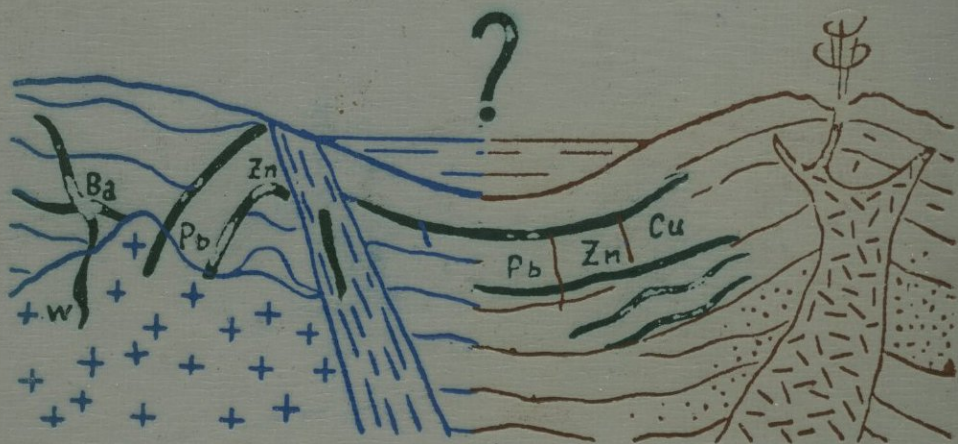


ПРОБЛЕМЫ ГЕНЕЗИСА КОЛЧЕДАННО - ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ РУДНОГО АЛТАЯ



АЛМА-АТА-1977

АКАДЕМИЯ НАУК КАЗАХСКОЙ ССР

ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
ИНСТИТУТ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ НАУК им. К. И. САТПАЕВА

НАУЧНЫЙ СОВЕТ ПО РУДОБРАЗОВАНИЮ

МИНИСТЕРСТВО ГЕОЛОГИИ КАЗАХСКОЙ ССР

ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
ВОСТОЧНО-КАЗАХСТАНСКОЕ ТЕРРИТОРИАЛЬНОЕ
ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ

МИНИСТЕРСТВО ЦВЕТНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ
КАЗАХСКОЙ ССР

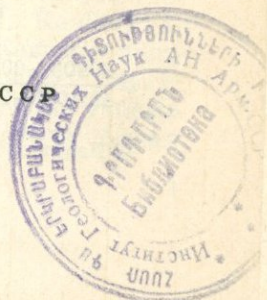
ПРОБЛЕМЫ ГЕНЕЗИСА
КОЛЧЕДАННО-
ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ
МЕСТОРОЖДЕНИЙ
РУДНОГО АЛТАЯ

1930

*Труды совещания по генезису алтайских колчеданно-
полиметаллических месторождений, г. Усть-Каменогорск,
25 августа — 3 сентября 1975 г.*



Издательство «НАУКА» Казахской ССР
АЛМА-АТА · 1977



Проблемы генезиса колчеданно-полиметаллических месторождений Рудного Алтая. [Труды совещания]. Алма-Ата, «Наука» КазССР, 1977.

304 с.

В книге помещены доклады, зачитанные на специальном совещании по генезису алтайских колчеданно-полиметаллических месторождений, которое проходило в г. Усть-Каменогорске с 25 августа по 3 сентября 1975 г. В докладах освещен широкий круг вопросов, касающихся условий залегания, закономерностей размещения и генезиса колчеданно-полиметаллических месторождений Рудного Алтая.

Книга рассчитана на геологов, занимающихся изучением колчеданно-полиметаллических месторождений.

Редакционная коллегия:

А. А. Абдулин (ответственный редактор), Н. Л. Бубличенко, В. М. Волков, Д. И. Горжевский, М. И. Казанцев, А. К. Каюпов, В. С. Кузубный, В. И. Титов, Л. М. Трубников, П. И. Хохлов (ответственный секретарь), Б. Л. Чепрасов, Г. Н. Щерба, Г. Ф. Яковлев.

П 20803—003
407(07)—77 19—77

© Издательство «Наука» Казахской ССР, 1977 г.

ПРЕДИСЛОВИЕ

Вопрос о генезисе колчеданно-полиметаллических месторождений Рудного Алтая, несмотря на длительную историю их изучения и освоения, до настоящего времени однозначно не решен. Это затрудняет выбор правильного направления поисково-разведочных работ.

Наиболее остро дискуссия по этой проблеме проходила в 50-х годах текущего столетия. Затем, после некоторого затишья, она вновь развернулась в конце 60-х — первой половине 70-х годов. Причиной тому послужило появление новых данных, полученных в ходе разведки и отработки весьма специфичных по условиям залегания рудных тел Риддер-Скольного и других месторождений.

В связи с дискуссионностью вопросов генезиса алтайских колчеданно-полиметаллических месторождений и с целью обсуждения этой проблемы, а возможно, и коллективного решения ее по инициативе Научного Совета по рудообразованию Академии наук Казахской ССР было организовано специальное совещание, которое проходило в г. Усть-Каменогорске с 25 августа по 3 сентября 1975 г. Организация совещания осуществлялась ИГН АН КазССР и ВКТГУ при активной поддержке со стороны Восточно-Казахстанского обкома КП Казахстана.

В работе совещания приняли участие более 200 представителей научных и производственных организаций страны — ИГН АН КазССР и его Алтайского отдела, ВКТГУ, ЗСТГУ, Казмингео, Казминцветмета, ЦНИГРИ, Института геологии и геофизики СО АН СССР, ИМГРЭ, ВСЕГЕИ, Института геологии Башкирского филиала АН СССР, МГУ, КазВИРГа, ВИТРа, УКСДИ, ВНИИЦветмета, КазИМСа, Казгипроцветмета, горнообогатительных комбинатов Восточного Казахстана. В числе участников совещания были ведущие ученые в области металлогении, старейшие исследователи Алтая

академик АН СССР В. А. Кузнецов, академики АН КазССР А. К. Каюпов и Г. Н. Щерба, члены-корреспонденты АН КазССР А. А. Абдулин и Н. Л. Бубличенко, восемь докторов и около 70 кандидатов наук, производственники.

Участники алтайского совещания не только заслушали и обсудили доклады по общим проблемам генезиса колчеданно-полиметаллических месторождений Рудного Алтая и отдельным рудным районам и месторождениям, но и достаточно детально осмотрели наиболее интересные объекты региона — Зыряновское, Греховское, Риддер-Сокольное, Тишинское, Николаевское месторождения. Были выявлены соотношения колчеданно-полиметаллических руд с осадочными, магматическими и метаморфическими породами, пликтивными и разрывными структурами, особенности внутреннего строения рудных тел, состава руд и другие важные для рудогенетических построений особенности месторождений.

Участники совещания имели возможность непосредственно после осмотра подземных горных выработок и карьеров обменяться мнениями по наиболее принципиальным вопросам генезиса руд. После поездки по рудным районам была проведена общая дискуссия по вопросам генезиса месторождений.

В своем решении совещание подвело итоги дискуссии и наметило пути дальнейшего изучения колчеданно-полиметаллических месторождений Рудного Алтая, повышения эффективности геологоразведочных работ и увеличения сырьевой базы металлургических предприятий.

Материалы для издания подготовлены кандидатами геолого-минералогических наук П. И. Хохловым и О. А. Ковриго.

ЗНАЧЕНИЕ РУДНОГО АЛТАЯ И ЗАДАЧИ СОВЕЩАНИЯ

А. А. АБДУЛИН

Товарищи! Рудный Алтай со значительным числом колчеданно-полиметаллических месторождений за годы советской власти вырос в одну из ведущих в СССР провинций по производству свинца и цинка. Сегодня здесь действует ряд горнорудных предприятий, базирующихся главным образом на разведанных запасах месторождений Лениногорского, Зырянковского и Прииртышского рудных районов. Удельный вес этих предприятий в свинцово-цинковой промышленности страны весьма значителен. Рост производства на них увеличивается из года в год. Только за последние 8—10 лет на предприятиях свинцово-цинковой промышленности Рудного Алтая объем добычи и переработки руды возрос более чем на 35%. Естественно, такой высокий уровень развития горнодобывающей и металлургической промышленности требует от производственной и научно-исследовательской геологических служб дальнейшего ускоренного расширения местной сырьевой базы, создания многолетней в перспективе базы минеральных ресурсов. В проблеме укрепления и расширения сырьевой базы весьма важную роль играет объективное понимание геолого-металлогенических закономерностей. Эти закономерности лежат в основе прогнозирования полезных ископаемых и в определении направления поисково-разведочных работ. Среди вопросов, касающихся закономерностей проявления и размещения полезных ископаемых, исключительно важное значение имеет проблема возраста и генезиса оруденения. Конечно, этот вопрос для алтайских геологов не нов. Однако постоянная актуальность проблемы, обилие ежегодно получаемых данных, все возрастающий уровень лабораторных методов исследований, заставляют нас еще и еще раз возвращаться к этому важному вопросу. За достаточно длительный период обсуждения проблемы выдвинуты различные точки зрения

на происхождение основных колчеданно-полиметаллических месторождений Рудного Алтая, которые отражают все основные способы образования рудных месторождений.

Среди предложенных идей центральное место занимают две основные генетические концепции: гидротермальная постинтрузивная постскладчатая, предусматривающая связь месторождений с интрузиями позднепалеозойского возраста, и вулканогенная сингенетическая доскладчатая, которая ведущую роль в формировании промышленного оруденения отводит девонскому вулканизму. Различные аспекты этих двух основных идей на происхождение алтайских руд изложены в работах М. С. Безмертной, Л. Н. Бельковой, Н. Л. Бубличенко, П. П. Бурова, Б. И. Вейц, Д. И. Горжевского, И. Ф. Григорьева, И. В. Дербикова, Н. А. Елисеева, П. Ф. Иванкина, А. К. Каюпова, А. Н. Кена, Б. С. Левоника, В. П. Нехорошева, В. Н. Огнева, И. В. Покровской, В. В. Попова, А. И. Семенова, Г. Н. Щербы и многих других геологов.

Наряду с чисто геологическими методами в последние годы для решения проблемы генезиса и возраста оруденения успешно привлекаются данные о глубинном строении рудных районов и узлов, геохимической специализации вмещающих оруденение пород, определения изотопного состава свинца и серы, абсолютного возраста окolorудных серицитов, состава и температуры гомогенизации газовой-жидких включений в минералах, термолюминесцентного эффекта и т. п. Результаты этих исследований освещены в работах А. П. Виноградова, Л. Н. Овчинникова, В. Д. Баранова, Л. Н. Гриненко, О. А. Ковриго, И. В. Покровской, Л. И. Шилова и других.

Следует учесть, что особую роль в решении данного вопроса играют на Алтае геофизические методы исследований. В связи с этим особой целенаправленностью здесь обладают исследования Алтайской экспедиции ВКТГУ, КазВИРГа и ВИРГа.

Из опыта изучения ряда крупнейших горнорудных районов СССР известно, что разработка проблемы генезиса месторождений охватывает весьма широкий круг и других геологических вопросов. Так, за последние годы в связи с интенсивными геолого-поисковыми и прогнозно-тематическими исследованиями, предпринятыми в основном различными геологическими экспедициями ВКТГУ при участии ряда других учреждений получены новые ценные материалы о геотектоническом развитии и глубинном строении в целом Зайсанской складчатой системы и ее отдельных звеньев, о составе, строении и эволюции магматических комплексов, о закономерностях проявления и размещения оруденения в

стратиграфическом разрезе и в различных структурах, о палеотектонических и фациальных условиях осадконакопления, о вещественном составе, минералогии и геохимии руд и рудовмещающих толщ.

Наиболее острая дискуссия по проблеме происхождения и возраста алтайских руд проходила в 50-х годах, когда была выдвинута «эффузивная» гипотеза образования месторождений Рудного Алтая, которая подверглась обсуждению и критике сторонниками «интрузивной» гипотезы. Новая волна оживленных споров наблюдается в последние 3—4 года. В самом деле, в связи с ростом объема добычных и геологоразведочных работ, а также уровня лабораторных исследований к настоящему времени накоплен большой фактический материал, требующий дальнейшего коллективного осмысления. Учитывая эти обстоятельства, а также неопределимое значение научных представлений как в практической геологии, так и в теории рудообразования, по инициативе Научного совета по рудообразованию ИГН АН КазССР совместно с Восточно-Казахстанским территориальным геологическим управлением Министерства геологии КазССР и учреждениями МЦМ КазССР созвано настоящее совещание, являющееся первым совещанием, специально посвященным проблеме генезиса алтайских полиметаллических руд.

Следует сказать о том, что за годы деятельности советских геологов на Алтае проведен ряд важных совещаний, конференций, научно-технических советов, на которых рассматривались различные вопросы геологии, металлогении и перспективы этого района. Среди них нужно особо отметить выездную сессию АН КазССР в г. Усть-Каменогорске в июне 1947 г. Эта сессия, возглавлявшаяся ныне покойным академиком К. И. Сатпаевым, послужила поворотным моментом в истории геологических исследований Алтая и определила основные задачи научных и геологоразведочных работ на Алтае в связи с подготовкой минерально-сырьевых ресурсов для намечающегося тогда резкого расширения горнорудных предприятий Восточного Казахстана.

Позвольте надеяться, что и настоящее рабочее совещание, сопровождаемое осмотром месторождений, не только поможет нам лучше разобраться в сложных вопросах генезиса алтайских месторождений, но и явится конкретным коллективным научным вкладом в дело выработки генерального направления геологоразведочных работ на Алтае, а также послужит стимулом к повышению их эффективности — одного из главных факторов ускоренного расширения минерально-сырьевой базы для горнорудной промышленности Восточного Казахстана.

ОБЩИЕ ПРОБЛЕМЫ ГЕНЕЗИСА
КОЛЧЕДАННО-ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ
МЕСТОРОЖДЕНИЙ РУДНОГО АЛТАЯ

УДК 553.44+553.43(574.42)

**СОСТОЯНИЕ СЫРЬЕВОЙ БАЗЫ РУДНОГО АЛТАЯ
И РОЛЬ НАУЧНЫХ ГИПОТЕЗ В ЭФФЕКТИВНОМ
НАПРАВЛЕНИИ ПОИСКОВО-РАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ**

Л. М. ТРУБНИКОВ

Существование на Рудном Алтае мощной горно-металлургической промышленности, длительность и высокие темпы эксплуатации давно известных месторождений цветных металлов делают все вопросы, связанные с укреплением минерально-сырьевой базы действующих здесь предприятий, важными и актуальными. Состояние же сырьевой базы предприятий Восточного Казахстана сегодня в целом напряженное. Над решением этой сложнейшей проблемы вместе с коллективом ВКТГУ работают коллективы ЦНИГРИ, ВИТРа, ИГН АН КазССР, ИМГРЭ, МГУ, КазИМСа, КазВИРГа, МГРИ, ВСЕГЕИ.

Необходимо отметить, что состояние сырьевой базы Рудного Алтая на различных предприятиях неодинаково: на рудниках, эксплуатирующих сравнительно недавно разведенные месторождения (Тишинское, Николаевское, Иртышское), оно гораздо благоприятнее, чем на рудниках, разрабатывающих старые месторождения (Риддер-Сокольное, Белосовское, Зыряновское и др.).

Напрашивается вопрос, обладают ли недра Рудного Алтая достаточными запасами, чтобы обеспечить в дальнейшем достигнутый уровень выпуска продукции цветной металлургии, или он будет снижаться. Еще несколько лет назад ответить на этот вопрос было трудно. Министерством цветной металлургии на вновь открытых месторождениях вводились новые мощности, добыча руды увеличивалась, приросты запасов снижались. В последние годы объемы геологоразведочных работ на Рудном Алтае были резко увеличены. Интенсификация работ, а также критический пересмотр некоторых действующих теоретических представлений о закономерностях размещения оруденения, изменение методики работ позволили получить результаты, по которым перспективы роста

запасов в районе действующих предприятий представляются благоприятными.

Наиболее сложное положение с состоянием сырьевой базы в начале девятой пятилетки создано на Зырянском свинцовом комбинате. Естественно, что главное внимание управления в последние годы было приковано именно к этому району, в результате чего уже в настоящее время значительно расширены перспективы глубоких горизонтов Зырянского месторождения, доказана целесообразность снижения кондиций; запасы Зырянского месторождения возрождаются заново; одновременно с этим полностью переоценены и запасы Греховского рудного поля.

По-новому рассматривается сегодня и Богатыревско-Осочинское рудное поле, где резко расширены масштабы известных месторождений и открыты новые.

Таким образом, Зырянский комбинат может увеличить выпуск продукции без опасений за судьбу завтрашнего дня, т. е. состояние его сырьевой базы изменено коренным образом.

Состояние сырьевой базы Лениногорского полиметаллического комбината менее напряженное. Обобщение материалов по Риддер-Сокольному месторождению показывает, что перспективы его еще далеко не определены, в связи с чем в ближайшие годы здесь планируется возобновление геолого-разведочных работ.

За девятую пятилетку Лениногорскому комбинату подготовлены для передачи три новых месторождения — Снегирихинское, Гусялковское и Стрежанское, переоценены запасы Шубинского месторождения и несколько расширены перспективы Тишинского месторождения (его глубоких горизонтов).

Открытие нескольких новых рудных участков в этом районе, а также еще не выявленные до конца перспективы Риддер-Сокольного, Тишинского и Гусялковского месторождений указывают на то, что при соответствующих темпах геологоразведочных работ сырьевая база Лениногорского полиметаллического комбината может быть увеличена.

Одним из основных предприятий на Рудном Алтае является Иртышский полиметаллический комбинат, эксплуатирующий месторождения Прииртышья — Белоусовское, Березовское, Ново-Березовское, Иртышское, расположенные в так называемом Березовско-Белоусовском рудном поле.

Запасы рудников этого комбината считались относительно удовлетворительными. По итогам работ, проведенных в последние годы, возрастают запасы Иртышского месторождения, открыты новые залежи на Белоусовском месторожде-

нии. Возможности открытия новых рудных тел на Березовско-Белоусовском рудном поле не исчерпаны, сырьевая база Иртышского полиметаллического комбината будет пополняться.

Восточно-Казахстанским меднохимическим комбинатом только начинается разработка Николаевского месторождения.

Решение вопроса о создании надежной рудной базы горнорудных предприятий Рудного Алтая требует наращивания объемов и темпов геологоразведочных работ, которые особенно возросли за девятую пятилетку. Эффективное использование выделяемых средств может быть обеспечено только на основе применения всех новейших достижений науки и техники, что, в свою очередь, предъявляет повышенные требования к уровню теоретических исследований, особенно в вопросе генезиса колчеданно-полиметаллических месторождений алтайского типа; вопрос этот, как известно, имеет исключительно важное практическое значение, но вот уже длительное время находится в состоянии обсуждения.

Представлений и концепций о генезисе полиметаллических месторождений Рудного Алтая много, выделяются две основные точки зрения. Согласно первой рудные тела образовались в результате гидротермально-метасоматической деятельности постмагматических, а точнее, постинтрузивных процессов после формирования главных складчатых структур региона. Несмотря на то, что у сторонников этой концепции нет единой точки зрения на возраст оруденения и связь его с конкретными магматическими формациями, наложение оруденения на складчатые структуры является главным критерием, по которому можно выделить, по нашему мнению, всю эту группу генетических представлений как единую.

Вторая точка зрения исходит из близкой связи оруденения с вмещающими вулканогенно-осадочными породами и образования основных рудных тел до главной саурской фазы складчатости, что и является главными критериями этой концепции, хотя у ее сторонников также нет единого мнения по многим вопросам.

Казалось бы, все спорные вопросы можно решить просто, ведь не так уж трудно определить возраст оруденения, особенно при наличии базальных конгломератов и множества взаимных пересечений пород и руд. Найдена рудная галька в конгломератах девона, существуют пересечения рудными телами даек явно постскладчатого возраста. Факты, доказывающие возраст оруденения, есть, но нет единой точки зрения на этот вопрос, так как сторонники и той и другой точек

зрения проявляют достаточную гибкость в интерпретации фактического материала.

Сторонники постскладчатого возраста основных рудных месторождений не отрицают наличия оруденения девонского возраста непромышленных масштабов и, наоборот, сторонники доскладчатого возраста оруденения не отрицают наличия мелких месторождений более молодого возраста, кроме того, они допускают существование мощных процессов регенерации оруденения, в результате чего первоначальная форма рудных тел якобы не сохранилась и исчезла, таким образом, возможность суждения об относительном возрасте оруденения по взаимоотношениям рудных тел со складчатыми структурами.

Эта гибкость сторонников различных точек зрения в обращении с конкретными геологическими фактами уводит решение вопроса о генезисе оруденения на Рудном Алтае в область умозрительных рассуждений.

Нет необходимости подробно останавливаться на важности вопроса о генезисе рудных месторождений при их поисках и разведке.

Влияние представлений о генезисе полиметаллических месторождений на практическую деятельность производственных организаций нужно рассматривать в двух аспектах: 1) выбор направления поисковых работ; 2) разработка методики поисковых и разведочных работ.

При выборе направления поисковых работ должны наиболее четко проявляться разногласия между рекомендациями сторонников различных рудогенетических концепций. Однако на самом деле этого нет. В подавляющем большинстве случаев рекомендуются одни и те же участки, а споры в основном ведутся вокруг давно известных месторождений, и вряд ли от этих споров можно получить какую-то пользу.

Необходимо как можно скорее переходить к выбору участков, которые перспективны по одной концепции и бесперспективны по другой. А участки такие должны быть, в противном случае вся дискуссия о рудогенезе вообще не будет иметь никакого практического смысла. И только таким путем можно достичь дальнейшего развития вопросов рудогенеза.

Рассмотрим далее теоретическую позицию геологов управления при определении направления работ.

Существует мнение о том, что большинство геологов-разведчиков Восточного Казахстана придерживается гидротермально-метасоматической постскладчатой концепции. Считается даже, что эта позиция является причиной недостаточной эффективности работ и что стоит, мол, подойти

к ним с точки зрения связи оруденения с вулканизмом, как начнутся новые открытия.

В системе управления есть сторонники и той и другой точек зрения, но в выборе направления работ действительно господствовало и господствует представление о наложении оруденения на сформировавшиеся структуры, т. е. о его гидротермально-метасоматической природе.

Почему же не ведутся работы с позиции вулканогенной концепции? Единственной причиной является отсутствие новых конкретных площадей и методики, которые были бы рекомендованы с точки зрения связи оруденения с вулканизмом. Работы по изучению связи оруденения с вулканизмом на Рудном Алтае почти не ведутся, за исключением исследований, выполняемых коллективом геологов МГУ во главе с Г. Ф. Яковлевым. Но объем этих работ небольшой. За последние годы аналогичные работы начаты и управлением на Ревнюшинской структуре. Между тем анализу палеовулканизма на Рудном Алтае и связи с ним оруденения надо уделять гораздо больше внимания.

Говоря о необходимости развития исследований связи оруденения с вулканизмом, считаем необходимым обратить внимание на слабые, с нашей точки зрения, стороны этой концепции: во-первых, на отсутствие строгого стратиграфического контроля, размах оруденения в значительном диапазоне по вертикали и в то же время на наличие повсеместного химико-литологического контроля локализации руд и, во-вторых, на необходимость признания существования труднообъяснимых мощнейших процессов регенерации с перетолжением больших масс рудного вещества.

Заслуживает, по нашему мнению, внимания поднимаемый время от времени вопрос о том, какая из теорий дает для практических действий больше простора, так как есть суждения о том, что гидротермально-метасоматическая концепция уже изжила себя, а эффузивная открывает новые перспективы.

По нашему мнению, таких категорических выводов делать не следует, хотя бы потому, что эффузивная концепция, в свою очередь, ограничивает сферу поисков стратиграфическими рамками, тогда как гидротермально-метасоматическая допускает по стратиграфической вертикали значительно больший диапазон возможной локализации оруденения.

