-восточного и юго-западного крыльев.

Разрез представляет хорошо дифференцированную многослойную среду с четко выделяемыми границами раздела физических параметров.

В плотностном и геомагнитном отношении - это трехслойная среда, с нижним очень высокоуплотненным ( $\delta - 2,77 \text{ г/см}^3$ ) и практически немагнитным слоем (поздний палеозой, н.байос), средним высокоуплотненным ( $\delta - 2,7 \text{ г/см}^3$ ) магнитным слоем (в.байос, в.оксфорд-кимеридж) и верхним слабоуплотненным ( $\delta - 2,60 \text{ г/см}^3$ )

практически немагнитным слоем (титон-валанжин).

В скоростном отношении разрез представляет четырехслойную среду: первый – жесткий слой ( $V_p$  – 6,5 км/с) поздний палеозой, второй – высокоскоростной слой ( $V_p$  – 5,8 км/с) н.байос, третий – среднескоростной ( $V_p$  – 5,3 км/с) в.байос, в.оксфорд-кимеридж, и четвертый – низкоскоростной слой ( $V_p$  – 4,6 км/с) титон-валанжин.

Дорудная толща (н.байос) резко отличается по своим физическим параметрам и может быть выделена гравиметрическими, сейсмическими и магнитометрическими методами исследований.

Рудная толща (в.байос) по своим физическим характеристикам проявляет сходство с вышележащими образованиями (в.оксфорд-кимеридж), что создает известные трудности по выделению этой толщи. Однако, наличие плоскости несогласия и зоны перетертых пород между указанными образованиями вполне достаточно для уверенного выделения его сейсмическими методами.

Рудоконтролирующими факторами на месторождении являются дорудные разломы, к которым приурочиваются кварцевые альбитофилы. Благодаря резкому различию физических характеристик кварцевых альбитофиров, последние могут быть выделены практически всеми геофизическими методами исследований.

---

В.М.ЧЕКАЛИН

## СТРУКТУРА СТЕПНОГО ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ И МЕТОДИКА ЕЕ ИЗУЧЕНИЯ

Степное месторождение находится в степной северо-западной части Рудного Алтая. В 1961–1969 гг. оно детально разведано буровыми скважинами и подземными горными выработками. Сложная структура месторождения расшифрована благодаря применению комплекса таких основных методов изучения, как литолого-петрографический, биостратиграфический, минералогический, геохимический, геофизический, методов палеовулкано-тектонического, палеофациального и структурного анализов. Проводилось определение абсолютного возраста по калий-аргоновому методу вулканогенных пород и гидротермалитов, сопровождающих оруденение. Фактический геоло-



гический материал отображался на графике в трех измерениях.

В результате установлено следующее.

Промышленное оруденение залегает в интервале глубин 20 - 320 м и локализовано в вулканогенно-осадочных отложениях верхней части верхнеживетского подъяруса среднего девона. Подстилающие породы представлены преимущественно туфами средней части верхнеживетского подъяруса, перекрывающие - туфопесчаниками и туфами (лавами?) нижней части франского яруса верхнего девона. Вулканиды, участвующие в строении месторождения, имеют кислый состав.

В структурном плане месторождение связано с восточным бортом средне-верхнедевонской вулкано-тектонической депрессии, образовавшейся на северо-восточном крыле Алейского антиклинория. Современная рудовмещающая структура представляется сложнопостроенной антиклинальной складкой, разбитой разноориентированными и разноамплитудными разрывными нарушениями.

Рудная зона месторождения сложена полиметаллическими и, в подчиненном количестве, барито-полиметаллическими рудами. Среди полиметаллических руд выделяются сплошные массивные и полосчатые (слоистые?) тонкозернистые, вкрапленные среднезернистые и прожилковые средне-крупнозернистые разновидности. Сплошные и вкрапленные руды, характеризуясь четкими контактами, залегают согласно с напластованием вмещающих пород, прожилковые - тяготеют преимущественно к лежащему боку рудных тел.