Но об одном рудоконтролирующем критерии, который на Рудном Алтае длительное время считался одним из важнейших, сказать необходимо. Речь идет о рудоподводящих каналах и рудных ловушках. В некоторых работах отдель-

ные тектонические разломы рассматриваются как рудоподводящие каналы. В каждом из этих случаев не представляет затруднений доказать субъективность квалификации тех или иных разломов как рудоподводящих и возможность с таким же успехом определить в качестве рудоподводящих множество других тектонических нарушений.

Рудными ловушками называются небольшие антиклинальные поднятия, часто сопровождающиеся экранирующими горизонтами, где накапливается рудное вещество (так называемые «закрытые» структуры). К таким структурам приурочены Лениногорское и Зыряновское месторождения. И это, очевидно, послужило основанием считать, что крупные месторождения могут быть образованы только в подобных условиях. В приписываемой монополизации этих структур на концентрацию крупных рудных скоплений и недооценке рудолокализующего значения крутопадающих структур с благоприятной химико-литологической обстановкой и заключается, на наш взгляд, ошибочность этой точки зрения. Примером могут служить планирование и производство геологоразведочных работ на Ревнюшинской структуре. Несмотря на напряженное положение Зыряновского свинцового комбината с сырьевой базой, в начале девятой пятилетки считалось возможным кардинальное решение проблемы только путем открытия новых рудоносных антиклинальных поднятий в Ревнюшинской структуре и в первую очередь — на западном погружении Зыряновской антиклинали, где было безуспешно пробурено множество глубоких скважин. На это и были ориентированы работы Зыряновской экспедиции, которая в 1971 г. на Ревнюшинской структуре выполняла работы в небольшом объеме, а на 1972 г. планировалось их дальнейшее сокращение в связи с тем, что новых, подобных зыряновской, структур обнаружено не было.

Перспективы восточной части Ревнюшинской структуры, несмотря на известные там рудные тела, оценивались низко в связи с отсутствием благоприятных для рудонакопления складчатых структур, зоны оруденения здесь считались «открытыми».

У нас всегда вызывала сомнение переоценка роли складчатых структур в рудолокализации, так как слишком большое количество известных крупных месторождений, в том числе и Тишинское, не подчиняется данному критерию. В связи с этим работы в районе Зыряновского комбината были в корне перестроены, резко увеличены объемы работ на Ревнюшинской структуре, начато изучение рудоносных тектонических структур в восточной и юго-восточной ее частях.

Геологи Зырянской экспедиции сумели в короткий срок переориентироваться, творчески воспринять новое направление. О результатах этого было уже сказано.

Выбор направления геологоразведочных работ — важная, но не единственная задача, которую должна помочь решить теория рудогенеза. С ней тесно связаны и вопросы совершенствования методики поисковых и разведочных работ. Для этих целей наиболее полно весь имеющийся фактический материал находит свое объяснение с точки зрения разрабатываемой П. Ф. Иванкиным концепции о рудно-магматических системах. К сожалению, широкого практического применения этот метод пока не нашел, и это является одной из причин несовершенства применяемой ныне методики разведки.

Для повышения экономической эффективности геологоразведочных работ на Рудном Алтае проводится в настоящее время комплекс мероприятий; проблема генезиса месторождения является одним из важнейших факторов в этом деле, и ее быстрее решение будет способствовать сокращению сроков раскрытия богатств недр Рудного Алтая.

УДК 553.43(574.42)

РАЗВИТИЕ ОСНОВНЫХ РУКОВОДЯЩИХ ИДЕЙ И НАПРАВЛЕНИЯ ПОИСКОВО-РАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ НА РУДНОМ АЛТАЕ

*Д. Г. АЖГИРЕЙ, В. М. ВОЛКОВ, Ю. Ю. ВОРОБЬЕВ,
Д. И. ГОРЖЕВСКИЙ, П. Ф. ИВАНКИН, П. В. ИНШИН,
М. И. КАЗАНЦЕВ, В. С. КУЗЕБНЫЙ, В. П. НЕХОРОШЕВ,
В. В. ПОПОВ, Н. И. СТУЧЕВСКИЙ, Л. М. ТРУБНИКОВ*

В послевоенные годы задачи развития горно-металлургических предприятий Рудного Алтая и увеличения производства цветных металлов потребовали активизации и расширения поисково-разведочных работ. В 1947 г. выездная сессия АН КазССР определила основные направления изучения и освоения производительных сил Большого Алтая. Решения сессии способствовали усилению геологического изучения Рудного Алтая; был взят курс на форсированную разведку главных рудных полей, планомерные геологические съемки,

поисковое и картировочное бурение и ревизию известных рудопроявлений. Научные исследования были нацелены на изучение стратиграфии и палеонтологии, петрографии и литологии рудовмещающих пород, роли структурных факторов в локализации оруденения, геохимическое изучение руд.

В 1949—1954 гг. алтайскими геологами, развивающими представления В. П. Нехорошева, И. Ф. Григорьева, П. П. Пилипенко, Н. А. Елисеева, Н. Л. Бубличенко и других, были проанализированы имеющиеся геологические и геофизические материалы, а также проведены специальные структурно-металлогенические и минералого-геохимические исследования Прииртышского (П. Ф. Иванкин, И. И. Халтурина, М. И. Казанцев, Ф. И. Вьюнов и др.), Зырянско-Бухтарминского (А. К. Каюпов, Е. А. Флеров, Н. Л. Бубличенко, А. И. Духовской и др.), Лениногорского (Г. Н. Щерба, Г. Ф. Яковлев, К. Ф. Ермолаев, А. Н. Литвинович, Б. И. Вейц и др.) и Змеиногорского (Д. И. Горжевский, И. В. Дербинов, П. В. Ершов и др.) рудных районов. Кроме того, успешно разведывались Риддер-Сокольное, Зырянское, Николаевское, Белоусовское, Березовское, Золотушинское месторождения, на которые приходятся основные запасы руд. Был открыт ряд небольших месторождений (Среднее, Майское, Ново-Шемонаихинское, Рулихинское).

Исходя из идей Н. Н. Курека и П. П. Бурова об антиклинальной природе рудолокализирующих структур и экранирующем влиянии сланцев сокольной свиты, Г. Н. Щерба высказал мысль о варисской вулканокупольной структуре Риддер-Сокольного месторождения Лениногорского рудного поля. Доказана рудоконтролирующая и рудолокализирующая роль дизъюнктивных нарушений — послойных срывов и крутопадающих разломов, имеющих дорудный возраст и пересекающих складчатый девон, доказано отсутствие связи оруденения с гранитоидами. Значение крутопадающих разломов обосновано посредством построения горно-геометрических планов рудных залежей (К. Ф. Ермолаев).

На Зырянском рудном поле исследования проводились под руководством А. К. Каюпова и Н. Л. Бубличенко. В итоге было выяснено, что локализация и масштабы оруденения определяются стратиграфо-литологическими и структурными факторами, рудоконтролирующая роль принадлежит глубинным разломам и сопряженным с ними разрывам, а локализирующая — антиклиналям, секущим разломам и межформационным срывам; отмечена пространственно-структурная связь оруденения с жильными породами среднего и основного состава, отнесенными к саурскому комплексу;

выявлены близкое во времени формирование месторождений жильного и пластообразного типа и общность их околорудных изменений, а также приуроченность оруденения к завершающей стадии девон-нижнекаменноугольного тектоно-магматического этапа.

В Прииртышье в ходе исследований, проведенных под руководством П. Ф. Иванкина, были существенно уточнены представления о геологическом строении Березовского, Белоусовского, Николаевского, Золотушинского и других рудных полей. В это же время закрепились точка зрения на Иртышскую зону смятия как на глубинный разлом. Большую роль в деле повышения эффективности геологоразведочных работ сыграли идеи об особом, лентовидном типе рудопоглощающих структур и рудных залежей, согласных с плоскопараллельной и линейной анизотропией рудовмещающих метаморфических сланцев. С участием А. В. Пуркина и других были разработаны структурно-морфологическая типизация месторождений Рудного Алтая и основные вопросы методики поисково-разведочных работ. В начале 50-х годов были организованы широкие поисковые работы на закрытых рыхлыми образованиями площадях Березовско-Белоусовского рудного поля, считавшихся ранее малоперспективными. Открытие в 1953 г. Иртышского (Ю. Ю. Воробьев, Н. И. Стучевский, Л. И. Панкуль и др.), а в 1954 г. Ново-Березовского (А. Я. Гордиенко, В. М. Волков) месторождений подтвердило большую эффективность этого направления поисковых работ и идей о контроле оруденения секущими и субсогласными зонами повышенного рассланцевания и о лентовидных формах рудопоглощающих структур и рудных залежей с направленным склонением.

Положительные результаты научных и геологоразведочных работ этого периода послужили основой для проведения в 1954 г. первых прогнозно-металлогенических исследований ряда районов Рудного Алтая. Итоги геологоразведочных и научно-исследовательских работ за 1949—1954 гг. были подведены на выездной сессии технического совета Министерства геологии и охраны недр совместно с Министерством цветной металлургии и Академией наук КазССР в 1954 г. В решениях этой сессии, определившей дальнейшее направление поисково-разведочных работ, освещены успехи, достигнутые в установлении стратиграфического положения значительной части месторождений, выяснении их геологоструктурных особенностей. Обращено внимание на локализацию месторождений в тех частях девонского разреза, где наблюдается частое чередование различных по составу пород, развитие гидротермальных изменений и малых интру-

зий порфиров и порфиристов. В зонах смятия и в сопряженных структурах решающую роль играет структурно-литологический контроль при подчиненном значении стратиграфического; подчеркнута перспективность комбинированных жильных и пластовых зон.

На сессии было отмечено, что опубликован ряд работ (Б. И. Вейц, И. В. Дербинов, В. Л. Левоник, А. И. Семенов, Л. Н. Белькова, В. Н. Огнев), в которых авторы попытались генетически связать полиметаллические месторождения с вулканогенными породами девонского и нижнекаменноугольного возраста. Подчеркнута недостаточная степень разработанности поисковых критериев с позиций как интрузивной, так и эффузивной гипотез. На сессии многие алтайские геологи высказались в пользу гидротермально-метасоматического генезиса полиметаллического оруденения и наложения его на все структурно-литологические ярусы палеозоя, массивы изверженных пород, продукты контактового и динамометаморфизма.

1930
Период 1955—1965 гг. характеризовался широким размахом поисков слепых месторождений на закрытых рыхлыми отложениями и слабо изученных площадях Рудного Алтая и проведением более детальных прогнозно-металлогенических исследований. В это время расширяются металлогенические исследования в Алтайском горно-металлургическом институте АН КазССР. ВАГТом и ВСЕГЕИ обобщаются результаты многолетних работ, положенных в основу современных представлений о Рудном Алтае. Произошло объединение всех разрозненных геологических сил в системе ВКГУ.

В ходе геологоразведочных работ 1955—1958 гг. были разведаны и переданы для промышленного освоения Иртышское и Ново-Березовское месторождения, выявлены Шубинское месторождение и Глубочанские залежи Белоусовского месторождения. Эти открытия свидетельствовали о том, что промышленные перспективы старых горнорудных районов Алтая далеко не исчерпаны.

В 1958—1965 гг. широко и высокоэффективно проводились стратиграфические, фациально-литологические и петрологические исследования рудовмещающих пород, разрабатывалась систематика околорудных изменений как поисковых критериев. Много усилий было приложено для решения задач структурно-тектонического районирования Рудного Алтая, углубленного изучения месторождений, их генетической классификации. Особое внимание уделялось анализу вещественного состава руд.

В Лениногорском районе в этот период продолжалось



изучение глубоких горизонтов. Резко изменились представления о морфологии «медно-цинкового горизонта» — предполагавшиеся пологие пластообразные тела оказались крутопадающими жильно-штоковерковыми зонами, что привело к существенной переоценке запасов (Б. Л. Чепрасов). Была взята новая ориентация на поиск месторождений иртышского и березовского типа в зонах смятия, окружающих Лениногорское рудное поле. В результате съемок, проведенных ВАГТом в 1952—1957 гг. в Успено-Карелинской и Кедровско-Бутачихинской зонах смятия, установлена перспективность этих зон (Г. Ф. Яковлев), в одной из которых в 1958 г. было выявлено Тишинское месторождение. Руководствуясь правильно намеченными представлениями о структурном контроле рудных тел, наложенном характере оруденения на зоны смятия и четком положении руд в зоне гидротермально-измененных пород, в короткие сроки разведали это месторождение Е. М. Селифонов, В. В. Попов, А. А. Малыгин, Б. В. Маньков и другие геологи. Открытие Тишинского месторождения обусловило расширение поисково-разведочных работ в крутопадающих разломах, зонах интенсивного расщепления в Кедровско-Бутачихинской, Успено-Карелинской и Белоубинской зонах смятия. Впоследствии здесь были обнаружены новые промышленные месторождения (Стрежанское, Гусляковское, Снегирихинское) и рудоносные зоны, находящиеся в настоящее время в стадии оценки.

В Зырянском районе поисково-разведочные работы, проводившиеся с учетом идей о литолого-структурном контроле оруденения, комбинированном (согласном и секущем) типе рудных залежей, обусловили дальнейший прирост запасов руд в 1953—1958 гг. Здесь также был начат поиск новых месторождений в зонах смятия. Открыты Богатыревское и Правоберезовское месторождения. Прослежены на глубину и фланги рудовмещающих структур — «промзоны» Зырянского месторождения, где все время увеличивались запасы руд. Несмотря на это, подсчет запасов по месторождению в 1958 г. был выполнен исходя из предположений о пластообразной форме рудных тел, согласном залегании их со слоистостью рудовмещающих пород и преимущественной концентрации оруденения в ядре антиклинали. Эксплуатация и последующая разведка месторождения в 1959—1970 гг. вскрыли ошибочность этих представлений, подтвердили сложный комбинированный характер рудолокализирующих структур. Сильно изменились представления о формах и размерах рудных тел, что привело к снижению запасов на 40%. Создалось непредвиденно тяжелое положение

с обеспеченностью Зырянского комбината минерально-сырьевой базой.

В Прииртышье в 1957—1964 гг. выявлено и разведано Орловское месторождение (Л. И. Панкуль, И. Т. Сахаров, В. М. Волков, М. А. Кузьменко, В. А. Пашкевич, В. П. Курбатов и др.), выявлены Ново-Золотушинское (М. П. Астафьев, А. П. Беляев и др.), Камышинское (В. И. Утробин), Красноярское, Прогнозное месторождения и существенно увеличены запасы Иртышского месторождения (В. М. Волков, Ю. Ю. Воробьев, Н. И. Стучевский, В. Н. Тиханович, В. А. Шевцов, Ф. Т. Коротченко). При этом за основу принимались представления об определяющей роли стратиграфо-литолого-структурных и магматических факторов контроля оруденения. В Алтайском крае открыты Корбалихинское и Степное месторождения.

В 1957 г. П. Ф. Иванкиным выдвинута стадияльно-метасоматическая гипотеза образования полиметаллических месторождений и предложена схема их зональности. Характерные особенности метасоматической рудной колонны положены в основу прогнозирования на флангах и глубоких горизонтах рудных полей и месторождений. В это же время и в последующие годы сформировались представления о слабой рудоносности в этап собственно вулканического (геосинклинального) развития региона, умеренной — в период становления добатолитовых порфировых интрузий и змеиногорского комплекса и максимальной — в этап формирования поздних малых интрузий. Очень много внимания уделялось проблеме деления рудопроявлений на перспективные и неперспективные. В конце 50-х годов оформились представления о генетически-формационном разнообразии оруденения Рудного Алтая и его разновозрастности (Н. Г. Кассин, П. Ф. Иванкин, П. В. Иншин, В. С. Кузевный). Были разработаны поисково-оценочные критерии для месторождений различных формационных типов, что повысило эффективность геологоразведочных работ. При проектировании этих работ учитывались закономерная пространственная связь рудных зон с дайковыми поясами и ареалами альбитофиров и порфиритов, а также данные многоэтажности оруденения в структурах.

В 1958—1966 гг. были составлены геологические и прогнозные схемы Прииртышского района (В. С. Кузевный, Н. И. Стучевский, Ю. Ю. Воробьев, Б. П. Бедарев и др.) и Северо-Восточной зоны смятия (Д. Г. Ажгирей, В. В. Коробов, Р. М. Ажгирей, М. С. Козлов). На научно-технической конференции Академии наук и Министерства геологии и охраны недр КазССР, проходившей в г. Усть-Каменогорске

в 1963 г., были обсуждены и одобрены основные результаты и направление поисков и разведки за 1958—1963 гг., основывающиеся на результатах прогнозных работ. Были одобрены и основные принципы, заложенные в карты прогнозов, и принято решение о форсировании завершающего этапа составления этих карт.

В период с 1966 по 1970 г. эффективность геологоразведочных работ несколько снизилась. Это можно объяснить следующими причинами:

1. Размещение детальных съемок и поисков преимущественно на новых площадях. В Рудном Алтае они продолжались только в Лениногорском районе, где были получены положительные результаты, заключающиеся в приросте запасов руд на Стрежанском, Снегирихинском и Гусляковском месторождениях.

2. Ослабление работ на глубоких горизонтах и флангах главных рудных полей, а также прекращение разведки многих старых недооцененных месторождений.

3. Слабая концентрация работ на прогнозных площадях. Специальная проверка показала, что по состоянию на 1973 г. прогнозы в значительной мере не были реализованы.

4. Малые объемы и разрозненность работ научно-исследовательских организаций.

5. Отсутствие эффективных геофизических и геохимических методов глубинных поисков.

Кроме того, снизился научно-методический уровень реализации прогнозов, в частности, допущена неоправданная переоценка роли стратиграфических факторов и так называемых рудоносных уровней и явная недооценка роли магматизма, разрывной тектоники и многотипности оруденения.

В 1971—1974 гг. на Рудном Алтае было проведено повторное прогнозирование (ВКТГУ, ЗСТГУ, ЦНИГРИ, АО ИГН КазССР, ИМГРЭ, МГРИ, МГУ, КазИМС, КазВИРГ, Аэрогеология). Эти работы явились логическим продолжением прогнозно-металлогенических исследований, осуществленных в 1954—1962 гг. Вместе с тем они содержали и ряд новых важных элементов. Исследования выполнялись на новой геологической основе, опирающейся на значительные объемы горных, буровых и геофизических работ в таежных и степных районах. Использовались результаты аэрогеологических методов, а также данные новейших геохимических и геофизических исследований, обработанные с применением вычислительной техники и современных методов трансформации полей. Обычный комплект карт, положенный в основу прогнозов, дополнен картами элементов глу-

бинного строения по геолого-геофизическим данным и картами геологических предпосылок и поисковых признаков.

В эти годы в Лениногорском районе разведаны Юбилейно-Снегирихинское (Р. И. Кужахметов и др.), Гуслияковское (М. Г. Сорокинский и др.) и Стрежанское (Н. Г. Сухарев и др.) месторождения. В ходе прогнозно-металлогенических исследований в Зырянском районе (А. К. Каюпов, А. М. Марьин, С. А. Солтан, Н. Г. Кудрявцева, Н. Н. Биндеман, В. Б. Чекваидзе, Д. Г. Ажгирей) развивались и совершенствовались представления о литолого-стратиграфических, структурно-магматических и гидротермально-метасоматических факторах контроля оруденения, об эпигенетичности последнего по отношению к основным и второстепенным структурам Рудного Алтая. В этом районе значительно увеличиваются запасы Греховско-Снегиревского и Богатыревского рудных полей (С. А. Солтан и др.). В северо-западной части Рудного Алтая открыты и разведаны Степное, Таловское (В. М. Чекалин и др.) и Рубцовское (А. Я. Доронин и др.) месторождения.

В результате проведенных исследований подтвердилось мнение ряда геологов о наличии на Алтае месторождений девонского возраста (Лениногорский, Змеиногорский, Золотушинский и Рубцовский рудные районы).

Результаты детальных прогнозных работ, выполненных в 1974 г., одобрены решением сессии секции рудных полезных ископаемых НТС Министерства геологии СССР. Выявленные закономерности локализации оруденения позволили дать оценку исследованной территории, наметить перспективные участки, уточнить направление, методику и объемы дальнейших поисков по конкретным площадям. План реализации прогнозных рекомендаций был положен в основу проекта работ в ВКГУ и ЗСТГУ на 1975—1980 гг. Опыт работ Восточно-Казахстанского управления в 1974—1975 гг. показывает, что эти рекомендации успешно реализуются с одновременным принципиальным усовершенствованием поисково-разведочных работ на основе комплексирования глубокого бурения и геофизических методов глубинных зарядов большой силы тока, межскважинного просвечивания и других.

Обобщая сказанное, мы приходим к следующим выводам:

1. Металлогеническая специфика Рудного Алтая обусловлена возникновением его структур в условиях интенсивного раздробления и погружения древнего Алейско-Рубцовского срединного массива и формирования системы наложенных герцинских эвгеосинклиналей и разделяющих их

остаточных поднятий — реликтов срединного массива. Промышленные полиметаллические месторождения приурочены главным образом к периферическим частям остаточных поднятий, амплитуда погружения которых в среднем девоне — фране не превышала 3000 м.

2. Определяющее значение в контроле оруденения имеют крупные, длительно развивавшиеся разломы различных направлений, рассекающие известные в районе структурные ярусы. Участки пересечения разломов контролируют унаследованное развитие рудоносных магматических формаций и концентрацию оруденения. Рудолокализующими являются складчатые структуры разных порядков, межформационные и послонные срывы, секущие разломы и зоны динамометаморфизма.

3. Колчеданно-полиметаллическая минерализация на Рудном Алтае проявляется по всему стратиграфическому разрезу девона и карбона, а также в интрузивных породах и метаморфических сланцах нижнего палеозоя. Большинство же промышленных полиметаллических месторождений пространственно связано с базальтово-липаритовой (кварцево-кератофировой) формацией, в частности, с контрастной базальтово-липаритовой подформацией и набором ее комагматов. Месторождения размещаются в слоистых частях свит, где чередуются различные по составу породы.

4. Полиметаллическое оруденение на Алтае характеризуется разнообразием формационных типов, по-разному связанных с магматическими формациями: минерализация, обусловленная девон-каменноугольным вулканизмом; алюмокварцевая, пропилюто-кварцевая, колчеданная, кварцево-жильная, медно-пирротиновая, медная и полиметаллическая формации, связанные с комплексом добатолитовых порфиров и габбро-диабазов; медно-пирротиновая, серноколчеданная, медно-цинковая и полиметаллическая формации, ассоциирующие с комплексом поздних малых интрузий порфиров и порфиритов.

5. Все промышленные колчеданно-полиметаллические месторождения Рудного Алтая в минералого-геохимическом отношении могут быть подразделены на несколько формаций и подформаций (руды этих месторождений содержат различные главные и попутные полезные компоненты и обладают специфическими закономерностями размещения в геологических структурах и условиями образования).

6. Подавляющее большинство промышленных полиметаллических месторождений тесно связано с серицит-кварцевыми метасоматитами слабо гидrolитического разложения, гипогенного кислотного выщелачивания и осаждения.

Эти типы метасоматитов хорошо увязываются с рудами месторождений различных формаций и подформаций.

7. Полиметаллическое оруденение на Алтае полихронно: в различных структурно-формационных зонах процессы рудообразования проявились разновремененно. По-видимому, имеются месторождения девонского и нижнекаменноугольного возраста, ассоциирующие с синкинематическими интрузивами, расположенными в северо-западной части Рудного Алтая и, вероятно, в Лениногорском районе, и месторождения верхнепалеозойского возраста, распространенные в юго-восточной его части (в Иртышском и Зырянском районах). Возможно также существование «регенерированных» полиметаллических руд, возникших под влиянием теплового воздействия более молодых интрузий и связанных с ними эманаций, обогащенных хлором, фтором и углекислотой. Не исключено образование «ремобилизованных» полиметаллических руд.