Полиметаллическое оруденение, имеющее один план деформации с вмещающими породами (данные анализа массового замера тектонической трещиноватости), присутствующее в виде обломков в шве разрывного нарушения и залегающее среди гидротермалитов средне-верхнедевонского возраста (360-370 млн. лет), является доскладчатым продуктом девонского вулканизма. Барито-полиметаллические руды, слагающие одно вертикально падающее тело и занимающие резко секущее положение по отношению к полиметаллическому оруденению и структуре месторождения в целом, представляются постскладчатыми, наложенными на складчатую структуру.

Наблюдающаяся в настоящее время структура месторождения сформировалась на месте вулканогенной положительной формы рельефа, образовавшейся в середине верхнеживетского времени. Благоприятным фактором для ее формирования явилось также переслаивание

таких слагающих разрез, характеризующихся резко различными физико-механическими свойствами, как осадочные и вулканогенные породы, полиметаллические руды и гидротермалиты. Это обстоятельство привело к созданию здесь анизотропного участка земной коры, легко поддавшегося складчатым и разрывным деформациям в период герцинского цикла тектогенеза, который проявился на Алтае, по мнению Д.И.Горжевского (1955), в конце девона.

---

Ю.В.ЛИР

### ОПЫТ КОЛИЧЕСТВЕННОЙ ОЦЕНКИ СЛОЖНОСТИ МОРФОЛОГИИ РУДНЫХ ЖИЛ

Рудные жилы в месторождениях цветных, редких и благородных металлов всегда в той или иной степени отклоняются от идеальной плитообразной формы. Возможны 5 вариантов усложнения формы рудных жил, которые нами были выявлены и проанализированы на погоризонтных планах опробования, составленных по данным непрерывного прослеживания рудных тел при разведке подземными горными выработками.

А. Изменчивость простираения - волнистость жилы.

Б. Изменчивость мощности - чередование раздувов и пережимов.

В. Наличие включений пустых пород - безрудных "окон".

Г. Наличие разветвлений единого жильного "ствола".

Д. Разрывы сплошности рудного тела послерудными нарушениями или вследствие распада единой жилы на серию разобщенных отрезков (кулис).

Как правило, эти варианты усложнения морфологии жил различным образом сочетаются между собой.

На I этапе исследований нами была предпринята попытка разрабатывать количественные показатели, каждый из которых представлял бы собой меру сложности контуров рудных жил для рассмотренных выше вариантов.

Волнистость жилы количественно оценивалась путем деления изучаемого интервала рудного тела на относительно прямолинейные отрезки. Для каждого отрезка измерялись его длина и угол, образованный линией простираения отрезка и средней линией простираения



интервала. Гистограмма, построенная по этим данным, позволяет определить  $L$  - длину ломаной линии на гистограмме и  $L_0$  - длину интервала. Отсюда  $K_1 = \frac{L}{L_0}$

Изменчивость мощности жилы оценивалась с помощью коэффициента  $K_2 = 1 + \frac{\sqrt{\sum (m_i - \bar{m})^2}}{\bar{m}}$ , где  $m_i$  - единичные замеры мощности жилы в пунктах отбора проб /м/;  $\bar{m}$  - средняя мощность жилы на интервале /м/;  $n$  - число замеров мощности на интервале.

Наличие безрудных "окон" и разветвлений жилы учитывалось коэффициентом  $K_3 \cdot K_3 = \frac{\sum n_i}{Z N}$ , где  $n_i$  - число точек пере-

сечений рудных контуров линиями разрезов жилы вкрест простира- ния в пунктах отбора проб;  $N$  - число таких пунктов.

Для оценки разрывов сплошности жилы применен коэффициент

$K_4 = \frac{\ell}{L_0}$ , где  $\ell$  - длина непрерывной срединной линии жилы на изучаемом интервале, проведенной также на участках разрыва /м/;  $L_0$  - длина интервала /м/.