8. Основным методом поисков скрытых полиметаллических месторождений на Рудном Алтае следует признать глубинный геологический прогноз, дающий конкретное направление горным, буровым, геофизическим и геохимическим производственным работам.

9. Прогноз необходимо строить на комплексном формационно-металлогеническом анализе, добиваясь объемного (трехмерного) отображения геологических структур до глубины 2—3 км и четкого объемного представления о рудных полях. Должны учитываться все важнейшие, проверенные в течение десятилетий, критерии прогнозирования и оценки месторождений, вся полнота знаний об эксплуатируемых рудных полях.

10. При составлении геологических и прогнозных карт естественным объектом поисков и оценки должно быть рудное поле как целостное геологическое образование. Следует учитывать также многообразие структурно-морфологических типов рудных полей, формационных видов минерализации и условия их проявления. Задачами геологического картирования и поисков должны быть определение возможных границ рудного поля, его морфоструктурного типа, размеров, зональности, формационного и генетического типов известных рудопроявлений, установление потенциальных перспектив рудопроявлений и благоприятных структур на промышленное оруденение.

11. После того как будут намечены границы рудного поля, необходимо выяснить его внутреннее строение. При этом объектами поиска и оценки служат конкретные рудные тела и их группировки. Здесь главными задачами ста-

новятся выявление и картирование локальных рудовмещающих горизонтов и структур, контролирующих распределение рудных тел.

12. Необходимо тесное взаимодействие геологических, геохимических и геофизических исследований, обеспечивающих при геологической съемке «снятие» чехла рыхлых отложений, фациально-литологическое расчленение вулканических образований и палеореконструкцию вулканических сооружений, а при геофизических исследованиях — наиболее полное выявление глубинных структур, влияющих на размещение оруденения, и прослеживание их до возможных глубин. Комбинирование глубокого бурения с глубинным зарядом — крайне актуальная задача. Другой важной задачей геофизических исследований должно быть установление рудных тел в межскважинном и околоскважинном пространстве. Должна быть повышена роль геохимических исследований, направленных на выяснение комплексов признаков, позволяющих разбраковывать эндогенные ореолы и устанавливать на основе их зонального строения возможную глубину залегания рудных тел и их состав.

13. С целью повышения эффективности геологических, геофизических и геохимических исследований большое внимание следует уделять опорному структурному бурению в комплексе со скважинной геофизикой на всех стадиях изучения перспективных площадей и структур.

14. Дальнейшие теоретические исследования должны опираться на весь достигнутый опыт, углублять и расширять геолого-металлогенические представления, основанные на закономерностях, надежно проверенных на практике. Необходимо также дальнейшее повышение теоретического уровня исследований и научно-геологической квалификации геологов-производственников, решающих задачи все возрастающей сложности.

15. Исследователями, изучающими Рудный Алтай, накоплен большой опыт работ по творческому содружеству научных и производственных геологических коллективов. Только путем дальнейшего укрепления этого содружества можно добиться целенаправленного и экономного расходования огромных средств, выделенных на геологоразведочные работы на Рудном Алтае, и повысить эффективность этих работ.

ОСНОВНЫЕ ГИПОТЕЗЫ О ГЕНЕЗИСЕ КОЛЧЕДАННО-ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ РУДНОГО АЛТАЯ

А. К. КАЮПОВ

Проблема генезиса и возраста полиметаллического оруденения на Алтае и прежде всего его промышленного типа представляет большой научно-геологический интерес. В настоящее время она приобретает важное практическое значение в связи с необходимостью поисков здесь месторождений, особенно не выходящих на современную денудационную поверхность.

На протяжении многих десятилетий вопрос о генезисе и времени формирования полиметаллических месторождений был и остается в центре внимания исследователей Рудного Алтая и рассматривается обычно на базе анализа постоянно накапливающихся фактических материалов.

До 40-х годов безраздельно господствовала, по существу, одна точка зрения на генезис полиметаллического оруденения в Рудном Алтае, согласно которой это оруденение является эпигенетичным по отношению к вмещающим его структурам осадочно-вулканогенных толщ палеозоя и генетически связано с жильной серией (кварцевые порфиры, альбит-порфиры) многофазного змеиногорского интрузивного комплекса, впервые выделенного Н. А. Елисеевым (1932). В это же время М. А. Усов (1936, 1937) выдвинул гипотезу о связи рудоносных порфиров Рудного Алтая с нижнекиммерийским вулканизмом.

В настоящее время большинство исследователей Рудного Алтая считают, что указанные порфиновые породы в основном относятся к субвулканической и экстррузивной фациям и, за редкими исключениями, имеют девонский возраст (эйфель — фран). Если «мезозойским» порфирам придать их действительно девонский возраст, то идея М. А. Усова будет представлять собой полный аналог появившейся в середине 40-х годов гипотезы о генетической связи алтайских колчеданно-полиметаллических месторождений с девонским вулканизмом.

Следует сказать, что почти в это же время В. А. Обручев (1934 г.) предположил, не являются ли алтайские полиметаллические месторождения корнями тех палеозойских

вулканов, которые в дальнейшем были уничтожены денудацией.

На основании фактов приуроченности полиметаллического оруденения к вулканитам девона и различной степени метаморфизованности руд Б. И. Вейц (1945) высказала мысль о возможности объяснения происхождения полиметаллических месторождений с позиций гипотезы А. Н. Заварицкого о генезисе уральских медноколчеданных месторождений.

Таким образом, на вооружении геологов Рудного Алтая находятся две основные, конкурирующие между собой гипотезы о генезисе алтайских колчеданно-полиметаллических месторождений, условно именуемые интрузивной и эффузивной. У сторонников каждой из этих гипотез нет единого мнения об условиях проявления, связи с магматизмом, источнике и времени образования полиметаллических месторождений, о поисковых критериях и т. д.

Имея в виду сходство взглядов на связь полиметаллического оруденения с интрузивным магматизмом, можно в известной мере объединить представления В. П. Нехорошева, Н. А. Елисеева, И. Ф. Григорьева, А. П. Никольского, Г. М. Гапеевой, В. М. Синицина, Ф. К. Шипулина и других исследователей.

Как известно, первую фундаментальную сводку о интрузивных образованиях Юго-Западного Алтая дал Н. А. Елисеев (1932, 1936, 1938), выделив среди них два основных интрузивных комплекса — змеиногорский и калбинский. Генетически связывая полиметаллическое оруденение со змеиногорским комплексом, он не касался вопроса об узком геологическом времени проявления не только данного оруденения, но и самого змеиногорского комплекса, который в целом он относил к варисской эпохе магматизма. По Н. А. Елисееву (1938), интрузии пород змеиногорского и калбинского комплексов возникли соответственно до и после формирования алтайских зон смятия.

Согласно Н. А. Елисееву (1932), в состав змеиногорского интрузивного комплекса входят породы от нормальных гранитов до оливиновых норитов. Жильными производными данного комплекса являются кварцевые порфиры, кварцевые альбитофиры, гранит-порфиры, гранофиры, кварцевые диоритовые порфириты, диоритовые порфириты, лампрофиры, аплиты и пегматиты, диабазы, т. е. те «малые интрузии» и жильные образования, которые вообще известны на Рудном Алтае. При этом Н. А. Елисеев (1932, 1938) отмечал, что граниты змеиногорского комплекса в своих краевых частях переходят в гранит-порфиры, гранофиры,

кварцевые альбитофиры и кварцевые порфиры, что и дало ему основание принимать породы данного комплекса за производные «гипабиссальной интрузии».

И. Ф. Григорьев (1934) считает, что из змеиногорских гранитоидов в боковые породы выдавливались «кислые магматические экстракты», из которых в результате дифференциации образовались кварцевые порфиры, гранофиры, кварцевые альбитофиры и полиметаллические руды. Время формирования алтайских месторождений, по его мнению, определяется возрастом змеиногорского комплекса вообще и его жильной фации — порфиров в частности.

Аналогичного взгляда на образование указанных месторождений придерживались Г. М. Гапеева и В. М. Синицин (1941), по представлениям которых полиметаллические руды являются дифференциатом гранитной магмы, создавшей породы змеиногорского комплекса. Тесная же ассоциация руд и интрузивных порфиров объясняется ими одновременным выдавливанием их в результате тектонических движений.

По В. П. Нехорошеву (1937 г.), все эндогенные месторождения Юго-Западного Алтая обязаны своим происхождением проявлению «тектонических и магматических процессов, имевших место на Алтае на границе палеозоя и мезозоя».

Касаясь отношения полиметаллического оруденения к порфировым породам, В. П. Нехорошев (1940) отмечал, что «связь полиметаллического оруденения с порфирами, как с непосредственным источником... ни у кого сомнений не вызывала». Но в своих последующих работах он отошел от этого представления и стал рассматривать интрузивные порфиры как «попутчики» оруденения. В последнем случае В. П. Нехорошев следует Ю. А. Билибину (1945), который представлял оруденение колчеданно-полиметаллического типа парагенетически связанным с малыми интрузиями и эффузивами, подчеркивая, что и «рудные месторождения и магматические тела суть проявления одних и тех же глубинных, вероятно подкоровых, магматических очагов».

Подвергая критике взгляды других исследователей на генезис полиметаллического оруденения Рудного Алтая, В. П. Нехорошев (1955) приходит к выводу о том, что «с герцинскими (верхнепалеозойскими) гранитоидами парагенетическая связь полиметаллического оруденения несравненно более близкая, чем с девонскими и нижнекарбонowymi эффузивами, являющимися не более как вмещающими породами».

В. А. Соколов (1936) отрицал связь «рудоносных порфиров» с змеиногорским комплексом и полагал, что круп-

ные тектонические движения, происходившие в этих зонах (по его мнению) в мезозое и в третичное время, могли обусловить «проявление и вулканической и связанной с ней рудообразовательной деятельности».

А. И. Семенов считал, что змеиногорский комплекс имеет среднекарбонный возраст и выделил из его состава так называемую «рудноалтайскую серию», в которую объединил все порфириновые породы, принимавшиеся Н. А. Елисеевым за образования краевой фации и жильные дериваты гранитоидов указанного комплекса. До 1954 г. А. И. Семенов придерживался представлений о генетической связи полиметаллического оруденения с змеиногорским комплексом вообще и с его «рудноалтайской серией» в частности.

Ю. А. Билибин (1953), подчеркивая неприложимость гипотезы А. Н. Заварицкого о генезисе колчеданных залежей Урала к объяснению происхождения алтайских полиметаллических месторождений, считал вероятной их связь «с малыми близповерхностными интрузиями кварцевых альбитофиров». Полиметаллическое оруденение на Алтае, по мнению Ю. А. Билибина, моложе интрузивных пород и зон сматия.

Ф. К. Шипулин (1958) все интрузивные породы Зырянского рудного района объединил в пять интрузивных фаз, относящихся к одной комагматической серии, т. е. к образованиям из одного глубинного магматического очага, состав которого эволюционировал во времени «от основного до кислого и субщелочного». С данным очагом он связывал полиметаллические месторождения, сформировавшиеся, по его мнению, в этап проявления поздних малых интрузий основного, среднего и кислого состава, происходивших из более глубокого очага основной магмы.

А. П. Никольский (1946, 1948) считал, что полиметаллические месторождения Рудного Алтая своим происхождением обязаны процессам ассимиляции гранитной магмой карбонатно-терригенно-вулканогенных толщ, а несколько позднее генезис их объяснял уже с позиций явлений гранитизации (Никольский, 1955).

П. Ф. Иванкин, В. С. Кузубный, П. В. Иншин и другие, пожалуй, первые из исследователей Рудного Алтая высказали мнение о полихронности и полиформационности проявлений цветнометальной минерализации в данном регионе. Они выделяли на Рудном Алтае три рудоносных интрузивных комплекса: «добатолитовых порфириновых интрузий», змеиногорских гранитоидов и поздних (верхнепалеозойских) порфиринов и порфиритов. Комплекс добатолитовых порфири-

вых интрузий, появление которых связывают с саурской (визейской) фазой тектогенеза, объединяет все те кварцевые порфиры и кварцевые альбит-порфиры, которые, как отмечалось ранее, являются либо жильными породами змеиногорского комплекса (по Н. А. Елисееву), либо субвулканическими интрузиями девонского возраста (по И. В. Дербинову, А. К. Каюпову, Г. Ф. Яковлеву и др.). С этим комплексом генетически связана мощная гидротермальная переработка девонских осадочно-вулканогенных пород, образование большой массы очень рассеянной свинцово-цинковой минерализации, небольших рудопроявлений медной и колчеданно-полиметаллического оруденения.

Змеиногорским комплексом, по П. Ф. Иванкину и другим, вызвано формирование довольно большой группы скарново-рудных (контактово-метасоматических) проявлений железной, медной, медно-цинковой и полиметаллической минерализации. Схема рудообразования: ороговикование пород — дробление — скарнирование — предрудные средние- и низкотемпературные метасоматиты — рудная минерализация.

Комплекс малых интрузий, самостоятельность и молодой (верхнепалеозойский или мезозойский) возраст которых признаются не всеми исследователями Рудного Алтая, находится, по П. Ф. Иванкину, в парагенетическом родстве с промышленными колчеданно-полиметаллическими месторождениями.

Основная идея, которой придерживается П. Ф. Иванкин в области металлогении Рудного Алтая, заключается в следующих трех положениях: степень «металлизации» магматических формаций (вулканических, плутонических) возрастает в направлении от более ранних к более поздним их комплексам; «разновременные интрузии, поздние экструзии, вмещающие их лавы и туфы, с одной стороны, и залежи полиметаллических сульфидных руд, с другой, имеют отношение друг к другу не как продукт к источнику, а как разновременные продукты к общему для них глубинному источнику»; все промышленные колчеданно-полиметаллические месторождения Алтая имеют верхнепалеозойский возраст, процессы окolorудного метаморфизма пород и рудообразования наложены на предрудные тектонические структуры.

На основании материалов детального изучения Лениногорского рудного поля Г. Н. Щерба (1954, 1957) сделал ряд выводов: а) структура участка Риддер-Сокольного месторождения — это складчато деформированный вулканопол, сыгравший важную роль в рудолокализации (наличие

такой структуры, однако, еще однозначно не доказано); б) наиболее благоприятными для рудоотложения структурами были зоны брекчирования, дробления и срывов на контактах различных по механическим свойствам пород и крутопадающие трещины, которые секут «различные стратиграфические и структурные комплексы»; в) «рудные тела во всех случаях обнаруживают приуроченность к зонам нарушений и трещиноватости, часто пересекают пликативные структуры»; г) «рудные тела на Успенском месторождении располагаются в тектонической зоне, пересекающей сланцеватость зоны смятия (надвига), а сами руды, по данным Б. И. Вейц, столь же слабо метаморфизованы, как и лениногорские» (разрядка наша. — А. К.).

Таким образом, на Риддер-Сокольном месторождении руды размещаются в дорудных тектонических структурах и залегают «под сланцевыми экранами». Роль складчатых и разрывных структур в рудолокализации на этом месторождении подчеркивали ранее Н. Н. Курек, П. П. Буров (1934), К. Ф. Ермолаев (1957 г.) и другие исследователи.

По мнению Г. Н. Щербы (1957), девонские вулканиты и, возможно, малые интрузии и рудоносные растворы связаны с магматическими массами «из нижележащего гранитного слоя Земли», которые в каледонском структурном ярусе образовали неглубоко залегающие (1—2 км) очаги.

Несомненный интерес представляют впервые обнаруженные М. В. Тацининой и Б. Л. Чепрасовым (1955) на Риддер-Сокольном месторождении эруптивные брекчии. С одной стороны, они секут сплошные и прожилково-вкрапленные руды и содержат обломки рудных и нерудных метасоматитов, а с другой — несут в цементе наложенное оруденение. По заключению данных исследователей, рудообразовательный процесс здесь был длительным, многостадийным и происходил в условиях уже сформировавшихся пликативных структур.

В обсуждении проблемы генезиса, возраста, структурно-геологических условий формирования, связи с магматизмом и других аспектов геологии колчеданно-полиметаллических месторождений Рудного Алтая участвовали многие исследователи: Д. И. Горжевский, Г. Ф. Яковлев, М. Г. Хисамутдинов, В. В. Попов, З. В. Сидоренко и другие. Большинство этих геологов (Д. И. Горжевский, Г. Ф. Яковлев, М. Г. Хисамутдинов и др.), следуя представлениям В. П. Нехорошева, П. Ф. Иванкина и других, считали возраст полиметаллических месторождений молодым, верхнепалеозойским. В подтверждение этого они приводили такие доводы, как связь

рудных тел с тектоническими структурами «верхнепалеозойского» возраста, наложение оруденения на контактовые роговики и скарнированные породы в экзоконтактах «верхнепалеозойских» гранитоидов, отсутствие контактовых воздействий последних в рудах, тесная пространственно-структурная связь месторождений с «верхнепалеозойскими» малыми интрузиями порфириров и порфириритов и т. п. Однако и по сей день остается однозначно нерешенным вопрос о том, с какой фазой варисского тектогенеза и с какими магматическими формациями (вулканическими, плутоническими) находится в причинной (генетической или парагенетической) связи данное оруденение.

Как уже было отмечено, первые предпосылки для объяснения происхождения алтайских полиметаллических месторождений с позиций гипотезы А. Н. Заварицкого о генезисе колчеданных руд Урала появились в 40-х годах в работах Б. И. Вейц (1945, 1949).

Вслед за Б. И. Вейц в защиту идеи о роли вулканизма (в основном девонского) в эндогенном рудообразовании на Алтае выступил Б. С. Левоник (1950). Основные положения его идеи таковы: а) складчатые структуры данного региона образовались после рудоотложения; б) полиметаллические месторождения имеют девонский возраст и приурочены к древним вулканическим аппаратам; в) рудовмещающие брахискладки, будучи наложенными, послерудными, не влияли на процессы рудоотложения, а напротив, их формирование вызвало метаморфизм руд и деформацию рудных залежей; г) вулканические аппараты (или жерловые структуры) присутствуют «почти во всех алтайских месторождениях». Следовательно, по Б. С. Левонику, в качестве главного поискового критерия на Алтае можно принять структуры девонских вулканических аппаратов, которые в одних районах могут быть еще не вскрыты, а в других — сдундированы и прикрыты рыхлыми отложениями.

По мнению И. В. Дербикова (1952, 1962), образование основной массы полиметаллических месторождений Алтая приходится на мощный вулканический цикл, проявившийся в девоне и нижнем карбоне. Многоэтажное размещение однотипных полиметаллических месторождений в разрезе девона и редко нижнего карбона, по его представлению, связано с многостадийностью вулканической деятельности. Порфириновые породы, часто встречающиеся в рудных районах Алтая, рассматриваются им как субгипабиссальные (субвулканические) интрузии. Профиль оруденения зависит от перемежаемости извержений магм разного состава: изливания основной магмы обуславливают появление суще-

ственно медных, а кислой магмы — полиметаллических месторождений. Эта же мысль позже была поддержана и Б. И. Вейц.

Б. И. Вейц (1953, 1959) в вопросе о возрастных соотношениях полиметаллического оруденения и складчато-разрывных нарушений, а также о роли девонских вулканических аппаратов в рудолокализации солидарна с Б. С. Левоником. Заслуживает внимания установленный Б. И. Вейц факт различия в степени метаморфизма рудных залежей в зонах смятия и вне их. Однако и Б. И. Вейц никогда не утверждала, что руды и вмещающие их породы метаморфизованы в одинаковой мере. О доинтрузивном возрасте месторождений (Сургутановского, Таловского и др.), по ее мнению, свидетельствует наличие контактового воздействия интрузий на руды.

В деле укрепления позиции эффузивной гипотезы определенную роль сыграли отмечавшиеся Н. Л. Бубличенко (1945, 1961) закономерности размещения полиметаллических месторождений в разрезе девонских осадочно-вулканогенных толщ, где им было выделено три основных рудоносных стратиграфических уровня.

Дальнейшее развитие и обоснование эффузивная гипотеза получила в работе Л. Г. Бельковой и др. (1954). В подтверждение своих доводов они приводили: а) исключительную приуроченность месторождений пластового типа к участкам распространения вулканогенных пород; б) пластообразную форму и согласное с вмещающими породами залегание рудных тел; в) разную степень метаморфизма руд в зонах «герцинских разломов» и вне их.

В пользу данной гипотезы они приводят также отсутствие бесспорно доказанной связи месторождений пластообразного типа с верхнепалеозойскими разломами и с границами змеиногорского комплекса.

Эти исследователи, как и ранее упомянутые сторонники рассматриваемой гипотезы, считают, что образование гидротермально-измененных пород и рудоотложение происходили в близповерхностных условиях и «скорее всего в условиях дна морского бассейна (в результате взаимодействия минерализованных гидротермальных растворов с морской водой)». В данном случае речь идет о вулканогенно(гидротермально)-осадочном способе рудообразования, сочетающемся с близповерхностным гидротермально-метасоматическим. Главная масса руд в месторождениях, генетически связанных с вулканизмом, сформировалась в девоне и частично в раннем карбоне. Месторождения же жильного типа возникли в результате «переработки и переотложения рудного

вещества пластообразных месторождений в процессе метаморфизма», т. е. в процессе регенерации ранее отложившегося рудного материала.

Гранитоидам змеиногорского комплекса отводится скромная роль — генетическая связь с ними лишь небольшого количества месторождений жильного типа.

Все изложенное, естественно, приводит данных исследователей к выводу о том, что полиметаллические месторождения пластообразного, т. е. промышленного, типа на Рудном Алтае «возникли вблизи вулканических аппаратов в связи с эффузивным вулканизмом».

Эффузивная гипотеза образования алтайских полиметаллических месторождений в 50-х годах подверглась весьма резкой критике, в частности В. П. Нехорошевым, Г. Н. Щербой, П. Ф. Иванкиным и другими. Здесь, вероятно, нет особой необходимости останавливаться на тех доводах, которые приводились ими для доказательства слабых сторон или вообще несостоятельности эффузивной гипотезы. Отметим лишь некоторые моменты.

П. Ф. Иванкин (1951) свое отношение к эффузивной гипотезе выразил довольно четко: «Б. С. Левоник... попытался искусственно привести в соответствие свои гипотетические предположения с поверхностно понятыми геологическими структурами полиметаллических месторождений». Г. Н. Щерба (1951), опровергая доводы Б. С. Левоника о доскладчатом возрасте месторождений и о их связи с девонскими вулканическими аппаратами, пишет: «Никаких веских оснований считать рудовмещающие структуры послерудными нет, если исходить из фактов» — и указывает на отсутствие вулканических аппаратов на Лениногорском, Зырянском и многих других месторождениях Рудного Алтая. Касаясь представлений Л. Г. Бельковой и др. (1954), Г. Н. Щерба (1954) заявляет, что в приведенных ими описаниях «нет оснований видеть наличие мощного раннего рудообразования, сингенетичного с накоплением вулканических пород». Утверждение Б. С. Левоника и Б. И. Вейц о том, что тектонические структуры не влияют на рудоотложение, он пытался опровергнуть ссылкой на многолетнюю практику работ геологов Алтая. В. П. Нехорошев (1955) вообще не видит ничего разумного в эффузивной гипотезе.