Для идеальной модели горизонтального сечения жилы - прямо- угольной ленты - все частные коэффициенты равны 1. Это позволя- ет вычислить обобщенный коэффициент сложности рудных контуров жилы (КСР), который определяется как среднеарифметическое из значений  $K_i$ .

На II этапе эти коэффициенты были использованы при изучении морфологии главной жилы одного из оловорудных месторождений Во- стока СССР, разведанной на поверхности и на 4-х горизонтах под- земных горных работ. Разбиение жилы на интервалы выполнялось после построения вариационных кривых продуктивности (МС) оруде- нения и их последующего сглаживания (Каллистов, 1956).

Сравнение  $K_i$  и КСР со значениями МС для соответствующих ин- тервалов показало, что между ними существует определенная связь. Применением последовательного регрессивного анализа (Крамбейн, Грейбилл, 1969) установлено, что наиболее тесно с МС связан КСР, зависимость между МС и частными коэффициентами менее существенна.

При анализе изменений КСР и частных коэффициентов по верти- кали выявилась зависимость средних для горизонтов значений этих показателей от расположения горизонта по отношению к центрально- му обогащенному "ядру" жилы. Так, от верхнерудного (поверхность,

гор. I и II) к среднерудному (гор. III) уровню жилы продуктивность оруденения (МС) растет, затем к нижнерудному уровню (гор. IV) убывает. В этом же направлении  $K_3$  и КСР ведут себя аналогично.  $K_1$  обнаруживает обратную зависимость от МС, другие коэффициенты оказались малоинформативными.

Разработанная методика оценки сложности формы рудных жил после проверки на представительном материале может оказаться полезной при структурном анализе и прогнозе жильных месторождений.

---



|                                                                                                                                                                                                                |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Ф.И.ВОЛЬФОН, Л.И.ЛУКИН, Ю.Г.САФОНОВ, В.Ф.ЧЕРНЫШЕВ. Основные направления геолого-структурных исследований .....                                                                                                 | 3  |
| Г.Ф.ЯКОВЛЕВ. Комплексный структурный анализ рудных полей и месторождений .....                                                                                                                                 | 4  |
| П.Ф.ИВАНКИН. Морфогенетический анализ рудных полей .....                                                                                                                                                       | 6  |
| И.П.КУШНАРЕВ. Конвергентность рудоносных структур и их типы .....                                                                                                                                              | 7  |
| В.С.КОРМИЛИЦЫН. Значение полимеров в формировании структур рудных полей эндогенных месторождений .....                                                                                                         | 9  |
| Я.Н.БЕЛЕВЦЕВ, Н.П.ГРЕЧИШНИКОВ. Структуры метаморфогенных месторождений и методы их изучения .....                                                                                                              | 11 |
| А.А.ПЭК. Взаимосвязь структурных и гидродинамических факторов в формировании гидротермальных месторождений .....                                                                                               | 13 |
| Ш.Д.ФАТХУЛЛАЕВ, В.Д.ПАРФЕНОВ. Основные вопросы моделирования структур рудных полей и месторождений .....                                                                                                       | 15 |
| Г.В.ТОХТУЕВ, А.Я.ХОДОРОВСКИЙ, В.Н.ШЕВЧУК, А.М.БАНДУР, Б.Г.МАЧУЛА. Моделирование процессов деформации и рудообразования на горных породах .....                                                                 | 17 |
| Х.А.АКБАРОВ. Использование геолого-структурных факторов при детальном количественном прогнозировании эндогенного оруденения в рудных полях .....                                                               | 18 |
| Ю.Г.САФОНОВ, В.И.ЗАВАЛИН, Е.В.АКИМОВА, В.И.МИКЛЯЕВ. Методические основы использования космических снимков при изучении структур эндогенных рудных полей и месторождений .....                                  | 20 |
| В.И.СТАРОСТИН. Опыт применения петрофизических методов при изучении структур рудных месторождений .....                                                                                                        | 22 |
| П.Ф.СОПКО. Геолого-структурные методы прогнозирования колчеданного оруденения .....                                                                                                                            | 24 |
| А.А.ФРОЛОВ. Штокверковые рудные месторождения и особенности их геолого-структурного изучения .....                                                                                                             | 26 |
| Х.А.АКБАРОВ, С.И.ИБАДУЛЛАЕВ, Л.А.БЫКОВ, Т.М.МАРИПОВ, М.У.УМАРХОДЖАЕВ, Д.С.МУКИМОВА, Ш.Д.ФАТХУЛЛАЕВ, Л.А.ИСМАТУЛЛАЕВА. Методы изучения структур гидротермальных рудных полей и месторождений Средней Азии ..... | 28 |