Начиная с 60-х годов некоторые бывшие защитники интрузивной гипотезы стали активными сторонниками ими же в свое время раскритикованной эффузивной гипотезы (Г. Н. Щерба, Г. Ф. Яковлев и др.) Новое поколение сторонников эффузивной гипотезы изменение своих прежних пред-

ставлений мотивирует тем, что пора пересмотреть существующие взгляды на генезис алтайских месторождений на базе новых материалов. Это правильно. Однако информативность этих материалов для разработки тех или иных научно-теоретических вопросов алтайских полиметаллических месторождений невелика даже по сравнению с данными 15—20-летней давности.

К числу материалов, которые отличаются определенной информативностью, несомненно, относятся данные по детальному фотокартированию 2-й Риддерской рудной залежи, карьеров Тишинского и Николаевских месторождений.

Для обоснования эффузивной гипотезы в настоящее время приводятся практически те же данные и доводы, что и четверть века тому назад. В качестве новых фактов в пользу этой гипотезы выдвигают якобы синхронное рудонакопление (2-я Риддерская залежь), наличие пострудных даек, данные по изотопам свинца и серы, а также перманентность процессов гидротермально-осадочного и гидротермально-метасоматического рудообразования, регенерации и т. п.

В настоящее время накоплен большой фактический материал по 2-й Риддерской рудной залежи. Однако противоречивые толкования его не позволяют пока прийти к единому мнению о ее генезисе.

Г. Н. Щерба (1968, 1974), И. В. Покровская и О. А. Ковриго (1970) утверждают, что процесс вулканогенно-осадочного рудоотложения на 2-й Риддерской залежи почти без значительного перерыва сменился гидротермально-метасоматическим (Основная залежь). Но такая модель уже не будет правильной, если признать представление Б. Л. Чепрасова о том, что 2-я Риддерская залежь — продукт дезинтеграции и перетложения руд Основной Риддерской залежи.

Пострудные диабазовые дайки, хорошо изученные Б. Л. Чепрасовым и др. (1969) на Риддер-Сокольном месторождении, не вносят ясности в решение вопроса о верхней возрастной границе оруденения, так как они могут иметь любой возраст, вплоть до мезозойского.

Несомненный интерес представляют дорудные дайки андезитовых порфиритов того же месторождения (Чепрасов и др., 1969). Если даже допустить, что эти дайки представляют собой корни вулканитов ильинской свиты (как полагает В. Т. Мосолков), то гидротермально-метасоматическое рудоотложение могло происходить только после накопления данной свиты, и отпадает представление о синхронном образовании руд Основной рудной залежи.

Данные по изотопам свинца (Шилов и др., 1971) и серы (Авдонин и др., 1972) из руд Риддер-Сокольного и Тишинско-

го месторождений, конечно, являются ценным информативным материалом. Но они ничего не говорят ни о генезисе, ни о возрасте этих месторождений, а указывают лишь на общий глубинный источник свинца и серы и на разбавление эндогенной серы биогенной на ранних стадиях рудообразования, что вполне понятно.

Как известно, А. П. Виноградов (1955) и его сотрудники, изучая изотопы свинца из алтайских месторождений и некоторых интрузивных массивов, пришли к выводу о том, что эти месторождения относятся к одной металлогенической эпохе, с которой совпадает время становления Парыгинского массива тоналитов.

На близость изотопного состава свинцов из разных месторождений Алтая, из пород даек, структурно связанных с рудными телами, и ранних (саурских) гранитоидов указывает З. В. Сидоренко (1964).

Согласное соотношение рудных тел и вмещающих пород, что якобы свидетельствует о доскладчатом возрасте руд, — кажущееся, псевдосогласное. Нельзя считать согласными рудные тела, например, Тишинского месторождения, где зона главного рудоконтролирующего разлома отчетливо сечет серию сложных по морфологии складок пород ильинской и особенно сокольной свит, а основное рудное тело дает ряд секущих апофиз в боковые дислоцированные и гидротермально-измененные в дорудный период породы. Примерно такую же картину (апофизы) можно наблюдать и на Иртышском месторождении.

Считать скарново-рудные образования результатом регенерации пока нет решительно никаких оснований. Эти образования, по нашему мнению, возникли в период, когда на полях поздних фаз дорудных (саурских) интрузивов существовал еще температурный градиент.

Присутствие вулканических аппаратов под почти всеми месторождениями Алтая или вблизи их пока достоверно никем не доказано.

В качестве одного из критериев доскладчатого возраста рудных тел сторонниками эффузивной гипотезы выдвигается зональность в размещении типов руд или минеральных парагенетических ассоциаций. Считая, что рудные залежи сформировались в доскладчатое время, зональность заведомо принимают совпадающей с направлением нормальной мощности. Она будет таковой, разумеется, в двух случаях: когда мы имеем дело с синхронным рудоотложением и когда рудовмещающая структура в момент рудообразования залегает горизонтально. Действительно, в пологих рудных телах (Ленинское, Николаевское и др.) ось зональности, по идее,

должна быть ориентирована почти вертикально. Практически во всех известных нам случаях зональность в рудных телах, залегающих круто, ориентирована не по мощности, а по линии восстания.

Для суждения о возрастном соотношении руд и структур ценной является модель, построенная по результатам тектоно-физического анализа геологии месторождений Лениногорского района Алтая (Яковлев, 1972; Яковлев, Старостин, 1972). Согласно ей, в конце первого, так называемого синвулканического этапа (поздnevулканическая предрудная стадия), по существу, сформировалась вся рудовмещающая структура месторождений — «приоткрывание в сводах антиклиналей, образование межформационных зон дробления и срывов, локальных зон рассланцевания пород». Причем образование этих структурных форм авторы связывают с тектоническими движениями, проявившимися «в верхнем девоне, отчасти в нижнем карбоне». К этим движениям по времени было близко гидротермально-метасоматическое рудообразование. Вулканическая постройка, например, на Тишинском рудном поле была сильно деформирована, «приобрела в результате складчатости крутое залегание, осложнена межформационными срывами, зонами дробления и рассланцевания. В них локализованы руды, которые претерпели метаморфизм благодаря более позднему региональному рассланцеванию» (Яковлев, Старостин, 1972).

На этой модели мы видим «нормальный» ход формирования структур алтайских месторождений с позиции идей о их послескладчатом возрасте. При этом следует заметить, что возникновение и оформление рудолокализирующих структур на Алтае, скорее всего, были связаны с саурской (визейской) фазой тектогенеза, так как в позднем девоне заметных тектонических движений здесь не было.

Наши представления (Каюпов, 1954, 1956, 1959, 1964; Каюпов и др., 1957) о генезисе и возрасте колчеданно-полиметаллических месторождений Рудного Алтая в основном сводятся к следующему:

1. Формирование основных складчатых и разрывных структур, в том числе и рудовмещающих вулканогенно-осадочных толщ девона и раннего карбона, а также внутреннего строения региональных зон разломов и смятия Алтая было связано с саурской (визейской) фазой варисского тектогенеза.

Важную роль в распределении фаций и мощностей среднепалеозойских вулканогенно-осадочных образований, а также в формировании вмещающих месторождения струк-

тур сыграли конседиментационные движения блоков каледонского основания и ограничивающие их разломы.

2. К той же визейской фазе тектогенеза относится образование впервые выделенного нами на Алтае саурского комплекса гипабиссальных интрузивных пород габбро-плагиогранитной формации и его жильной серии пород основного, среднего и умеренно кислого состава. Заметим, что идея о выделении на Рудном Алтае дорудной (саурский комплекс) и послерудной (калбинский тип) интрузивных групп, ранее объединенных Н. А. Елисеевым (1938) в один змеиногорский комплекс, и о раннекаменноугольном возрасте алтайских полиметаллических месторождений впервые возникла в процессе проведенного нами в начале 50-х годов прогнозно-металлогенического анализа Зырянского и Бухтарминского рудных районов. Эта идея поддержана и заимствована рядом исследователей данного региона (Щерба, 1954, 1957 и др.).

3. К концу среднепалеозойского тектоно-магматического этапа (визе — ранний намюр) проявилась гидротермальная деятельность, предопределившая, с одной стороны, предрудные изменения вмещающих толщ и с другой — формирование месторождений колчеданно-полиметаллического типа.

Гидротермальные изменения пород и эндогенная рудная минерализация медного и полиметаллического состава наложены, таким образом, на структуры, созданные конседиментационными блоковыми движениями и саурской фазой тектогенеза.

4. Среднепалеозойскому этапу развития Рудного Алтая обязано возникновение двух парагенетических комплексов — магматического и рудного. Магматический комплекс — совокупность пространственно и структурно сопряженных магматических пород различного фациального положения (эффузивные, субвулканические, интрузивные образования) со сходными петрохимическими свойствами, обусловленными, вероятно, общностью происхождения их из единого глубинного источника (магматического очага). Рудный комплекс — совокупность рудноалтайских месторождений колчеданно-полиметаллического типа.

Таким образом, по нашему мнению, полиметаллическое оруденение на Рудном Алтае генетически не связано ни с эффузивами девона и нижнего карбона, ни с интрузивами саурского комплекса, а находится с ними в парагенетическом родстве.

5. Общность геотектонического развития отдельных районов Рудного Алтая делает правдоподобной мысль о том, что нижний карбон в региональном плане, вероятно, является

верхней возрастной границей цветнометалльного оруденения, в том числе и проявлений благородных металлов.

6. В орогенный этап тектоно-магматического развития (верхний палеозой) в рассматриваемом регионе накапливались континентальные отложения, происходили довольно интенсивные, но дифференцированные тектонические движения и образовались значительные массы гранитоидов, которые могли уничтожить часть среднепалеозойских полиметаллических месторождений, оказать контактовое воздействие на руды и вызвать регенерацию ранее образовавшегося рудного вещества. Динамометаморфизм руд алтайских месторождений, очевидно, связан с верхневарисскими и более молодыми тектоническими движениями.

Характер метаморфизма руд отдельных алтайских месторождений действительно находится в определенном соответствии с дислоцированностью вмещающих пород. Вместе с тем не вызывает сомнений тот факт, что метаморфизм руд бесспорно слабее, чем дислоцированность вмещающих их вулканогенно-осадочных образований. Все это объясняется, по нашему мнению, различной в тектоническом отношении мобильностью отдельных районов Рудного Алтая как в дорудный, так и в послерудный этапы их развития.

Из представлений о нижнекарбоневом возрасте полиметаллического оруденения на Рудном Алтае, естественно, могут быть сделаны следующие выводы практического характера:

а) Поскольку образование месторождений колчеданно-полиметаллического типа, по нашему мнению, происходило на среднепалеозойском этапе развития Рудного Алтая, то поиски их должны проводиться в районах распространения девон-раннекаменноугольных вулканогенно-осадочных толщ, пород саурского интрузивного комплекса и тектонических структур, связанных с саурской фазой варисского тектогенеза и с конседиментационными блоковыми движениями каледонского основания.

б) Верхнепалеозойский структурно-стратиграфический ярус не перспективен на полиметаллические руды.

в) Поисковые работы в региональном плане следует вести прежде всего в тектонически мобильных в прошлом зонах, характеризовавшихся в среднем палеозое наибольшей проницаемостью для магматических расплавов и рудоносных флюидов, насыщенностью продуктами вулканизма, широким проявлением складчато-глыбовых тектонических и вулканотектонических структур и пестротой разрезов, благоприятных для рудоотложения. В таких зонах крупные рудные узлы с промышленными месторождениями возникают

на фоне блоков каледонского основания, испытавших воздымание относительно смежных погружавшихся блоков. В таких рудных узлах максимальные концентрации оруденения приходятся на зоны срывов контактов пород различной компетентности.

г) Все площади, занимаемые послерудными гранитоидами и верхнепалеозойскими осадочно-вулканогенными образованиями, должны быть исключены из поисков полиметаллического оруденения.

В заключение следует отметить, что, несмотря на отсутствие однозначного решения проблемы генезиса полиметаллических месторождений, геологи Рудного Алтая в последние годы добились заметных результатов в деле расширения и укрепления рудной базы ряда горнодобывающих предприятий (в частности, Зырянского комбината). Это произошло не потому, что направление поисково-разведочных работ устанавливалось на основе эффузивной, или вулканогенной, гипотезы, как утверждают, например, Г. Н. Щерба (1968, 1974) и другие исследователи. В самом деле те проекты поисковых работ, реализация которых действительно привела к увеличению перспектив промышленной рудоносности ряда рудных полей, особенно Зырянского района, целиком и полностью основываются на известных закономерностях размещения месторождений и на поисковых критериях, выработанных в течение многих десятилетий в процессе поисково-разведочных, эксплуатационных работ и научно-тематических исследований.

УДК 553.444.067.001

ВУЛКАНОГЕННАЯ ГИПОТЕЗА ПРОИСХОЖДЕНИЯ КОЛЧЕДАННО-ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ РУДНОГО АЛТАЯ

Г. Н. ЩЕРБА

Вулканогенная гипотеза применительно к основным колчеданно-полиметаллическим месторождениям Рудного Алтая возникла в результате современного анализа и обобщения огромного фактического материала по геологии, текто-

нике и магматизму региона, а особенно по строению рудных полей, месторождений, минеральному и химическому составу руд и вмещающих пород. Развитию ее способствовали работы И. В. Дербикова (1952), Г. П. Болгова, Н. Л. Бубличенко, Б. И. Вейц (1953 г.), Н. И. Воронцова, Б. С. Левоника, Л. Н. Бельковой, В. Н. Огнева (1954 г.), И. В. Покровской, О. А. Ковриго (1970), Б. Л. Чепрасова, Г. Ф. Яковлева (1972 г.), а также общетеоретические исследования А. Н. Заварицкого, В. И. Смирнова, Г. С. Дзоценидзе, В. Н. Котляра и других авторов. Будучи вначале сторонником «интрузивной» гипотезы, мы уже тогда отмечали ее недостатки (Щерба, 1954).

Обоснование вулканогенной гипотезы и ее основные положения отражены в наших статьях (Щерба, 1954, 1967, 1968, 1974), поэтому здесь мы коснемся только некоторых важных положений гипотезы и частных особенностей рудоотложения в месторождениях алтайского типа, которые будут рассмотрены участниками настоящего рабочего совещания.

Значение более правильных представлений о генезисе месторождений резко возросло в настоящее время, когда возникла необходимость оценки промышленных перспектив Рудного Алтая и поисков глубоко залегающих руд. По этой причине Научным советом по рудообразованию предложено провести настоящее рабочее совещание по генезису.

Недостатки существующих послескладчатых (послевизейских) гипотез

За последние 20 лет к ранее отмеченным нами недостаткам «интрузивной» гипотезы (Щерба, 1954) добавились и новые. Несмотря на появление новых вариаций «интрузивной» гипотезы (связи руд либо с определенными саурскими гранодиоритами, либо с малыми интрузиями — допермскими, послепермскими, поздними порфирами), пока не обосновано наличие конкретного источника рудообразования, нет петрохимической и метасоматической колонок, нет модели рудного процесса. В связи с этим, в сущности, нет и новых поисковых критериев, о чем свидетельствуют и последние три статьи В. В. Попова (1975). Отсутствие новых критериев кажется непонятным, поскольку в этом направлении уже много лет работают ученые специалисты различных учреждений. Само появление новых вариантов «интрузивной» гипотезы — свидетельство неуверенности ее сторонников, отсутствия решающих ключевых фактов. Если определяющие факты так и не были обнаружены за последние

десятилетия самых тщательных поисков, то, может быть, они вообще не существуют?

Справедливости ради нужно сказать, что с разнообразными интрузивными магматическими комплексами на Алтае действительно установлено свое оруденение (но только не колчеданно-полиметаллическое), чем было подтверждено давнее предположение, высказанное впервые Н. Г. Кассиным на Алтайской сессии (1947).

Причины дискусионности

Помимо разного уровня исследования главными причинами разногласий являются сложность геологической истории региона, многократность мощного магматизма, тектоники, сложность строения основных рудных полей, сложно-переменные условия самого первичного процесса рудообразования (различные *PT*-параметры и способы отложения рудного вещества, многократность и телескопирование оруденения, изменения первичных залежей).

Истинные временные соотношения пород, руд нарушены наложенной складчатостью, динамометаморфизмом, контактовым метаморфизмом и другими видами регенерации. Замеры *PT*-условий по включениям в минералах отражают главным образом наложенные вторичные процессы. Все это порождает неоднозначность отдельных наблюдаемых фактов, поэтому в первую очередь заслуживают изучения слабоизмененные месторождения и рудные залежи.

Есть все же три основные реальности, которые надо учитывать, если мы хотим, чтобы наши дискуссии по генезису алтайских месторождений были плодотворными и не превращались в схоластические споры.

Первая реальность — месторождения расположены только там, где развиты дифференцированные вулканы базальтово-липаритовой, базальт-андезит-дацитовой формаций среднего и верхнего девона, в которых руды обычно и залегают. Состав руд изменяется с изменением состава вулканитов.

Вторая реальность — колчеданно-полиметаллические рудные тела и сами руды подверглись тем же деформациям, динамометаморфизму, метаморфизму, что и вмещающие их осадочно-вулканогенные породы.

Третья реальность — наличие на ряде месторождений синхронных с вмещающими породами стратифицированных залежей пластовых руд седиментного характера (Лениногорский, Шемонаихинский, Рубцовский районы).

Доказано также, что седиментные и гидротермально-метасоматические руды близки по своим минералого-геохи-

мическим признакам и формировались либо синхронно, либо с незначительным разрывом во времени на разных уровнях колонки рудообразования.

Основные положения и перспективы вулканогенной гипотезы

По вулканогенной гипотезе основное колчеданно-полиметаллическое оруденение Рудного Алтая связано с очагами девонского базальтоидного вулканизма, располагавшимися, по-видимому, в докембрийском структурном ярусе «базальтового» слоя. Выделение рудных компонентов в раствор было вызвано контрастной дифференциацией базальтовой магмы. По достижении «липаритового уровня» в раствор начали переходить избыточные продукты этой дифференциации — Ca, Mg, Si, создавшие на горизонтах отложения вместе с терригенным и вулканокластическим материалом карбонатные породы (известняки, доломиты), силициты, а также Fe, Cu, Pb, Zn, Ba, S, CO₂ — основные компоненты рудного парагенезиса (атасуйский механизм). В зависимости от конкретных локальных условий из этих восходящих разветвленных потоков растворов среди осадочно-вулканогенных пород в условиях резко пониженных температуры и давления, щелочности среды на дне морского бассейна в относительно рыхлой вулканотектонической структуре формировались седиментные и гидротермально-метасоматические руды. Процесс рудоотложения был прерывисто-непрерывным, и в общем случае осадочное рудоотложение сменялось гидротермально-метасоматическим. Седиментные залежи накапливались в понижениях вулканического рельефа, в перерывах между эксплозиями, метасоматические — часто в положительных вулканокупольных структурах, вблизи радиально-концентрических вулканических трещин, на склонах сооружений.

Рудные компоненты осаждались обычно в такой последовательности по стадиям рудоотложения: Fe, S → Fe, Zn, Cu, Pb, S → Cu, Zn, S → Pb, Ba, Zn, S или Fe, Cu, S → Fe, Cu, Zn, S → Cu, Pb, Zn, S. Иногда эта последовательность нарушалась, но всегда в начале осаждалось железо (в сульфидной или окисной форме), а в конце — Pb, Zn, Cu, Ba и другие сопутствующие компоненты.

С завершением определенного внутридевонского цикла вулканизма (а их было не менее трех) заканчивалось и рудообразование. В дальнейшем происходили лишь преобразования, начиная с диагенеза, затем наложения последующих циклов и разного рода регенераций и деформаций.

Вулканогенная гипотеза дает геологам новые поисковые критерии (Белькова, 1954; Щерба, 1954, 1968, 1974; Яковлев, 1972), позволяет по-новому подойти к оценке перспектив Рудного Алтая, в недрах которого на доступных глубинах заключены еще крупные резервы полиметаллических руд.

В то же время надо отметить и слабости вулканогенной гипотезы, вызванные не только небольшим периодом ее окончательного оформления (с 1968 г.), но и «угнетенным» состоянием ее на Алтае — она не признавалась и специальные исследования не проводились, а начатые работы прекращались (работы Н. И. Воронцова на Зырянке и др.). До сего времени нет даже специальных структурно-фациальных исследований рудовмещающих осадочно-вулканогенных формаций.

Кроме этого, необходимо изучение еще следующих вопросов:

а) связи циклов вулканизма, степени дифференцированности вулканитов и рудообразования;

б) геохимии вулканитов, рудовмещающих пород и руд (кроме ореолов);

в) стадийности рудного процесса его продолжительности, *PT*-параметров;

г) изменения форм месторождений и рудных тел при деформациях (складчатости и смятия);

д) процессов метаморфизма пород и руд, регенераций и масштабов этих явлений;

е) исследований радиологического возраста пород и руд, изотопии;

ж) разработки дополнительных поисковых и оценочных критериев.

Необходимо осуществить также комплексное исследование главных рудных полей и месторождений и составить их описания на современном научном уровне.

Вулканогенная гипотеза недавно вновь подверглась критике (Попов, 1975). По нашему мнению, голословные критические замечания в мой адрес (сделано 54 упоминания!) в большинстве несостоятельны и нет смысла в продолжении подобной полемики. Однако необходимо отметить, что автор правильно акцентировал внимание на 2-й Риддерской залежи, которую мы впервые еще в 1967 г. (Щерба, 1967) определили как синхронную вулканогенно-осадочную, близкую по характеру к месторождениям атасуйского типа. В. В. Попов утверждает, что она поздняя эпигенетическая гидротермально-метасоматическая. Им приводятся данные о переходе рудных слоев по простиранию в кальцитовые прожилки. Надо заметить, что рудные слои здесь чередуются с алев-

ролитовыми, доломитовыми, есть более поздние кальцитовые жилки, но никто из непосредственно изучавших залежь геологов перехода рудных слоев в кальцитовые жилки не обнаружил.

Участники совещания будут иметь возможность увидеть эти руды, познакомиться с новыми данными изучения этой залежи И. В. Покровской и О. А. Ковриго, а также сторонников ее метасоматической природы, что позволит им судить о степени достоверности наших выводов.

О длительности рудообразования

Продолжительность образования алтайских месторождений устанавливается на основании ряда фактов:

1. Колчеданно-полиметаллическое оруденение не только пространственно, но и во времени связано с формированием контрастных базальтово-липаритовой и базальт-андезит-дацитовой формаций среднего и верхнего девона. Уже в нижнем карбоне ни эти формации, ни руды практически не отмечаются.

2. Согласно синхронные руды залегают в разрезе эйфеля на несколько десятков или первые сотни метров выше границы с нижним палеозоем. Самые верхние продуктивные горизонты установлены в фамене. В нижнем карбоне с вулканизмом связано иное по характеру полиметаллическое и медное оруденение.

3. Седиментные руды установлены на нескольких уровнях в эйфеле, живете, фране, фамене; основными являются три уровня: эйфель, живет—фран, фамен. Они точно фиксируют нижние границы периодов рудоотложения.

4. Верхние границы рудообразования определяются положением рудокластов в перекрывающих руды осадочных породах. Такие рудокласты задокументированы в отложениях малоульбинской свиты нижнего карбона (район Николаевского месторождения), во франских песчаниках на Рубцовском месторождении (данные И. Г. Чинакова), на Покровском месторождении и в других местах.

Рудокласты в брекчиях взрывного характера, имеющих сложную кактусовидную форму, фиксируют лишь внутренние границы рудоотложения, поскольку цемент их часто также минерализован.

Следовательно, общая продолжительность рудообразования на основных месторождениях определяется интервалом времени от начала эйфеля до конца фамена или начала турне, т. е. порядка 30—35 млн. лет. Формирование же отдельных месторождений ограничено еще более узкими периодами времени (рудоотложение после начала вулканизма

каждого цикла, наличие в девоне трех-четырех периодов рудоотложения, многоэтажность седиментных залежей одного уровня) в 5—10 млн. лет и менее. Накопление же седиментных рудных залежей вообще было достаточно кратковременным, поскольку они высокоритмичны и формировались в узких промежутках времени между практически непрерывавшимся отложением алевропелитового материала. Подтверждение этому мы находим и в современном вулканизме (руды кальдеры Санторин и другие). Диагенез следовал сразу же за накоплением руд.