|                                                                                                                                                                                                                            |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Т.М.ЛАУМУЛИН. Анализ структурных взаимосвязей в системе "ин-<br>трузив-надинтрузивная зона" (ИНЗ) .....                                                                                                                    | 30 |
| В.А.НЕВСКИЙ. Трециноватость горных пород рудных полей и<br>месторождений и методы их изучения .....                                                                                                                        | 31 |
| В.Ф.ЧЕРНЫШЕВ, А.С.КУЛЬНЕВ. Реконструкция палеотектонических<br>полей напряжений с помощью микроструктурного анализа<br>(на примере скарново-шеелитового месторождения Ингичке<br>в Средней Азии) .....                     | 33 |
| В.Г.ХОМИЧ. Изучение изменчивости соотношений складчатых,<br>разрывных, инъективных дислокаций в рудных полях оро-<br>генных и активизированных областей как метод выявления<br>закономерностей размещения оруденения ..... | 35 |
| П.М.ГОРЯИНОВ, И.В.ДАВИДЕНКО. Тектоно-кессонный эффект -<br>геодинамическая основа формирования структур ряда эндо-<br>генных месторождений .....                                                                           | 36 |
| Е.И.ПАТАЛАХА, А.В.СМИРНОВ. Шовная складчатость как харак-<br>терная форма дислокационного процесса и эндогенная ме-<br>таллогения .....                                                                                    | 39 |
| Б.А.АЛИБЕГАНШВИЛИ, О.Д.МАРДАВЕЙШВИЛИ, О.С.КАЛАНДАДЗЕ, М.Р.<br>ГАГНИДЗЕ, И.О.СИРБИЛАДЗЕ, Л.Л.ЧИЧИНАДЗЕ. Трещинная тек-<br>тоника эндогенных месторождений Южного склона Большого<br>Кавказа .....                           | 41 |
| Э.А.ХАЧАТУРЯН, М.С.АЗИЗБЕКЯН, А.З.АЛТУНЯН, С.О.АЧИКГЕЗЯН,<br>С.А.ЗОГРАБЯН, Г.Г.МИРЗОЯН, К.М.МУРАДЯН, Р.А.САРКИСЯН.<br>Особенности структур колчеданных месторождений Армян-<br>ской ССР .....                              | 42 |
| К.А.КАРАМЯН, Р.Н.ТАЯН, С.П.САРКИСЯН. Геолого-структурные<br>особенности формирования медно-молибденовых рудных по-<br>лей и месторождений Зангезурского рудного района .....                                               | 43 |
| Л.С.МЕЛИКЯН. Геолого-структурные факторы локализации оруде-<br>нения на Зодском месторождении и методы их изучения ..                                                                                                      | 44 |
| С.В.БЕЛОВ, А.А.ФРОЛОВ. Расшифровка динамики формирования<br>структуры Караобинского рудного поля в Центральном Ка-<br>захстане .....                                                                                       | 46 |
| В.С.КУЗЕБНЫЙ, Э.С.ПОНОМАРЕВ, Г.Д.ГАНЖЕНКО. Морфоструктур-<br>ные типы колчеданно-полиметаллических месторождений<br>Прииртышского района Рудного Алтая .....                                                               | 48 |