Явно более длительным по сравнению с седиментным рудным процессом был метасоматоз. В каждом месторождении он начинался раньше накопления вулкано-химических осадков (ниже их уровня), сопровождал их и затем продолжался вплоть до возникновения самых последних генераций, т. е. охватывал период формирования каждого месторождения в целом.

Следовательно, можно считать, что рудоотложение происходило многократно, причем активизировалось в девоне через 5—10 млн. лет.

Нет оснований удлинять продолжительность рудного процесса, включать сюда и периоды регенерации. Время рудоотложения ограничивалось длительностью основного геологического процесса, что же касается последующих изменений руд, то они продолжаются по настоящее время.

Регенерация

Под регенерацией в широком смысле мы сейчас понимаем преобразование ранее существовавшего рудного вещества. На алтайских месторождениях выявлены разнообразные виды регенерации, иногда совмещенные в одних месторождениях, особенно расположенных в мобильных зонах.

Гидротермально-метасоматическая регенерация — наиболее распространенная. Она проявлена в той или иной степени на всех месторождениях. Обусловлена воздействием восходящих потоков растворов девонских вулканических очагов меняющегося состава на все ранее образованные руды, встречающиеся на их пути. Эта регенерация, накладываясь на седиментные руды, придает им облик гидротермальных (избирательная перекристаллизация, метасоматоз, бластез, крустификация, гидротермальные изменения боковых пород и др.). Труднее уловить влияние этой регенерации в рудах метасоматических или выполнения. Обнаруживается переотложение компонентов из нижних на верхние горизонты метасоматической колонки. Главное время воздействия — средний — верхний девон.

Динамометаморфическая регенерация — в зонах смятия, сопровождаемая деформацией рудных тел, минералов, перекристаллизацией, новообразованием минералов метаморфического парагенезиса и относительным перемещением рудных тел и их частей, минералов (месторождения Тишинское, Белоусовское, Березовское, Греховское и мн. др.). Время проявления — средний и верхний карбон.

Контактово-метаморфическая регенерация распространена много шире, чем это кажется на первый взгляд, поскольку она имела место в термальных полях всех послерудных интрузивов. Выражена в частичной перекристаллизации руд, переотложении, и в том числе наложении регенерированных сульфидов на контактовые скарны, роговики (месторождения Старковское, Таловское и др.). Периоды проявления — с саурских интрузий, среднего карбона до перми включительно.

Магматическая регенерация выражена в поглощении и ассимиляции расплавом вмещающих пород и руд с последующим частичным отложением рудного вещества в другом формационном виде (вкрапленно-прожилковое, жильное, зоны метасоматоза). На Рудном Алтае около половины площади продуктивного девона сейчас занято разнообразными интрузиями. Многие массивы гранитоидов змеиногорского комплекса расположены в тех местах, где на пересечениях зон глубинных разломов предполагались девонские рудные узлы (Алейский, Межовский, Ивановский, Белоубинский и другие массивы), или пересекают линейные рудные зоны. Проявление периодическое, от среднего карбона до перми.

Эксплозивная регенерация способствовала частичному разрушению ранее образовавшихся рудных тел, перемещению обломков руд вместе с брекчиями и частичной перекристаллизации (месторождения Риддер-Сокольное, Николаевское и др.), происходила главным образом в девоне, возможно, еще и в нижнем карбоне.

К категории регенерационных процессов, видимо, следует отнести также механическое разрушение, переотложение рудного материала при сейсмических толчках в подводных условиях. При этом возникали слои переотложенных обломочных руд (рудо- и кристаллоклостов), сцементированных веществом вмещающих пород или рудным.

Опыт изучения месторождений алтайского типа позволяет конкретизировать применение некоторых, нередко употребляемых терминов или частично ограничить их использование.

Так, например, по отношению к седиментным рудам нежелательно применение термина «эксгальационно-осадочные», ибо эксгальциации в условиях субмаринных вулканогенных структур растяжения задолго до выхода на морское дно превращаются в гидротермы.

Термин «гидротермально-осадочные» также не совсем удачен ввиду того, что осаждение происходит не из гидротерм, а из уже охлажденных, разбавленных морской водой рассолов. Кроме того, происходят перемыв, переотложение рудного вещества, примешивание вулканокластики, выщелачивание рудного вещества из разрыхленных осадков и т. д. Учитывая это многообразие условий осаждения рудного вещества на дне вулканических депрессий, когда невозможно определить долю участия любого механизма, лучше употреблять более общий термин — «**вулканогенно-осадочные**» с последующей оценкой преобладающего способа отложения в любом конкретном случае.

Повышенная сейсмичность в процессе седиментации в условиях контрастного вулканического рельефа резко усиливает процессы перемыва, переотложения. Из ранее консолидированных рудных слоев возникают **оползневые брекчи**, образуются и прослой валунчатых руд, сцементированных алевропелитовой массой.

Следует обратить внимание и на другие гравитационные явления, сопровождающие седиментацию. Поскольку рудная гелевая или кристаллическая масса, отлагаясь на илистые нелитифицированные слои, обладала удельным весом, в 2—2,5 раза большим, чем илы, то нижняя поверхность согласных рудных бескорневых слоев приобретала из-за просадки бугристый характер, здесь появлялись своеобразные западины, «карманы», «мешки», сложенные раскристаллизованной сульфидной массой, а иногда даже перемытыми рудокристаллокластами. Наоборот, поверхность кровли, если не проявлен метасоматоз (Щерба, 1968), становилась более ровной, горизонтальной, сульфидная масса — более мелководнистой. т. е. происходило как бы заполнение неровностей просадочного микрорельефа. Можно предложить называть подобные нижние поверхности седиментных рудных прослоев **гравитационными**, а верхние — **покровно-нивелирующими**. По их положению в пространстве при

последующих дислокациях можно определить первоначальное залегание рудных тел.

Полихронность свойственна всем вулканогенным и другим месторождениям, поскольку всегда имеется несколько стадий и этапов рудообразования, последовательность которых не всегда закономерна вследствие полицикличности вулканизма. С завершением вулканических процессов, исчерпанием энергетических и материальных ресурсов очагов затухает и сам рудный процесс. На Рудном Алтае уже в нижнем карбоне возник новый вулканический цикл андезито-дацитового вулканизма со своим, иным по составу и характеру, вкрапленно-прожилковым медным и полиметаллическим оруденением. В других районах появились и интрузивные формации, также сопровождаемые своей минерализацией. Поэтому нет оснований считать продолжительность девонского колчеданного рудоотложения считать очень большой (даже до перми) и выносить ее за рамки длительности формирования самой базальтово-липаритовой формации. В данном случае колчеданно-полиметаллическое рудообразование завершилось к нижнему карбону.

Полигенность — термин, иногда применяющийся для того, чтобы подчеркнуть наличие в одном месторождении седиментных и метасоматических руд. Но ведь в строгом смысле этого понятия требуются и различные источники рудного вещества. У нас же источник один и тот же, процесс седиментогенеза сопровождается (на нижних корневых, подводящих растворяющих путях) и закономерно сменяется гидротермальными метасоматозом и выполнением полостей. В сущности, это единый многообразный процесс, варьирующий в зависимости от конкретных локальных условий. Применение данного термина по этим причинам также должно быть ограничено (Щерба, 1974).

* * *

Подводя итоги, мы считаем, что за последние годы вулканогенная гипотеза для Рудного Алтая укрепилась благодаря подтверждению положения о согласном залегании и конформных деформаций пород и руд, наличию на ряде месторождений синхронных с вмещающими породами промышленными рудными залежами, обнаружению рудокластов в перекрывающих осадочных породах девона. Эта гипотеза открывает новые перспективы в обнаружении запасов полиметаллических руд, дает геологам дополнительные поисковые критерии и признаки. В то же время мы видим необходимость в постановке ряда специальных (упомянуты выше) исследований, чтобы восполнить упущенное и углубить наши знания о процессах вулканогенного рудообразования.

ПЕРВИЧНЫЕ И ПРЕОБРАЗОВАННЫЕ ВУЛКАНОГЕННЫЕ КОЛЧЕДАНО- ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКИЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ РУДНОГО АЛТАЯ

Г. Ф. ЯКОВЛЕВ, В. В. АВДОНИН, Т. Я. ГОНЧАРОВА,
Ю. И. ДЕМИН, Н. И. ЕРЕМИН, С. М. КРОПАЧЕВ,
В. А. НАУМОВ, Б. В. МАНЬКОВ, М. Ф. МИКУНОВ,
В. И. СТАРОСТИН, М. Г. ХИСАМУТДИНОВ

Концепция связи алтайских месторождений с вулканизмом девонского возраста была выдвинута в 50-е годы (Вейц, 1953; Белькова, Огнев, Семенов, 1954 и др.). Она была подвергнута критике со стороны тех геологов, которые считали месторождения Рудного Алтая более молодыми и связанными с малыми интрузиями — нижнекаменноугольными (Каюпов, 1954 и др.) или верхнепалеозойскими (Иванкин, 1954; Нехорошев, 1956 и др.).

Интерес к вулканогенной гипотезе вновь проявился недавно благодаря работам Г. Н. Щербы (1968, 1974б), И. В. Покровской, О. А. Ковриго (1970) и других. Существенным фактором в этом направлении является дальнейшая разработка теоретической основы генезиса колчеданных месторождений, созданной В. И. Смирновым (1970, 1972) и другими учеными. Вулканогенную гипотезу на Алтае поддерживали как молодые исследователи (Маньков, 1969; Наумов, 1973; Авдонин, 1974; Старостин и др., 1973 и др.), так и геологи старшего поколения, пересмотревшие свои прежние взгляды (Яковлев, 1972; Хисамутдинов, 1974; Чернов, 1974 и др.).

Однако есть у этой гипотезы и противники (Бедарев и др., 1974 и др.). Это вполне естественно, если учесть, что в данной колчеданоносной провинции вулканогенные колчеданно-полиметаллические месторождения подверглись значительным преобразованиям в результате полиметаморфизма и регенерации, которые изменили первичный облик руд, и поэтому их генезис расшифровывается с большим трудом (Яковлев и др., 1975).

Структурно-формационно-фациальная позиция колчеданно-полиметаллических месторождений. Все промышленные колчеданно-полиметаллические месторождения Рудного Алтая приурочены к раннегеосинклинальным осадочно-вулканогенным толщам девонского возраста. Они не выходят за

пределы развития как по вертикали, так и по латерали базальтово-липаритовой формации эйфель-франского возраста. На распределение алтайских месторождений в разрезе вулканогенно-осадочных отложений девона впервые обратил внимание Н. Л. Бубличенко (1961), причем им было выделено несколько стратиграфических узлов оруденения, в том числе эйфельский (лосишинский) и франский (николаевско-гериховский). Неравномерное размещение месторождений в разрезе объяснялось с позиций литологического контроля оруденения, тяготеющего к пачкам послойно чередующихся вулканитов кислого состава (преимущественно туфов), аргиллитов, алевролитов, реже песчаников и вулканогенных пород основного состава (Горжевский и др., 1957). Выявленные эмпирические закономерности получили подтверждение и при статистической обработке материалов по 74 месторождениям Рудного Алтая, с помощью которой было установлено, что с базальтово-липаритовой формацией связано 94,6% всего количества месторождений, сосредоточенных в разрезе среднепалеозойских отложений Рудного Алтая, и 99,95% условных запасов металлов (свинца, меди и цинка). При этом на эйфель-раннеживетскую базальтово-липаритовую подформацию приходится 59,5% месторождений и 71,05% условных запасов, а на позднеживет-франскую — соответственно 35,1 и 28,9% (Биндеман, 1972).

Избирательная приуроченность оруденения к базальтово-липаритовой формации эйфель-франского возраста и ее отдельным горизонтам вряд ли может быть объяснена только с позиции литологического контроля оруденения. В последние годы установлено, что размещение различных типов колчеданно-полиметаллических месторождений Рудного Алтая хорошо коррелируется с петрохимическими особенностями рудоносной формации и подформаций, контролируется их внутренним строением, фиксируемым распределением фаций и вулканических структур, и определяется эволюцией вулканизма во времени и в пространстве (Яковлев и др., 1975).

Юго-Западный Алтай, частью которого является Рудный Алтай, представлял собой герцинскую вторичную геосинклинальную систему, расположенную в девоне в зоне сопряжения орогенной области каледонид Горного Алтая и Зайсанской геосинклинальной области герцинид, границы с которыми проходят по Иртышскому и Локтевско-Караиртышскому глубинным разломам северо-западного направления. Юго-Западный Алтай состоит из системы зон северо-западного простирания — вулканогенных геоантиклиналей (Алейского и Синюшинского остаточного поднятий) и геосинклинальных прогибов (Быструшинского и Белоубинско-Маймыр-

ского). Они сформировались на месте каледонского Алейско-Теректинского геоантиклинального поднятия субширотного простирания. Начиная с раннего девона каледонское складчатое основание подвергалось геосинклинальной переработке и испытывало дифференцированное погружение. История развития Рудного Алтая, определяемая его геотектонической позицией и глубинным строением, началась в раннегеосинклинальную (доостровную) стадию. В это же время проявился вулканизм, обусловивший образование базальтово-липаритовой формации. Он мигрировал во времени с юго-востока на северо-запад. В Синюшинской геоантиклинали он активно протекал в течение всего эйфеля, затем прекратился, в связи с чем стали накапливаться терригенные осадки (живет — верхний девон). В западной части Рудного Алтая, в Алейской геоантиклинали, вулканическая деятельность началась в позднем эйфеле, но зато продолжалась в живете и фране (базальтово-липаритовая формация). В фамене вулканизм возобновился на юго-западном склоне Алейской вулканогенной геоантиклинали, висячем боку Иртышского глубинного разлома (типа зоны Бенъофа), где образовалась островная дуга, которая была сложена наземной андезито-дацитовой формацией позднегеосинклинальной стадии развития (Хисамутдинов, 1974).

Наряду с миграцией вулканизма происходило и омоложение рудовмещающих толщ («стратиграфических уровней оруденения») с востока на запад: наиболее древние (эйфельские) расположены на площади Синюшинской вулканогенной геоантиклинали, более молодые (позднейфельские, живетские и франские) — в Алейской вулканогенной геоантиклинали (Щерба, Покровская, Ковриго, 1973).

Рудоносная базальтово-липаритовая формация Рудного Алтая — гетерогенная. Она содержит до 10% базальтов, образовавшихся независимо от развития вулканитов кислого состава, и по петрохимическому составу относится к формациям калиево-натриевой серии, с которыми связаны колчеданно-полиметаллические месторождения, а не медноколчеданные, как на Южном Урале, где распространены контрастные липарито-базальтовые формации (основных пород более 90%) натриевой серии. Это обусловлено тем, что Южно-Уральская провинция имела кору океанического типа в отличие от Рудного Алтая, обладавшего корой континентального или переходного типа.

Для вулканогенных формаций Юго-Западного Алтая характерно изменение петрохимических свойств по вертикали: переход вулканитов калиево-натриевой серии, которые слагают нижние (эйфельские) и средние (живетские) части раз-

реза базальтово-липаритовой формации, к вулканогенным породам натриевой серии верхней (франской) части той же формации; соответственно в разрезе увеличивается количество вулканитов базальтового состава. Это хорошо коррелируется с латеральной зональностью тех же свойств вулканитов. На востоке, где наблюдаются нижние части разреза (в Синюшинской геоантиклинали), а также на западе (в Алейской вулканогенной геоантиклинали, вдали от Иртышского глубинного разлома), где находятся нижние и средние части базальтово-липаритовой формации, в ней развиты главным образом вулканиты калиево-натриевой серии. На юго-западном склоне Алейской геоантиклинали, вблизи Иртышского глубинного разлома, распространены преимущественно вулканиты натриевой серии с повышенным количеством пород основного состава, слагающих верхние части разреза описываемой формации.

С размещением вулканитов калиево-натриевой и натриевой серий (с учетом распространения базальтов по вертикали и латерали) хорошо коррелирует региональная зональность распределения алтайских месторождений: полиметаллических — в Змеиногорско-Зырянской зоне, в которой сосредоточено $\frac{4}{5}$ условных запасов свинца региона, а колчеданно-полиметаллических и даже медноколчеданных (в участках, насыщенных базальтовыми вулканитами) — в Прииртышской зоне, которая содержит $\frac{2}{3}$ условных запасов медных руд (Овчинников, Баранов, 1974). В Прииртышской зоне благодаря Иртышскому глубинному разлому осуществлялась, вероятно, связь оруденения с базальтовым слоем земной коры, который наиболее высоко приподнят под Алейским остаточным поднятием и находится на глубине 10—12 км, включая область базальтификации («Принципы и методы прогнозирования...», 1972). В соседних зонах он погружается на большие глубины, в результате чего увеличивается мощность гранито-метаморфического слоя (до 18—20 км).

В расположении различных типов алтайских месторождений важную роль играет принадлежность пород, в которых они залегают, к разным фациям. Так, медноколчеданно-полиметаллические и медноколчеданные приурочены к вулканитам фаций жерловых и прижерловых зон. Колчеданно-полиметаллические залегают среди осадочных и вулканогенных образований промежуточной зоны фаций. Эти месторождения тяготеют к определенным типам разрезов и мощностям туфогенно-осадочных отложений (Горжевский, 1973). Полиметаллические и барит-полиметаллические месторождения связаны с карбонатно-кремнисто-туфогенными осадками, накапливающимися в период затухания активного вул-

канизма. В эйфельских отложениях известняково-терригенно-телепирокластической фации удаленной зоны залегают стратиформные свинцово-цинковые месторождения Южного Алтая.

В рудоносной базальтово-липаритовой формации выделяются два комплекса: экструзивно-эффузивный и экструзивно-субвулканический. Первому комплексу свойственно региональное распространение почти по всему объему вулканитов базальтово-липаритовой формации. Он сложен таловской (успенской), каменевской, снегиревской и другими свитами. Этот комплекс представлен эффузивными и пирокластическими образованиями, а также жерловой, ранней субвулканической и особенно экструзивной фациями. Породы двух последних фаций имеют лавоподобный облик, в связи с чем отличить их от пород эффузивной фации весьма трудно. Вулканические постройки, выполненные породами первого комплекса, встречаются на Николаевском, Тишинском, Стрежанском и многих других рудных полях и месторождениях. Кроме того, с ними часто ассоциирует прожилково-вкрапленная и рассеянная (иногда жильная) сульфидная минерализация, подобная таковой Козлушинского рудопроявления.

Второй комплекс вулканитов представлен в основном поздней субвулканической фацией и в меньшей степени — экструзивной. Он обладает своими специфическими чертами, поэтому выделен в рудноалтайский флюид-порфиновый комплекс, входящий в состав эйфель-франской базальтово-липаритовой формации (Яковлев, 1972; Чернов, 1974 и др.). Хотя этот комплекс и распространен локально, но слагающие его породы, для которых характерны автомагматические брекчи, часто встречаются на рудных полях, где они бывают дорудными, внутрирудными и позднерудными (Николаевское, Тишинское, Риддер-Сокольное, Покровское и др.). Сопряженность кислых пород калиево-натриевого состава флюид-порфинового комплекса и руд многих колчеданно-полиметаллических месторождений в пространстве и во времени и, следовательно, их важное поисковое значение ни у кого особых сомнений не вызывают. Обычно остро дискуссионным является вопрос об их возрасте. Девонское время формирования комплекса доказывается наличием обломков его пород в туфах или галек в конгломератах девонских отложений, петрохимическим сходством с вулканитами, текстурно-структурными особенностями (наличием стекла и др.), присутствием не только субвулканических, но и экструзивных фаций.

Дайки жильных пород змеиногорского и других интру-

живных комплексов, чаще всего основного состава, как установлено в последние годы на Риддер-Сокольном, Стрежанском, Габриэлевском, Старковском, Покровском, Степном и других месторождениях, являются послерудными.

Не только по латерали, но и по вертикали устанавливается зональность вулканогенных колчеданных месторождений (Гончарова, 1970). На Рудном Алтае также намечается приуроченность различных типов колчеданно-полиметаллических месторождений или их залежей к определенным фациям вулканитов по глубине их становления (эффузивным, экструзивным, субвулканическим и гиповулканическим).

Большую роль в размещении колчеданно-полиметаллических месторождений Рудного Алтая играют вулcano-тектонические структуры различного масштаба, возраста и типа, к которым приурочены рудные районы, узлы, поля и месторождения колчеданно-полиметаллических руд также разного возраста и типа. Выделяются региональные и локальные вулканические структуры. Первые определяют размещение рудных районов и узлов, вторые — рудных полей и месторождений.

К региональным структурам первого порядка (до сотен километров в длину) относятся вулканогенные геоантиклинали, второго порядка (десятки километров в длину) — осложняющие их вулканические депрессии и поднятия. Вулканогенные геоантиклинали, разделенные надразломными геосинклинальными прогибами, являются наряду с этими прогибами основными тектоно-магматическими структурами Рудного Алтая, названными структурно-фациальными зонами (Горжевский и др., 1955). Они были заложены в начале среднего девона как синвулканические структуры. К вулканогенным геоантиклиналям приурочены вулканиты жерловой, прижерловой и промежуточной зон фаций базальто-липаритовой формации, в которой выделяются две подформации: базальто-липаритовая эйфель-раннеживетского и базальт-трахилипарит-липаритовая позднеживет-франского возраста, что соответствует двум вулканическим этапам в раннегеосинклинальной (доостровной) стадии. Первая подформация тяготеет к Алейской и Синюшинской геоантиклиналям, вторая в связи с миграцией вулканизма с востока на запад проявилась только в Алейской геоантиклинали.

Основные массы (1000—3000 м) вулканитов кислого, отчасти основного состава сосредоточены на склонах геоантиклиналей, где они обычно слагают палеовулканические депрессии. Разнообразные фации вулканических пород здесь переслаиваются с осадочными отложениями (аргиллитами, алевролитами, часто кремнистыми, иногда известковисты-

ми). К центральным частям геосинклиналей, представляющих собой палеовулканические поднятия, количество осадочных пород, среди которых появляются красноцветные осадки, и основных вулканитов уменьшается (липаритовая подформация). На таких участках наблюдаются несогласия в залегании пород, а мощности отложений сокращаются до 500 м, что обусловлено чередованием опусканий с неоднократными поднятиями. В направлении к геосинклинальным прогибам уменьшается количество лав, лавобрекчий и грубой пирокластике кислого состава, увеличивается содержание тонкого туфогенного и осадочного материала, одновременно повышается роль вулканитов основного состава, которые связаны с разломами глубокого заложения. В прогибах накапливались мощные толщи (3000—5000 м) терригенно-базальтовой подформации.

Алтайские месторождения приурочены к вулканогенным геосинклиналям, особенно к их склонам и зонам сопряжения с геосинклинальными прогибами (Горжевский и др., 1955). В Алейской геосинклинали сосредоточено 55% условных запасов металлов всех месторождений Рудного Алтая, а в Синюшинской — 44%. При этом большинство месторождений связано с палеовулканическими депрессиями, чаще всего с их краевыми частями, зонами сопряжения с палеовулканическими поднятиями. Исключением является лишь Зырянский рудный район, тяготеющий к краевым частям Ревнюшинского поднятия, которое, вероятно, такими депрессиями окружено со всех сторон. В Синюшинской вулканогенной геосинклинали к палеовулканическим депрессиям приурочены следующие рудные узлы: Лениногорско-Тишинский — к Лениногорской, Снегирихинский — к одноименной депрессии, Стрежанский узел (Стрежанское, Гусляковское, Шубинское и Старковское месторождения) — к Листвяжной; намечается перспективный Сакмарихинский узел, связанный с одноименной структурой. В Алейской геосинклинали к Прииртышской депрессии тяготеет одноименный рудный район. Шемонаихинский и Верхубинский рудные узлы связаны с Приубинской вулканической депрессией, Змеиногорский район — с одноименной депрессией, Золотушинский — с Успенско-Раздольненской и, наконец, Рубцовский рудный район — с Таловско-Рубцовской депрессией.

Палеовулканические депрессии имеют сложное блоковое строение. Они расчленены на вулканотектонические блоки — локальные депрессии и поднятия, границы между которыми проходят по длительно развивавшимся зонам разломов синвулканического заложения, фиксируемым кислыми

субвулканическими телами и экструзивами, а иногда вулканиитами основного состава. Структурами примерно того же масштаба являются вулканокупольные постройки, обычно асимметричные, прослеживающиеся на расстояние до 8—10 км. На склонах этих вулканов центрального типа кислого вулканизма, часто погребенных под туфогенно-осадочными отложениями, или в локальных депрессиях между ними расположены такие рудные поля, как Тишинское, Лениногорское, Стрежанское, Золотушинское, Змеиногорское и другие, реже они находятся в центральных частях этих построек, например, на Николаевском месторождении (Наумов, 1973).

Склоны вулканических сооружений осложнены вулканическими структурами еще меньшего масштаба — мелкими вулканическими куполами, в строении которых участвуют экструзивы, субвулканические тела и неки, и межкупольными депрессиями, выполненными туфогенно-осадочными отложениями. В совокупности с синвулканическими разломами, зонами трещиноватости и древнего рассланцевания они определяют позиции Риддер-Сокольного, Тишинского, Габриэлевского, Стрежанского, Шубинского, Николаевского, Покровского и других месторождений. Эволюция этих структур с учетом структурно-петрофизических и других характеристик описана В. И. Старостиным и др. (1973).

Приуроченность алтайских месторождений к эйфель-франской базальтово-липаритовой формации и размещение их типов в связи с особенностями строения этой формации (петрохимическими, фациальными и геолого-структурными), обусловленными тектонической позицией металлогенической провинции, ее глубинным строением и эволюцией девонского вулканизма, подчиняется определенным тектономагматогенным закономерностям. Последние наилучшим образом могут быть объяснены с позиций вулканогенной гипотезы.

Некоторые особенности первичных вулканогенных месторождений. Основные положения, которые позволяют связывать колчеданно-полиметаллические месторождения с девонским вулканизмом, помимо структурно-формационно-фациальных таковы:

1. На многих месторождениях существуют стратиформные залежи с корневыми частями в виде секущих зон прожилково-вкрапленных руд, приуроченных к участкам повышенной трещиноватости и древнего рассланцевания, или жильных тел, связанных с синвулканическими разломами, уходящими на глубину. Структурно-морфологическая зональность сопровождается минералого-геохимической и со-

ответствует смене фаций вулканитов по глубине их становления.

2. На ряде месторождений обнаружены гидротермально-осадочные руды серноколчеданного, медно-цинково-колчеданного и полиметаллического состава (Риддер-Сокольное, Стрежанское, Шубинское, Гуслияковское, Снегирихинское, Тишинское, Николаевское, Камышинское, Орловское, Степное, Таловское и др.). С ними сопряжены гидротермально-метасоматические руды примерно того же состава и того же раннего этапа оруденения. Руды такого типа, но несколько более позднего этапа, также связанного с девонским вулканизмом, формирующиеся в субвулканических условиях глубинности в ассоциации с вулканитами этой же фации, составляют основные запасы руд колчеданно-полиметаллических месторождений Рудного Алтая.

Гидротермально-осадочные руды обладают ритмично-слоистым строением, в котором участвуют кристаллокласты сульфидов наряду с их раскристаллизованными разностями. Устанавливается повторяющаяся зональность по мощности рудных тел, которая бывает резко асимметричной, так же как и гидротермально-метасоматические изменения вмещающих пород. Кроме того, отмечается скрытая минералого-геохимическая зональность (Еремин и др., 1975). Эти руды подробно охарактеризованы И. В. Покровской и О. А. Ковриго (1970) и другими исследователями.

3. В пользу сингенетичного происхождения алтайских месторождений свидетельствует слабое изменение пород всякого бока рудных залежей и, наоборот, частое интенсивное развитие метасоматитов в лежащем боку. Эта асимметрия особенно резко бывает выражена в случае гидротермально-осадочных руд, если на них не наложены изменения, обусловленные более поздним рудообразованием или регенерацией.

4. В рудах, особенно ранних этапов, наблюдаются метаморфизм и дробление их с наложением и цементацией рудами более поздних этапов вулканогенного рудообразования. На некоторых месторождениях и прежде всего расположенных в зонах смятия поздние вулканогенные руды также бывают интенсивно метаморфизованы (Вейц, 1953а, б; Щерба, 1968, 1974а, б и др.). Сейчас выявлены дополнительные критерии метаморфизма руд и околорудных метасоматитов: минералого-геохимические, термобарометрические и структурно-петрофизические (Авдонин, 1974; Старостин и др., 1975 и др.). Они выражаются, например, во вторичной анизотропии руд.

5. Метасоматиты, как и алтайские руды, представляют

собой полигенные и полихронные образования, а не продукт единой метасоматической колонки. Даже те месторождения, которые мы относим к первичным вулканогенным, но образовавшимся в два этапа, предстают перед нами несколько метаморфизованными, с измененным первичным обликом. Если же еще накладываются процессы послерудного метаморфизма, то метасоматиты, особенно сильно подвергающиеся всякого рода изменениям, бывают преобразованы весьма значительно.

На Тишинском месторождении, например, установлено, что обширный и сложный ореол измененных пород формировался в несколько этапов (Авдонин, 1974). В первый этап образовались вкрапленные колчеданные руды, сопровождающиеся кварцево-серицитовым изменением пород лежащего бока и отложением гидротермально-осадочных микрокварцитов, хлоритолитов и доломитолитов, а также глинисто-серицитовых пород. Во второй, полиметаллический этап возникли метасоматические хлоритолиты и доломитолиты, сопровождающие полиметаллические руды. Третий, поздне-рудный (?) этап представлен кварцево-калишпатовыми метасоматитами, наложенными на продукты раннего этапа. В процессе калиевого метасоматоза исчезли глинистые минералы и смешанно-слоистые фазы в ранних глинисто-серицитовых породах и появились серициты с более высоким содержанием калия.

Заключительный, послерудный этап, выразившийся в динамотермальном метаморфизме, привел к рассланцеванию метасоматитов, к искажению первичных взаимоотношений минеральных ассоциаций и минералов в результате их перекристаллизации. При этом слюдястые минералы приобрели ориентировку, соответствующую направлению рассланцевания. На основании этого факта была высказана мысль о том, что кварцево-серицитовые метасоматиты развиваются по зонам рассланцевания. На месторождениях, не подвергавшихся послерудному метаморфизму, среди кварцево-серицитовых пород фиксируются глинистые минералы, гидрослюды и смешанно-слоистые фазы гипогенного происхождения. В результате гидротермальных преобразований, контактового и регионального метаморфизма, рассланцевания глинистые минералы почти полностью исчезают из состава метасоматитов, уступая место мусковитоподобным серицитам.

6. Важный признак древнего возраста алтайских месторождений — наличие рудокластов в висячем боку некоторых месторождений, например Николаевского. Рудокласты, обычно раннего этапа оруденения, встречаются в магматогенных и других брекчиях, которые связаны с девонским

вулканизмом и являются внутрирудными или позднерудными образованиями (Риддер-Сокольное, Николаевское). Рудные гальки обнаружены в верхнепалеозойских отложениях, а также в вулканогенно-осадочных толщах девона. Процессы регенерации, широко развитые на рудных полях, приводят часто к появлению минерализации в цементе конгломератов, и поэтому наличие такой минерализации не является бесспорным доказательством эпигенетического происхождения в них рудных галек.

Преобразованные вулканогенные месторождения. Ранее мы изложили основные положения, с помощью которых обосновывается возможность выделения на Рудном Алтае первичных вулканогенных месторождений. Вместе с тем в этой металлогенической провинции намечается большая группа преобразованных месторождений. Именно процессы преобразования, весьма разнообразные по своему генезису, возрасту и масштабам, часто изменяют первичный облик алтайских месторождений, что в основном и обуславливает ту острую дискуссию об их генезисе, которая сейчас ведется.

Преобразование вулканогенных месторождений начинается уже на раннегеосинклиальной стадии еще в среднем девоне, когда, например, метаморфизуются серицито-глинистые породы, связанные с ранними рудами (Тишинское месторождение). Другим примером является Стрежанское месторождение, где гидротермально-осадочные руды пересекаются субвулканическими телами липаритовых порфиров девонского возраста. Вблизи контактов с последними наблюдается перекристаллизация руд, приводящая к полному исчезновению слоистости и колломорфных структур. Происходит также переотложение рудных компонентов, которое сопровождается концентрацией меди у контактов с липаритовыми порфирами, где она фиксируется в халькопирите и валлериите, отсутствующем в первичных слоистых рудах. Гидротермально-осадочные руды, подвергнутые термальному воздействию, приобретают декрепитационную активность (Округин, 1973).

Преобразуются руды и околорудные метасоматиты, правда, незначительно под влиянием габброидных интрузий верхнедевонского или нижнекаменноугольного возраста (Габриэлевское, Покровское и др.).

Самым мощным метаморфизирующим фактором являются тепловые поля, связанные с гранитоидными интрузиями, широко развитыми на Рудном Алтае (Яковлев и др., 1975). Благодаря этому воздействию первичные вулканогенные месторождения иногда преобразуются так глубоко, особенно в зонах смятия, что от первичных руд почти ничего не остается.

ся. Такие месторождения относятся к группе регенерированных моногенных. В них наблюдается необычная для вулканогенных месторождений обратная зональность (Иртышское месторождение) или зональность по отношению к интрузивному массиву (Ново-Березовское, Старковское и др.). Вообще на всякого рода аномалии в зональности необходимо обращать внимание из-за возможных преобразований, которым могли быть подвергнуты первичные руды. В данном аспекте интересны те рудные объекты, которые вследствие развития на них скарноидов относятся к скарново-полиметаллической формации (Иванкин и др., 1961). Это Таловское, Рулихинское, Шемонаихинское, Покровское, Верхубинское и другие месторождения, которые мы считаем преобразованными и классифицируем как регенерированные полигенные месторождения (Яковлев и др., 1975). Здесь на первичные пластовые залежи колчеданно-полиметаллических руд вулканогенного происхождения вблизи интрузивов наложены секущие зоны скарноидов, в которых фиксируется регенерированная сульфидная минерализация. Мощные преобразования наблюдаются вблизи Белоубинского гранитного массива на Старковском рудном поле. Здесь имело место рассеяние древних колчеданно-полиметаллических залежей с образованием протяженной зоны прожилково-вкрапленной минерализации, не имеющей промышленного значения (Демин, Ловчук, 1971). Иногда, наоборот, происходила мобилизация рудного вещества, рассеянного в девонских вулканогенно-осадочных толщах в виде сульфидной минерализации, в решетках порообразующих минералов или в стеклах вулканитов. Это один из возможных вариантов образования, например, барит-полиметаллических месторождений Змеиногорского района (Горжевский, 1973). Не исключено, что Зыряновское месторождение, как считает А. М. Марьин, также образовалось в результате мобилизации рассеянного рудного вещества вмещающих толщ в конце нижнего карбона, когда мобилизирующую роль могли сыграть гидротермальные процессы, связанные с нижнекаменноугольными интрузиями саурского комплекса (Каюпов, 1954). Кстати, новая гипотеза метаморфогенного генезиса алтайских месторождений также исходит из представлений о концентрации рудного вещества, рассеянного в девонских толщах, в конце нижнего карбона, но в результате соскладчатого метаморфизма (Козлов и др., 1972). В некоторых случаях мобилизация рудного вещества вблизи гранитных интрузий происходила с привнесом новых металлов, вследствие чего образовались редкометалльно-полиметаллические месторождения обычно жильного типа (Таловско-Тургусунское, Парьгинское и др.).

В заключение следует подчеркнуть, что вулканогенная гипотеза дает в руки геологов новые поисковые критерии и в первую очередь это относится к структурно-формационно-фациальным предпосылкам. Однако эту гипотезу следует воспринимать с учетом последующего преобразования первичного рудного вещества, вносящего большие изменения в облик месторождений Рудного Алтая.

УДК 533.2(571.15)

СПОРНЫЕ ВОПРОСЫ И РОЛЬ РЕГЕНЕРАЦИИ В РУДООБРАЗОВАНИИ НА РУДНОМ АЛТАЕ

М. Г. ХИСАМУТДИНОВ

Приуроченность главных полиметаллических месторождений Алтая к осадочно-вулканогенным образованиям девона — одна из основных закономерностей металлогении региона. С точки зрения сторонников «интрузивной» гипотезы, эта закономерность объясняется проявлением структурно-литологического фактора контроля оруденения, благоприятной для рудоотложения химической средой, сочетанием комплекса пород с контрастными физико-механическими свойствами, также способствовавших локализации оруденения. На основании этой гипотезы, опирающейся на серию эмпирических закономерностей частного порядка, исходя из определенных воззрений на историю геологического развития региона, можно было в какой-то степени объяснить приуроченность оруденения к тому или иному участку или структуре; этим она помогала в прошлом устанавливать направление разведочных работ, а иногда и вести поиски в отдельных рудных структурах. Однако сама по себе, без использования эмпирических закономерностей и в том числе наличия ореолов гидротермальных изменений, вообще говоря, свойственных любым гидротермальным образованиям, эта гипотеза самостоятельно не могла служить основой для прогнозирования. Поэтому с уменьшением фонда рудопроявлений, вскрытых эрозионным срезом, «интрузивная» гипотеза для прогнозных целей себя исчерпала. Большую убедительность данной гипотезе придавала локализация рудных

тел ряда месторождений в несомненно позднепалеозойских структурах. Правдоподобность ее подкреплялась, кроме того, приуроченностью некоторых высокотемпературных месторождений к экзоконтактам гранитных массивов, наложением в отдельных месторождениях гидротермальных изменений на контактовые роговики, а также пересечением в некоторых месторождениях рудами молодых даек.

Однако тяготение месторождений Рудного Алтая, как и месторождений ряда других полиметаллических провинций, сходных с ним по геологическому строению, к геосинклинальным осадочно-вулканогенным образованиям, аналогичным алтайской кварцево-кератофировой* формации, и вместе с тем отсутствие месторождений в других кислых вулканогенных формациях самого рассматриваемого района дает основание считать связь полиметаллического оруденения с девонским вулканизмом не только пространственной, но и генетической. Такая избирательная приуроченность оруденения к одной формации не может быть следствием проявления лишь фактора структурно-литологического контроля оруденения. Контроль размещения полиметаллических месторождений Рудного Алтая, в том числе рудных тел позднепалеозойского возраста, особенностями внутреннего строения самой кварцево-кератофировой формации, ее отдельными сериями и фациями, а также зависимость состава руд месторождений от петрохимического состава рудовмещающих толщ конкретных рудных полей делают это предположение вполне очевидным. Разрешение противоречий между результатами формационного и металлогенического анализов и данными о верхнепалеозойском возрасте рудных тел отдельных месторождений Алтая мы видим в допущении возможности проявления процесса регенерации девонских руд и ремобилизации рассеянной рудной минерализации позднейшими гидротермально-метасоматическими процессами. Как известно, мысль о регенерации алтайских руд впервые была высказана Г. Н. Щербой (1958). Значение регенерации руд для прогнозирования заключается в том, что при ее наличии могут быть использованы геологические предпосылки и поисковые критерии, исходящие как из «эффузивной», так и из «интрузивной» гипотезы; при этом должны широко применяться закономерности, вытекающие из внутреннего строения рудоносной кварцево-кератофировой формации. Кроме того, хотя свыше 50% территории Рудного Алтая занято выходами разновозрастных гранитоидных по-

* Другие авторы называют формацию базальт-липаритовой. — *Редколлегия.*

род, полиметаллические месторождения (как справедливо отмечал А. К. Каюпов), за исключением одного небольшого скарнового Парыгинского месторождения, в них отсутствуют. Более того, полиметаллические месторождения чаще всего расположены на удалении от гранитных массивов, на периферии гравитационных минимумов силы тяжести, с которыми обычно совпадают гранитные массивы, вскрытые и невскрытые эрозионным срезом. Особенно четко это выражено в Лениногорско-Зырянской подзоне. К тому же в настоящее время накоплено большое количество данных об особенностях геологического строения месторождений, которые могут быть истолкованы только с учетом регенерации, а иногда объясняются только ею. К ним относятся структурно-текстурные особенности оруденения, необычные минеральные ассоциации, стадийность руд, последовательность процессов изменения вмещающих пород, взаимоотношения между различными типами руд, а также руд с дайками, особенности зональности и другие факторы. Выявляются и прямые признаки регенерации руд. Здесь мы не будем останавливаться на доказательствах наличия месторождений девонского возраста на Рудном Алтае. Приведем лишь некоторые доводы в пользу проявления регенерации руд.

Во многих месторождениях, расположенных непосредственно в экзоконтакте разновозрастных гранитоидных массивов, руды подверглись или термальному, или высокотемпературному метасоматическому воздействию (Таловское, Талово-Тургунское, Ново-Березовское, Рулихинское, Денисовское, Сургутановское, частично Зырянское). В этих месторождениях в отличие от обычных скарновых месторождений часть сульфидных минералов тесно ассоциирует (срастается) с такими высокотемпературными минералами, как гранат, шпинель, антофиллит, роговая обманка, пироксен, эпидот, полевые шпаты и другие. Проявление обратной зональности в размещении руд разного состава в Иртышском, Орловском и других месторождениях могло быть обусловлено перемещением фронта переотложения руд в процессе регенерации в нижних горизонтах месторождений.

Многоэтапность формирования ряда месторождений, устанавливаемая по наличию брекчиевых руд с обломками мелкозернистых существенно цинковых в колчеданном цементе в Корбалихинском, Орловском и Золотушинском месторождениях, с обломками кристаллически-зернистых руд в полиминеральном цементе сплошных руд метаколлоидной структуры в Николаевском, в целом также свидетельствует о гетерогенности и полихронности оруденения многих месторождений.

В отдельных месторождениях, например Зырянском и Александровском, на гидротермальные околорудные хлоритолиты наложены процессы биотитизации, флогопитизации, обусловленные высокотемпературным калиевым метасоматозом; в Малеевском месторождении подобные же хлоритолиты подверглись актинолитизации, связанной с контактовым воздействием гранитов. Эти факты также указывают на многоэтапное проявление гидротермально-метасоматических процессов.

Руды месторождений, сформировавшихся в верхнем палеозое, таких, как Зырянское и Иртышское, обладают целым рядом особенностей. В них слабо проявлены признаки стадийности, их массивные разновидности отложились из весьма густых растворов в основном в одну стадию. Эти руды представляют собой однородный по составу многокомпонентный агрегат сростков различных рудных и нерудных минералов, в том числе альбита и барита. Зональность в них выражена изменениями в каком-нибудь направлении соотношения полезных компонентов. Сплошные тонкозернистые руды указанных месторождений часто характеризуются резкими границами, имеют «припаянные» интрузивные контакты с вмещающими породами, содержат нередко большое количество «плавающих» обломков вмещающих пород. В Зырянском месторождении, в сплошных рудах верхних горизонтов, наблюдаются крупные глыбы оруденелых пород, судя по элементам сланцеватости и полосчатости вкрапленно-прожилковых руд, ориентированных в разных направлениях, очевидно, при движении вязкого рудного вещества. По-видимому, это указывает на более позднее формирование сплошных руд рассматриваемого типа по сравнению с окружающими их вкрапленно-прожилковыми рудами. Такая же картина наблюдается и на Белоусовском месторождении (М. И. Дробышевский).

В целом особенности сплошных руд рассматриваемого типа (агрегатное их состояние в виде равномерной многокомпонентной смеси тонких сростков различных рудных и нерудных минералов, в том числе альбита, барита, резкие «припаянные» контакты с вмещающими породами, часто интрузивные взаимоотношения с ними и вкрапленными рудами, наличие «плавающих» обломков вмещающих пород) дают основание полагать, что подобные руды образовались из весьма густых растворов, возможно, возникших в результате частичного растворения, концентрации, течения в вязком состоянии с незначительным переносом.

В некоторых рудных полях, например Греховском, серия кулисно расположенных коротких секущих тел, приурочен-

ных к повторным зонам интенсивного рассланцевания, составляет вместе с разделяющими их участками рассеянной рудной минерализации субсогласные минерализованные ореолы, локализующиеся в определенных горизонтах. При этом, несмотря на наличие секущих зон интенсивного рассланцевания, оруденение не распространяется в перекрывающие горизонты. Вероятно, формирование секущих рудных тел месторождения было следствием процесса регенерации. Более очевидным примером подобного формирования руд являются отдельные месторождения Сарымсактинского хребта в карбонатных породах.

Руды рассматриваемого типа образуют крутопадающие тела с высоким содержанием металлов, уходящие по склону и падению на большую глубину и приуроченные к повторным зонам интенсивного рассланцевания. Руды сопровождаются гидротермально-метасоматическими изменениями, проявившимися локально, но интенсивно. Изотопный состав свинца этих месторождений, по данным ряда исследователей, характеризуется наименьшей радиогенностью, что, возможно, обусловлено добавлением в процессе регенерации руд новой порции свинца.

Другая группа алтайских полиметаллических месторождений, руды которых, по-видимому, испытали частичную регенерацию, характеризуется наличием особых брекчиевых разновидностей оруденения, где обломки сохранившихся сплошных тонкозернистых руд сцементированы обычно колчеданной или полиминеральной сульфидной рудой, иногда хлоритолитом либо серицитолитом с вкрапленностью пирита и халькопирита. Обломки представлены рудами полиметаллического, существенно цинкового, иногда медноколчеданного состава. В зависимости от положения в структуре месторождения цементом брекчиевых руд в одних месторождениях служит преимущественно серный колчедан (Корбалихинское, Орловское месторождения), в других — существенно медноколчеданные руды, а в третьих — полиминеральный агрегат метаколлоидных руд (Николаевское, Ново-Золотушинское месторождения). Рудные залежи этих месторождений обычно приурочены к полостям межпластового отслоения и дробления. Дайки порфириров секут рудные тела этих месторождений, но сами интенсивно изменены гидротермальными процессами и подверглись оруденению.

Для изотопного состава свинца этих месторождений характерен большой разброс значений. Рудные тела верхних горизонтов Орловского месторождения, не испытавшие существенной переработки, обладают нормальной зональностью в размещении типов оруденения поперек рудной

залежи, нижняя же — Новая залежь — содержит гидротермально-переработанные руды. Ввиду этого нормальная зональность здесь нарушена образованием и внедрением брекчиевых медноколчеданных и колчеданных руд. По предварительным данным, в тыловой части зоны переотложения руд устанавливается зона геохимического вакуума.

УДК 550.4:553.43'44.06(235.222—14)

ГЕОХИМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ГЕНЕЗИСА АЛТАЙСКИХ КОЛЧЕДАННО-ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

*Л. Н. ОВЧИННИКОВ, В. Д. БАРАНОВ, Э. Н. БАРАНОВ,
А. А. ГОЛОВИН*

Как известно, многочисленные и разнообразные рудные месторождения, объединяемые широким и в то же время геологически однозначным понятием «колчеданная формация», могут формироваться различными путями. Несомненно, что месторождения колчеданной формации конвергентны и гетерогенны (Смирнов, 1968). Мы бы хотели обратить внимание на некоторые результаты геохимического изучения алтайских месторождений с использованием в первую очередь пространственно-статистического анализа сочетания геологических, геофизических и геохимических факторов. Выявленные при этом объективные закономерности, как нам представляется, нельзя игнорировать при любом толковании происхождения месторождений.