|                                                                                                                                                                                                                   |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Г.А.ТРЕТЬЯКОВ, И.А.КАЛУГИН, А.С.ЛАПУХОВ. Строение Тарынахско-<br>го месторождения и распределение рудного вещества в за-<br>лежах по результатам новейших методов исследований ...                                | 49 |
| В.П.УТКИН. Статистический анализ структурных и кинематиче-<br>ских элементов рудных месторождений Восточно-Сихотэ-<br>Алинского вулканического пояса .....                                                        | 50 |
| В.И.ШУР. Структуры рудных полей эндогенных месторождений<br>Верхояно-Колымской складчатой системы (Якутская АССР)<br>и особенности их размещения .....                                                            | 52 |
| Р.А.ЕРЕМИН, В.Г.ШАХТЫРОВ, О.В.БАБАЙЦЕВ, В.В.ВОРОНЦОВ. При-<br>менение комплекса разномасштабных геолого-геофизиче-<br>ских исследований при изучении структур рудных полей<br>Тенькинской золотоносной зоны ..... | 53 |
| Р.А.ЕРЕМИН, С.В.ЛЕВАШОВА, В.Н.СМИРНОВ, Р.Б.УМИТБАЕВ, В.Г.<br>ШАХТЫРОВ. Структурный контроль позднемезозойского эндо-<br>генного оруденения на территории Охотско-Колымского<br>района .....                       | 54 |
| Б.З.МЕШАНИНОВ, В.Н.АЗИН, Ж.Н.КУЗНЕЦОВ. Опыт изучения струк-<br>турных условий размещения эндогенного оруденения в од-<br>ном из рудных районов Средней Азии .....                                                 | 56 |
| И.В.ПРОЦЕНКО. Использование методов геохимии - прогрессив-<br>ное направление в изучении структур эндогенных рудных<br>месторождений (на примере сурьмяно-ртутного оруденения)                                    | 57 |
| И.А.КАЛУГИН, А.С.ЛАПУХОВ. Тренд-анализ структур и зонально-<br>сти рудных месторождений .....                                                                                                                     | 59 |
| Г.В.ТОХТУЕВ, Л.А.ЧЕРКАШИН, И.Б.ГАВРУСЕВИЧ, В.Б.КОВАЛЬ. Опыт<br>изучения рудоконтролирующих структур рудных месторожде-<br>ний в докембрии методом оптического моделирования ....                                  | 60 |
| Х.М.ЮСУПОВ, А.А.ШАХМАТОВ. Выяснение генезиса телетермаль-<br>ных месторождений палеомагнитным методом .....                                                                                                       | 62 |
| В.И.ГОНЧАРОВ, Р.А.ЕРЕМИН, Д.Н.САФРОНОВ. Структурно-генети-<br>ческие критерии оценки золото-серебряных месторождений                                                                                              | 65 |
| Г.М.БАБУРЯН. Методика изучения и структурные особенности<br>строения Гехинского рудного узла .....                                                                                                                | 67 |
| Э.М.КАРАПЕТЯН, Л.Г.АРУТЮНЯН. Физико-геологическая модель<br>Кафанского месторождения меди .....                                                                                                                   | 68 |
| В.М.ЧЕКАЛИН. Структура Степного полиметаллического место-<br>рождения и методика ее изучения .....                                                                                                                | 69 |





ВФ 07670

Заказ 308

Тираж 200

Сдано в производство 31.03.1981 г. Подписано к печати 2.04.1981 г.  
Печ. 5,0 л., изд. 4,3 л. Бумага № 1, 60x84 <sup>1</sup>/16. Бесплатно.

Эчмиадзинская типография Издательства Академии наук Армянской ССР

30 con

3805