Металлогенический облик колчеданных месторождений определяют сера, селен, теллур, железо, кобальт, молибден, медь, цинк, свинец, сурьма, мышьяк, висмут, серебро, золото, кадмий, индий, германий, таллий, галлий. Средние запасы и средние содержания большинства этих металлов в различных колчеданных провинциях и рудных районах прямо пропорциональны их кларку в земной коре. Колчеданные провинции, отдельные структурно-металлогенические зоны и рудные районы по соотношению запасов и количеству меди, свинца и цинка в совокупности их месторождений образуют упорядоченный последовательный ряд, соответствующий зональному вертикальному распределению указанных элемен-

тов в земной коре. Упорядоченным является также и распределение металлов относительно доли меди в запасах параллельно ее убыванию от 100 до 0% ; максимумы содержаний в рудах составляют такой региональный зональный ряд: Co—Mo—Au—Bi—S—As—Cu—Se—Te—Zn — Ge — Ga — In—Cd—Ag—Au₂—Tl—Pb—As₂—Sb—Hg.

Этому ряду колчеданного оруденения соответствует ряд геосинклинальных формаций, в котором вулканиты рудовмещающей формации меняются от основных к кислым, от натриевых к калиево-натриевым и далее; вулканогенные формации сменяются терригенными и терригенно-карбонатными. В таком же направлении меняется в общем весь комплекс геосинклинальных и орогенных формаций, включая интрузивные формации базальтоидного типа. Смена формаций и колчеданного оруденения, в свою очередь, связана с увеличением степени зрелости земной коры: ростом мощности гранитно-метаморфического слоя и соответствующим увеличением глубины залегания поверхности Конрада. Следовательно, широкие колебания соотношений главных рудных компонентов (серы, меди, свинца, цинка) и элементов-спутников колчеданных месторождений в тех или иных провинциях и структурно-формационных зонах предопределены различными геотектоническими условиями их образования.

Общее же соотношение запасов меди, свинца, цинка и других металлов в алтайских месторождениях совпадает с отношением средних содержаний этих металлов в кислых породах. Это соответствует приуроченности большинства месторождений Алтая к дацито-липаритовой формации калиево-натриевого типа и глубинному строению земной коры высокой степени зрелости с относительно мощным гранитно-метаморфическим слоем.

В распределении месторождений по геосинклинальным формациям Алтая наблюдается широкий разброс (Овчинников, Баранов, 1973). Около 90% месторождений и запасов меди, цинка и свинца приурочены к дацито-липаритовой формации, но промышленное оруденение встречается и в других смежных формациях: андезитовой, терригенно-карбонатной и флишоидной (рис. 1).

В каждом рудном поле внутри дацито-липаритовой формации выделяются один-три рудовмещающих горизонта со средней мощностью около 300 м. Наиболее продуктивным является, как правило, только один.

Самыми благоприятными условиями для рудоотложения являются такие, при которых покрывающими горизонтами служат кислые вулканиты, представленные часто их субвулканическими разностями, а подстилающими — те же вулка-

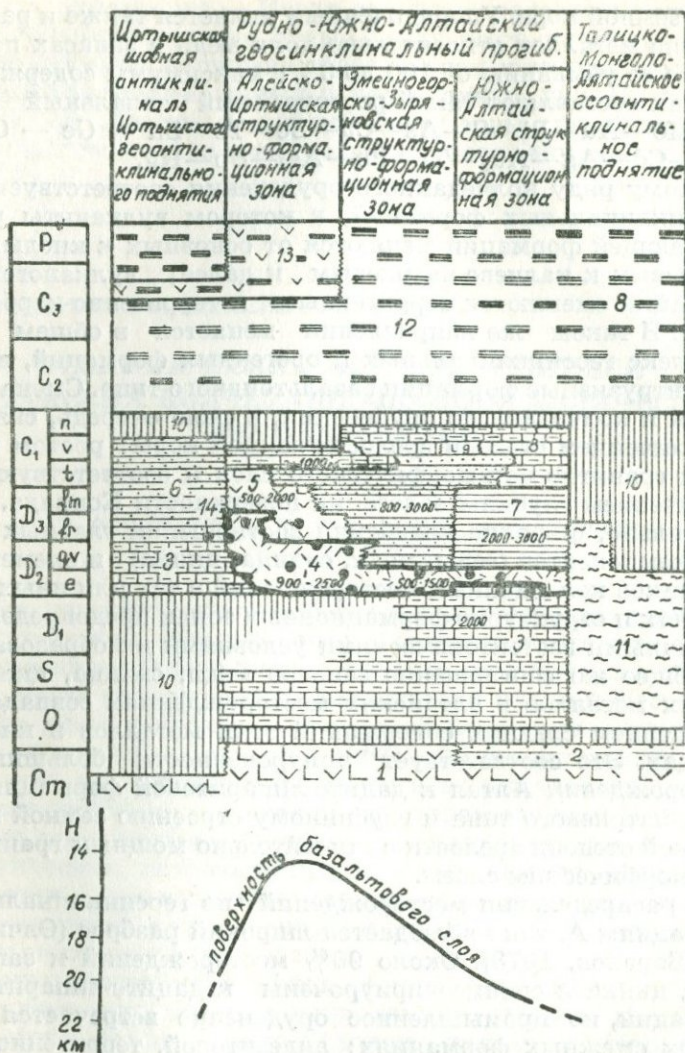


Рис. 1. Формационная колонка Рудного и Южного Алтая. 1—9 — геосинклинальные формации: 1 — андезитобазальтовая, 2 — песчано-сланцевая, 3 — терригенно-карбонатная, 4 — терригенно-карбонатно-вулканогенная (дацитолипаритовая), 5 — терригенно-вулканогенная (андезитовая), 6 — сланцево-песчаниковая (флишоподная), 7 — терригенно-сланцевая (аспидная), 8 — терригенно-карбонатная, 9 — андезитобазальтовая; 10 — перерывы в осадконакоплении; 11 — комплекс орогенных формаций Горного Алтая; 12 — угленосная моласса; 13 — вулканогенная липарито-дацитовая моласса; 14 — размещение колчеданно-полиметаллического оруденения.

ниты или осадочные породы. Чем в большей степени рудовмещающий горизонт сложен осадочными породами, тем большую роль в месторождении играют свинец и цинк и меньшую — медь (рис. 2).

Месторождения Алтая тяготеют к поперечным глубинным разломам древнего заложения, являющимся границами наиболее резкого изменения фаций и мощностей осадочных и вулканогенных геосинклинальных формаций, а также контролирующим положение ряда интрузивных образова-

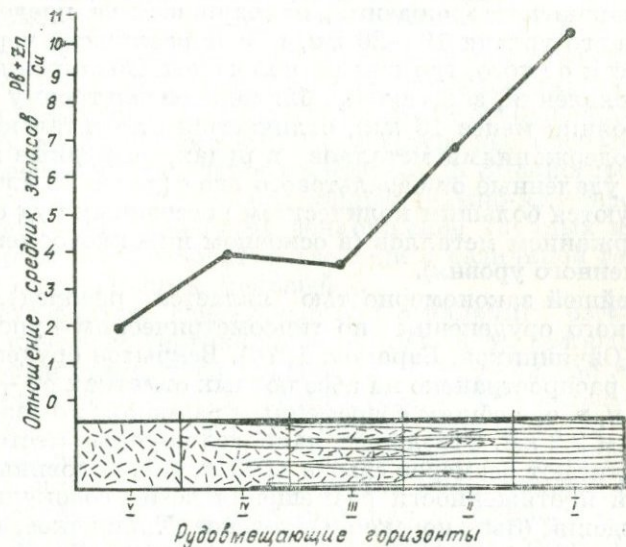


Рис. 2. Зависимость состава колчеданно-полиметаллического оруденения от соотношения осадочных и вулканогенных пород в рудовмещающем горизонте. I — осадочные породы (песчаники, аргиллиты, кремнистые и известковистые алевролиты, известняки), вулканиты — менее 10%; II — осадочные породы — 90—75%, вулканиты — 10—25%; III — осадочные породы — 25—75%, вулканиты — 75—25% (переслаивающиеся вулканогенные и осадочные породы); IV — осадочные породы — 10—25%, вулканиты — 90—75%; V — осадочные породы менее 10%, кислые вулканиты.

ний, особенно базальтоидного дайкового комплекса. В зонах разломов в соответствии с размером полос интенсивной деформации пород, при максимальной ширине около 14 км (9,2 км к северу и 4,6 км к югу), сосредоточено около 84% запасов металлов в 62% общего числа месторождений. Именно здесь размещаются все промышленные алтайские месторождения (Щерба, 1957; Овчинников, Баранов, 1973).

Распределение месторождений и запасов по степени удаления от поверхности базальтового слоя или по мощности

гранитно-метаморфического слоя в глубинном разрезе земной коры характеризуется несмещенной оценкой среднего удаления, равной 17 км, с одновершинной кривой логнормального типа *. В интервале 16—20 км сосредоточено более 80% всех запасов металлов, на интервал 12—16 км приходится 10,4% запасов, а на интервал 20—24 км — 8,8%. Таким образом, крупные промышленные концентрации полиметаллических руд локализируются на определенном расстоянии от поверхности Конрада.

Небольшие месторождения, находящиеся за пределами оптимального уровня 16—20 км, имеют различные черты в зависимости от того, где они расположены. Месторождения и рудопроявления, залегающие ближе к базальтовому слою (на расстоянии менее 16 км), отличаются относительно высокими содержаниями металлов в рудах, а рудные поля, наиболее удаленные от базальтового слоя (далее 20 км), характеризуются большим количеством рассеянных руд с низким содержанием металлов (в основном ниже современного промышленного уровня).

Важнейшей закономерностью является распределение колчеданного оруденения по гипсометрическим уровням рельефа (Овчинников, Баранов, 1974). Вскрытое оруденение на Алтае распространено на абсолютных отметках от +1700 до —500 м, т. е. с общим современным размахом по вертикали, равным 2,2 км. Отдельные, наиболее крупные месторождения достигают размеров свыше 1100 м, т. е. половины вертикальной протяженности размещения всей совокупности месторождений (Зыряновское, Орловское, Тишинское, Новоберезовское и др.). Распределение месторождений и запасов металлов в них в каждой из структурно-металлогенических зон Алтая дает плавную кривую с одним максимумом. Наиболее благоприятный уровень для Змеиногорско-Зыряновской зоны от +600 до +200 м, а для Алейско-Иртышской — от +200 до —200 м. В этих достаточно узких интервалах, равных всего 400 м, сосредоточено свыше 70% запасов металлов.

Для формирования промышленных колчеданно-полиметаллических месторождений Алтая, таким образом, необходимо наличие продуктивной раннегеосинклинальной дацитолипаритовой формации зон глубинных разломов северо-западного простирания (Иртышского и др.), пересечение толщи дацитолипаритовой формации поперечными глубинными разломами субширотного простирания. Это пересечение является продуктивным в том случае, если оно находится на

* Принята шкала по В. Н. Любецкому (1965).

определенном удалении от поверхности базальтового слоя и на соответствующем благоприятном гипсометрическом уровне. К этому следует добавить, что промышленному оруденению соответствует определенный геохимический коэффициент соотношения аномальных и соответствующих фоновых содержаний триады главных металлов в породах продуктивной формации. Оказывается, промышленное оруденение локализуется в таких геохимических условиях, при которых в породах вмещающей формации отношение концентраций $\frac{Pb+Zn}{2Cu}$ имеет вполне определенное значение. В

Алейско-Иртышской зоне площади распространения пород продуктивной формации, включая и контрастные аномалии, характеризующиеся величинами этого отношения, меньшими 0,5, малоперспективны на обнаружение промышленного оруденения значительного масштаба. В Змеиногорско-Зырянской и, очевидно, в Белоубинско-Южно-Алтайской зонах к малоперспективным на обнаружение крупных и средних месторождений относятся площади с величиной геохимического коэффициента, меньшей 2.

Этот фактор свидетельствует о наличии региональной геохимической вертикальной зональности, которая прежде всего обнаруживается в плавном изменении по вертикали соотношения запасов и средних содержаний главных компонентов руд: меди, свинца и цинка (Овчинников, Баранов, 1974). В целом для Алтая она выражается в закономерном увеличении с глубиной количества меди в рудах, в суммарных запасах меди, цинка и свинца со средним градиентом 2,5% на каждые 100 м. Таким образом, если оруденение здесь будет продолжаться на большие глубины, то на отметке — 2,5 км рудная минерализация будет только медной и, наоборот, рудопроявления, расположенные выше отметки +1,5 км, в основном будут свинцово-цинковыми и свинцовыми. Максимумы запасов Алейско-Иртышской и Змеиногорско-Зырянской зон отвечают уровням с разницей высот 500 м. Это сказывается и на соотношении металлов в рудах: $\frac{2}{3}$ запасов меди сосредоточено в Алейско-Иртышской зоне, а $\frac{4}{5}$ запасов свинца — в Змеиногорско-Зырянской зоне.

Региональная вертикальная зональность распределения металлов выражается и по отношению к поверхности Конрада. Чем ближе месторождение к поверхности Конрада, тем оно более меденосно (Овчинников, Баранов, 1973.) Концентрации металлов-спутников также зависят от степени удаления месторождений от поверхности Конрада. Особенно это характерно для селена, кобальта и висмута, содержание которых весьма заметно падает с удалением от базальтового

слоя. Геохимическая зональность в своих различных проявлениях хорошо сочетается с геолого-петрологическими закономерностями. Зависимость состава колчеданного оруденения от состава и строения рудовмещающей формации можно объяснить наличием единой рудно-магматической зональности.

Намечается статистически закономерная связь петрохимических особенностей рудовмещающей дацито-липаритовой формации с глубинным строением земной коры, с одной стороны, и ее металлоносностью — с другой. Отношение средних содержаний калия и натрия в вулканитах дацито-липаритовой формации увеличивается в целом для Алтая с запада на восток в соответствии с ростом глубины залегания базальтового слоя и мощности гранитно-метаморфического слоя. При сопоставлении данных о содержании щелочей в вулканитах рудовмещающей формации и соотношения запасов металлов в различных структурно-формационных зонах (металлогенических подзонах) подмечена отчетливая прямая линейная корреляция между долей запасов свинца в сумме металлов и содержанием калия. В меньшей степени такая же связь устанавливается между количеством натрия в вулканитах и долей запасов меди.

Важным элементом региональной зональности является обогащение медью месторождений с приближением их к глубинным разломам. Это отчетливо выражается в приуроченности существенно медного оруденения к осевой части Иртышского глубинного разлома. Медь концентрируется также вблизи поперечных разломов: если суммарные запасы в радиусе удаления от этих разломов 4,6 км составляют 63%, то запасы меди — 69%, а свинца — 60%. Еще более ярко зональность относительно глубинных разломов проявляется в распределении металлов-спутников.

Систематическое геохимическое картирование в сочетании с пространственно-статистическим анализом основных геологических параметров дает достаточно четкое представление о сложной объемной структуре геохимического поля алтайской провинции. При большой насыщенности геохимическими аномалиями и рудопроявлениями эта структура может быть изображена в виде изолиний равных отношений свинца и цинка к меди, переданных через коэффициент зональности K_3 , который рассчитывается из отношения запасов продуктивностей или содержаний по формулам

$$K_3 = \frac{Pb+Zn}{2Cu} \text{ или } K_3 = \frac{Zn}{Cu} \text{ и } K_3 = \frac{Pb+Zn+Ag+Ba}{Cu+Co+Bi+Mo}$$

(возможны варианты).

Как показывает статистическое сопоставление, оценить перспективность колчеданно-полиметаллического оруденения можно по двум критическим значениям K_3 — 0,5 и 2.

В эрозионном срезе палеозойских отложений Алтайя поля геохимических аномалий с $K_3 \leq 0,5$ приурочены к осевой части Иртышского глубинного разлома и частично к зонам глубинных разломов субширотного простирания (рис. 3). Площади с $K_3 = 0,5—2$ распространены главным образом в Алейско-Иртышской структурно-формационной зоне и занимают в ней пространство над выпуклым сводом поверхности

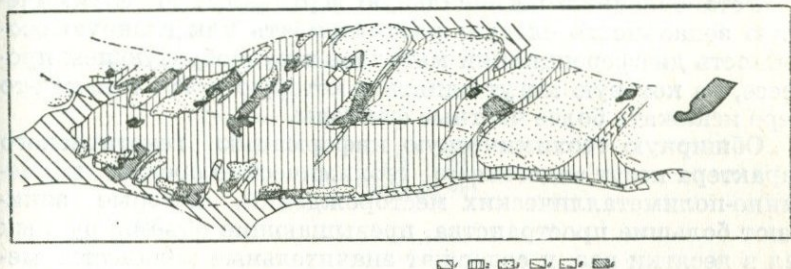


Рис. 3. Структура зональности геохимического поля алтайской колчеданной провинции. 1—3 — поля распространения геохимических аномалий с коэффициентом зональности K_3 : 1 — $\leq 0,5$; 2 — $0,5—2,0$; 3 — $> 2,0$; 4, 5 — границы структурно-формационных зон; 6 — главные рудоносные площади.

базальтового слоя в интервале отметок рельефа не выше +800 м. Сравнительно узкими полосами вдоль глубинных разломов широтного и северо-западного простирания они проникают и в Змеиногорско-Зыряновскую зону, окаймляя поля геохимических аномалий с $K_3 \leq 0,5$. Поля с соотношением компонентов, соответствующим $K_3 \geq 2$, тяготеют к несколько удаленным от глубинных разломов продольного и поперечного направления участкам земной коры, имеющей наибольшую мощность гранитного слоя.

В общем виде геохимическая зональность как всей провинции, так и отдельных рудных полей и месторождений отражает сложную блоковую структуру земной коры, различную проницаемость пород поля и интенсивность площадного потока рудообразующих гидротермальных растворов. В конечном счете она характеризуется довольно закономерным изменением в пространстве вертикальных геохимических градиентов. В целом для Алтая и его отдельных рудных районов установлено, что структура геохимического распределения металлов наложена на позднегеосинклинальную и орогенную складчатости, захватившие наиболее молодые геосинклинальные формации.

В единую структуру геохимической зональности входят как промышленные месторождения, так и аномальные концентрации металлов, наблюдаемые в интрузивных образованиях всех формаций базальтоидного типа различного возраста. Можно предполагать, что выявленная геохимическая зональность отражает зональное распределение по вертикали разновозрастных магматитов базальтоидного типа. По имеющимся данным, только граниты калбинского комплекса деформируют поля геохимических аномалий колчеданного оруденения (Демин, Ловчук, 1971).

Установленную региональную вертикальную геохимическую зональность следует рассматривать как главную особенность дифференциации металлов в рудообразующем процессе, на которую могут влиять и которую могут в какой-то мере искажать более частные факторы.

Обширную геохимическую информацию генетического характера несут эндогенные геохимические ореолы колчеданно-полиметаллических месторождений, которые занимают большие пространства, превышающие объемы рудных тел в десятки раз, и содержат значительные количества металлов, в основном также превышающие запасы собственно рудных тел (Овчинников, Баранов, 1970). Зафиксированная протяженность ореолов над рудными телами достигает 300 м. Полностью скрытых месторождений, ореолы которых не достигали бы уровня эрозионной поверхности палеозойских пород, на Алтае пока не известно. Морфология и строение ореолов определяются структурой месторождений и рудных полей, особенно положением зон повышенной проницаемости пород.

В строении ореолов, как и рудных тел колчеданно-полиметаллических месторождений, наблюдается контрастная, обычно асимметричная относительно рудных тел зональность (рис. 4), которая является элементом структуры рассмотренной выше региональной геохимической зональности и может быть представлена следующим обобщенным (по 15 месторождениям) рядом металлов:

W,	Sn—Mo,	Co,	Ni—Au ₁ ,	As ₁ ,	Bi,	Cu—Zn,	Cd—Pb—Ag,	As ₂ ,	Au ₂ —Ba—Hg
100	96	96	100	100	62	100	96	100	83 82 75 50 100 100

(слева направо --- от тыловых зон к фронтальным; под символом элемента дана вероятность его нахождения в данной ячейке ряда в %).

Геохимические ореолы тесно сопряжены с околорудными метасоматитами. На их генетическую взаимосвязь указывают отчетливая геохимическая специализация опреде-

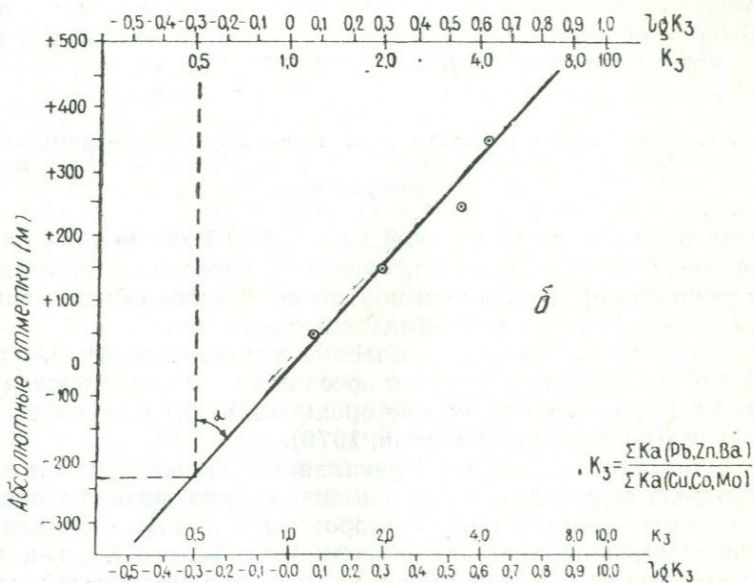
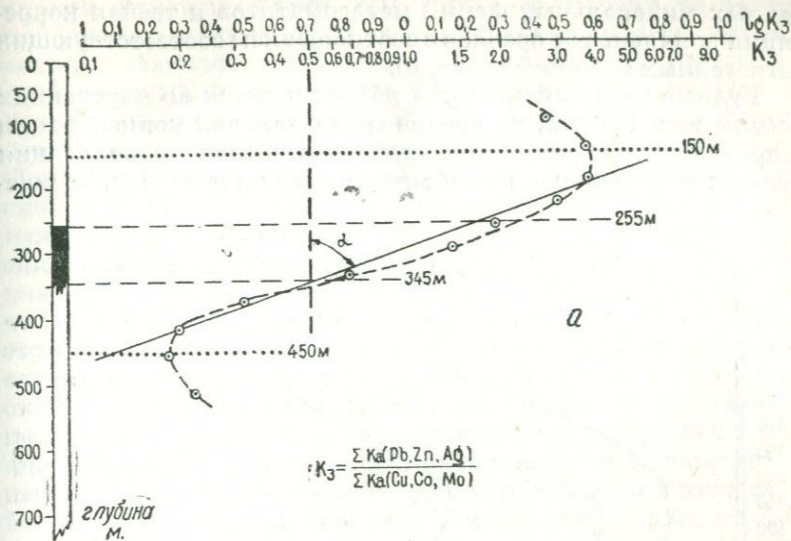


Рис. 4. Вертикальная зональность (K_3) геохимического ореола: а — Центрального блока Золотушинского месторождения (черное — положение рудного тела); б — главного рудного тела Тишинского месторождения, по Г. Ф. Паку.

ленных минеральных фаций метасоматитов и тесная корреляция зональности ореолов с соотношением соответствующих петрогенных элементов (рис. 5).

Рудные тела закономерно располагаются во внутренних комплексных зонах, на уровне максимальной концентрации основных рудообразующих элементов. Такая локализация рудных тел в ореоле, как и многие прочие факторы, свиде-

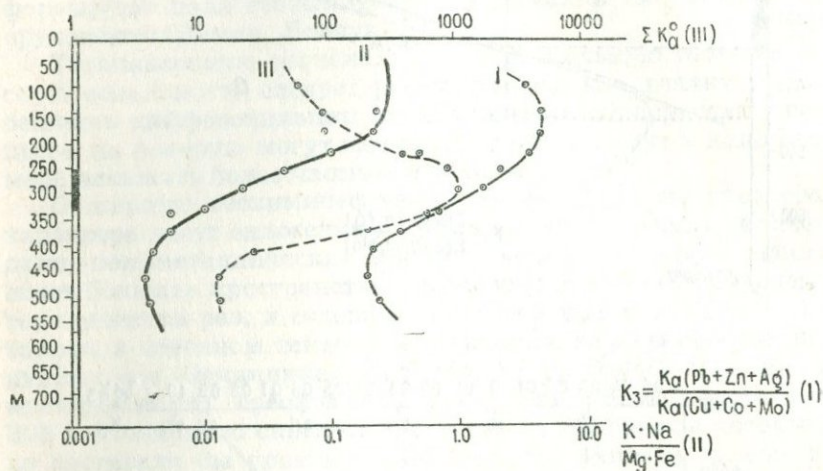


Рис. 5. Закономерное изменение состава ореолов и околорудных пород в вертикальном разрезе. Центральный блок Золотушинского месторождения.

тельствует об их генетическом единстве. Рудные тела представляют собой локальные, «ураганно» высокие аномалии рудообразующих металлов внутри обширного объема, занимаемого эндогенным геохимическим ореолом.

Колчеданно-полиметаллические месторождения Алтая с интенсивными надрудными ореолами резко отличаются от вулканогенно-осадочных месторождений, где ореолы отсутствуют (Овчинников, Баранов, 1970).

Наличие вертикальной зональности ореолов, как и околорудных гидротермальных изменений, указывает на после-складчатое образование месторождений. Так, например, асимметричный зональный ореол Петровского барит-полиметаллического месторождения накладывается без деформации на структурно-сдвоенный разрез, причем вектор зональности направлен против стратиграфической последовательности напластования пород (рис. 6). Вертикальная зональность ореолов с резко контрастными надрудной и подрудной

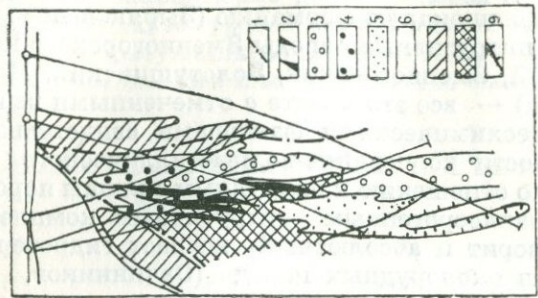
зонами, проявляющаяся независимо от условий их залегания, особенности морфологии и строения ореолов, связь с постскладчатыми структурами (Зыряновский, Змеиногорский районы), наложенность фронтальных зон ореолов на надрудную флишеидную формацию (Зыряновское месторождение) и на интрузивные породы Змеиногорского комплекса (Зыряновский, Змеиногорский, Золотушинский, Прииртышский районы) — все это вместе с отмеченными выше региональными геохимическими факторами свидетельствует об эпигенетичности колчеданно-полиметаллического оруденения Алтая по отношению к надрудным толщам пород, складчатости и раннеорогенным интрузивным комплексам. Об этом же говорит и абсолютный возраст гидротермальных серицитов из околорудных пород (Овчинников, Вороновский, 1973). Подчеркивая это несомненное, на наш взгляд, положение, мы считаем, что рудные тела и геохимические аномальные поля в их современном виде являются конечным продуктом длительного рудообразующего процесса и более позднего метаморфизма. В начальные этапы их формирования на некоторых месторождениях могло происходить рудообразование, сингенетичное вмещающей формации, а послерудный метаморфизм мог вызвать некоторое перераспределение рудного вещества в рудных телах и ореолах. Однако необходимо возразить против представлений об образовании эпигенетичного оруденения и, в частности, надрудных ореолов в результате только переотложения металлов из рудных тел. Этому противоречат прежде всего закономерная зональная структура ореолов с четким различием состава металлов в подрудной и надрудной частях и строго определенное положение рудных тел в ней. Послерудный контактовый метаморфизм, как это можно видеть на примере Старковского месторождения, может обусловить деформацию зональной структуры ореола и ее усложнение.

Вывод об эпигенетичности оруденения находится, на первый взгляд, в противоречии с фактами проявления вулканогенно-осадочных полиметаллических руд и связей оруденения с дацито-липаритовой вулканогенной формацией. Но это противоречие только кажущееся: колчеданно-полиметаллические концентрации, сингенетичные рудовмещающей формации, по-видимому, отражают только начало длительного процесса рудообразования, особенно интенсивно и широко развивающегося, как и базальтоидный магматизм на Алтае, в раннеорогенный этап.

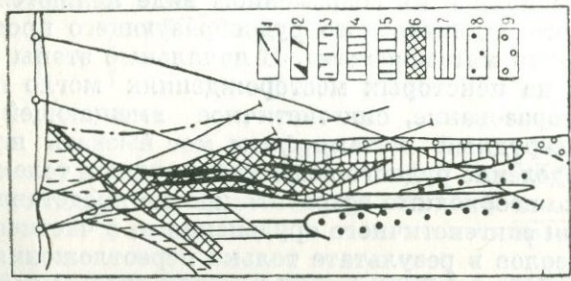
С учетом новых фактических данных представление об эпигенетичности колчеданно-полиметаллического оруденения по отношению не только к геосинклинальным, но и ран-

Pb, Zn
 $K_8 + K_6$
 $K_3 = K_8 + K_6 + K_4 + K_2 + Mo$

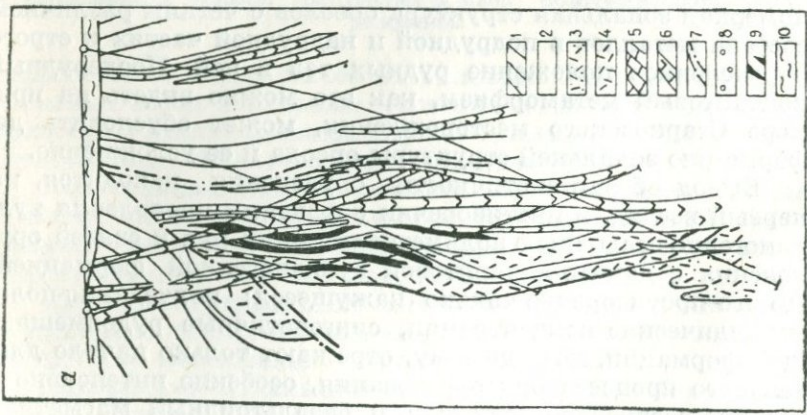
б



б



а



неорогенным формациям должно, как и прежде, быть положено в основу прогнозирования и определения направления геологоразведочных работ на Алтае.

Все изложенное указывает также на то, что минералого-геохимические черты и закономерности размещения месторождений колчеданной формации во многом определяются глубинными процессами, в том числе условиями зарождения, длительного развития и дифференциации базальтоидного магматического очага. Образование алтайских месторождений нельзя не связывать с деятельностью таких очагов и генетически единых с ними гидротермальных растворов, источник которых, как и источник рудного вещества, должен находиться ниже поверхности Конрада.

Дальнейшее познание генезиса колчеданных месторождений Алтая, очевидно, тесно связано с решением петролого-геохимических проблем происхождения и рудоносности дифференцированных базальтоидных (вулканогенных и интрузивных) формаций. Совершенствование формационного анализа, всестороннее, в том числе геохимическое, изучение базальтоидного магматизма во всех его проявлениях, прежде всего начиная с раннегеосинклиналиного вулканизма, — одна из главных задач геологических исследований на Алтае.

Рис. 6. Геологический разрез (а) через центральную часть Петровского месторождения: 1 — метаморфические сланцы нижнего палеозоя; 2 — аргиллиты, алевролиты; 3 — туфопесчаники; 4 — туфы кислого состава; 5 — известняки; 6 — субвулканические кварцевые порфиры; 7 — дайки диабазов; 8 — зоны разломов; 9 — кварциты, серицито-кварцевые породы; 10 — рудные тела; схема строения (б) эндогенного геохимического ореола: 1 — разломы; 2 — рудные тела; 3—9 — зоны ореола состава: 3 — Ba—Ag—As—Pb, 4 — Ba—Ag—As—Pd—Zn—Cd—Au, 5 — Ba—Ag—As—Pb—Zn—Cd—Au—Cu, 6 — полный комплекс элементов, 7 — Zn—Pb—Cu—Bi—As—Mo—Co—Cd—Ag—Au—Ni, 8 — Cu—Bi—Mo—Co—Ni—As, 9 — Cu—Mo—Ni. Распределение (в) величин коэффициентов зональности: 1 — разломы; 2 — рудные тела; 3—8— K_3 : 3 — 0,06—0,5, 4 — 0,5—1,0; 5 — 1,0—2,0, 6 — 2,0—5,0, 7 — 5,0—10,0, 8 — 10,0—88; 9 — контур ореола комплексного состава.

МИНЕРАЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ И ПРОБЛЕМА ГЕНЕЗИСА ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ РУДНОГО АЛТАЯ

А. Н. ЛИТВИНОВИЧ, Э. А. ЦВИНЕВ, В. Д. ИНИН,
К. С. ГАВРИЛИНА

В этом кратком сообщении приведены некоторые данные относительно времени формирования главнейших полиметаллических месторождений Рудного Алтая и распределения в них основных и редких рудообразующих компонентов.

Типоморфизм пирита. При изучении ореолов и зон пиритизации в Зырянском рудном районе и вблизи Тишинского месторождения среди рассланцованных, но слабо затронутых гидротермальным изменением алевролитов (иногда туфов и туффитов) девона (и нижнего карбона) как около рудных тел, так и в удалении от них на 2—3 км и более встречены пириты, которые мы назвали метаморфогенными. Они отличаются от пиритов, образовавшихся в предрудный и рудный этапы формирования полиметаллических месторождений (для краткости назовем их рудными пиритами), по внутреннему строению и отношению к травлению.

Обычным методом травления HCl (1:5) + Zn (пыль), который применяли при микроскопическом изучении рудных пиритов, внутреннее строение кристаллов метаморфогенных пиритов выявлено не было. Последовательное электролитическое травление сначала 20%-ным раствором аммиака, а затем 33%-ной азотной кислотой (Гаврилина, Литвинович, 1969) позволило установить строение кристаллов метаморфогенных пиритов, но не дало результатов при изучении рудных пиритов.

Метаморфогенные пириты обычно имеют форму куба или параллелепипеда с размерами ребра от 2—3 до 10 мм. Они содержат большое количество (до 5—10%) включений нерудных минералов (слюдоподобных минералов, кварца, карбоната) и поэтому под микроскопом выглядят рыхлыми, пористыми. Включений сульфидов цветных металлов (меди, свинца, цинка) в этих пиритах не отмечено. Между тем в них развиты параллельные микротрещины, расположенные под углом 45—60° к зонам роста кристаллов (рис. 1). Нап-

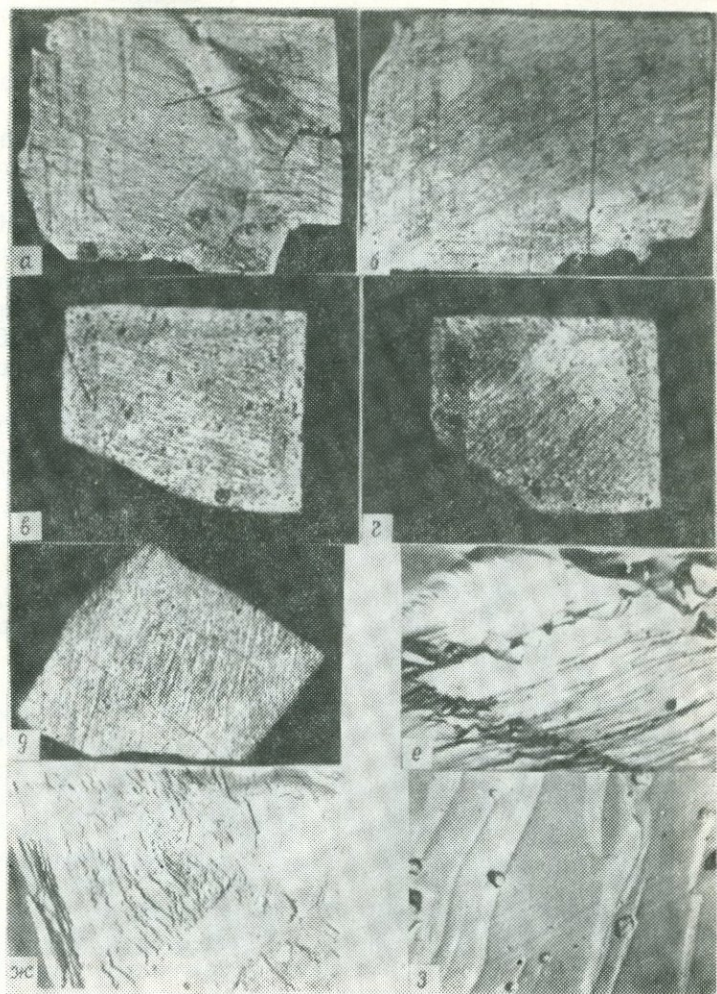


Рис. 1. Метаморфогенные пириты. Внутреннее строение кристаллов пирита (*a* — *д*, ув. 10—30): параллельные микротрещины, которые прерываются в участках перекристаллизации (*a*, *б*, *г*) и пересекают обломки раннего пирита (*a*). Электронные микрофотографии угольных реплик со сколов кристаллов пирита (*e* — *з*): *e* — в зонах расланцевания угловатые мелкие обломки пирита — результат динамометаморфизма, аншл. Т-32, ув. 7000; *ж* — сочетание микротрещин с перекристаллизованными зонами, аншл. Т-90, ув. 6000; *з* — микровключения неправильной формы, приуроченные к микротрещинам, аншл. Т-32, ув. 6000.

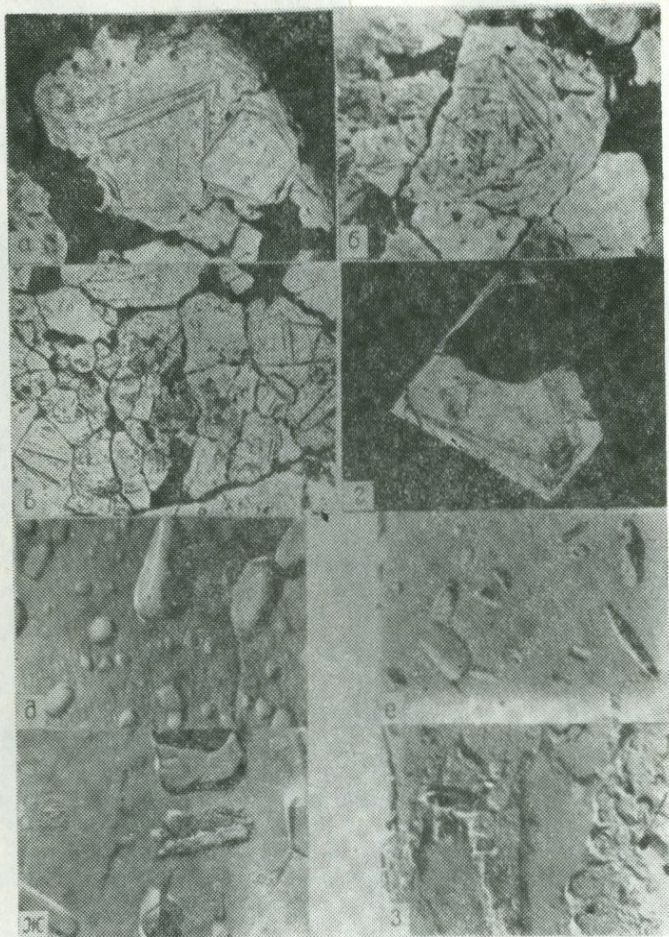


Рис. 2. Рудные пириты. Внутреннее строение зерен пиритов (а — з): а — зонки роста крупнозернистого пирита, аншл. Т-35 002, ув. 100; б — нечеткая зональность крупнозернистого пирита, аншл. Т-35 002, ув. 100; в — две генерации пирита, аншл. Т-35 002, ув. 100; з — трапециевидная форма роста кристалла пирита, аншл. Пб-474, ув. 40. Электронные микрофотографии угольных реплик со сколов зерен пиритов (д — з): д — овальной формы микровключения золота (?), аншл. Т-33, ув. 6000; е — чешуйки слюдоподобных минералов, аншл. Т-35 002, ув. 9000; ж — удлиненные зерна рутила (?), аншл. Т-99, ув. 10 000; з — сростание трех минералов, аншл. Т-99, ув. 10 000.

равление микротрещин совпадает с направлением расщепления вмещающих алевролитов. В кристаллах пирита наблюдаются участки перекристаллизации. Зоны роста и микротрещины не пересекают эти участки, что говорит о более позднем их образовании (рис. 1, а, б, г). На рисунке 1, а в кристалле метаморфогенного пирита виден обломок более раннего пирита, который был захвачен в твердом состоянии при формировании основного кристалла. В этом обломке микротрещины не прерываются.

Электронные микрофотографии угольных реплик со сколов зерен метаморфогенных пиритов подтверждают их особенности, обнаруженные с помощью обычного рудного микроскопа (рис. 1, е, ж, з).

В рудных пиритах в отличие от метаморфогенных микротрещины не наблюдаются. Внутренний рисунок этих пиритов, выявленный травлением, более сложный, для них характерны включения сульфидных минералов и меньшее количество нерудных (рис. 2).

Приведенные данные позволяют считать, что метаморфогенные пириты образовались до формирования рудных залежей Зыряновского района и Тишинского месторождения. По-видимому, под влиянием тектонических напряжений, приведших к расщеплению вмещающих пород девона (и нижнего карбона), в этих пиритах возникли параллельные микротрещины, своеобразная их расщепленность. А так как ее (расщепленность) в пиритах, связанных с формированием гидротермально-измененных пород и сульфидных руд, не встречено, то можно предположить, что образование полиметаллических месторождений произошло после того, как были расщеплены горные породы, вмещающие руды. Иными словами, главные рудные залежи с девонским вулканизмом не связаны, они более молодые.

Высказанное положение подтверждается также и тем, что метаморфогенные пириты отличаются от рудных пиритов из первичных ореолов по содержанию элементов-примесей. В них (метаморфогенных пиритах), в частности, гораздо меньше селена (теллура), марганца, резко понижено отношение количества селена к теллуру. Как уже указывалось, рудные пириты в отличие от метаморфогенных имеют включения сульфидов цветных металлов, вследствие чего содержания меди и цинка в пробах таких пиритов повышенные. Все это свидетельствует о том, что рудоносные растворы существенного воздействия на сохранившиеся метаморфогенные пириты не оказали. Метаморфогенные пириты сохранились лишь в участках, не подвергшихся воздействию гидротермальных растворов предрудного и рудного этапов фор-

мирования полиметаллических месторождений. В то же время примеси в рудных пиритах отражают привнос рудоносными растворами наряду с цветными металлами селена и теллура, насыщенность среды образования рудных пиритов серой, что способствовало накоплению в них марганца в сульфидной форме.

Физико-химические условия образования руд. В первичных рудах главных полиметаллических месторождений Рудного Алтая медь практически сосредоточена в халькопирите, свинец — в галените, цинк — в сфалерите (иногда частично в вюртците). Изменяется лишь соотношение указанных минералов в зависимости от изменения содержания и соотношения главных полезных компонентов. Барит накапливался преимущественно в верхних частях рудных тел. Блеклые руды концентрировались в верхних горизонтах рудных тел, арсенопирит и пирротин — в нижних. На основании этих данных можно считать, что физико-химические условия образования руд, в том числе рН и Eh, отчетливо изменялись в вертикальном (а не латеральном) направлении, что не согласуется с гипотезой о гидротермальном осадочном происхождении руд, в особенности крутопадающих рудных залежей.

Зональность рудных тел. Распределение (зональность) рудообразующих элементов в первичных рудах обусловлено неравномерным проявлением в разных участках различных стадий оруденения (серноколчеданной, медной, медно-цинковой, свинцово-цинковой), а также зональностью отложения металлов из гидротермальных растворов одной и той же стадии. В целом же серноколчеданные и медные руды нередко преобладают в лежащих боках и нижних частях рудных тел, а полиметаллические (свинцово-цинковые) — в висячих боках и верхних горизонтах как полого-, так и крутопадающих рудных залежей. Однако необходимо учитывать, что в большинстве месторождений разные типы руд в пространстве четко не разграничиваются, они перемежаются и в ряде случаев выделяются статистически: по соотношению главных рудных элементов, по преобладающему в пробе типу руды. Такой характер распределения разных типов руд вполне объясним с позиции эпигенетичности оруденения и трудно объясним, если считать руды вулканогенно-осадочными, сингенетичными.

Миграция рудных компонентов. В ряду сплошные сульфиды — соответствующие им прожилково-вкрапленные руды — слабо минерализованные рудными минералами породы (назовем их для краткости минерализованными породами) наряду с уменьшением концентрации главных руд-

ных элементов и минералов относительное содержание * меди обычно увеличивается, а свинца уменьшается. Медь по сравнению со свинцом в большей мере накопилась в минерализованных породах, а в богатых рудах ее относительное содержание ниже.

Как показано многими исследователями, перенос гидротермальными растворами рудообразующих компонентов осуществляется преимущественно в виде комплексных соединений. По имеющимся данным (Яцимирский, Васильев, 1959; Барнс, Чаманский, 1970 и др.), комплексные соединения меди менее устойчивы, чем комплексы свинца. В таком случае характер распределения этих металлов в рудах и минерализованных породах не согласуется с представлением о том, что сплошные сульфиды обычно фиксируют питающие каналы относительно свободной циркуляции гидротермальных растворов, в стороны от которых происходило просачивание растворов и миграция рудных компонентов с образованием вкрапленных руд и минерализованных пород. Более вероятным кажется предположение о том, что в рудных зонах восходящие рудоносные растворы пропитывали большие объемы пород и рудные компоненты «стягивались» к ослабленным участкам, где формировались сплошные сульфиды и богатые руды.

В сульфидной массе содержания железа и серы** возрастают в ряду сплошные сульфиды — прожилково-вкрапленные руды — минерализованные породы. Это отражает (подтверждает) увеличение количества в сульфидной массе дисульфидов железа от богатых к бедным рудам и минерализованным породам. Геологические и минералогические данные свидетельствуют о более раннем образовании основной массы пирита (дисульфидов железа) по сравнению с сульфидами меди, цинка и свинца. Пиритизация охватила наибольший объем горных пород, обычно гидротермально-измененных, и в контурах пиритизации затем отложились сульфиды цветных металлов. Поэтому естественно, что в сплошных и богатых сульфидных рудах содержание пирита в сульфидной массе меньше, чем в бедных рудах и минерализованных породах. Определение химическим методом форм нахождения серы в горных породах, вмещающих Зыряновское и Николаевское месторождения, показало, что

* Отношение содержания меди или свинца, или цинка к сумме содержаний указанных трех металлов.

** Содержание компонента в чистой сульфидной массе, сложной целиком рудными минералами в тех же соотношениях, что и в естественной руде, определялось согласно расчету, исходя из содержаний меди, свинца, цинка и серы.

при отсутствии заметной минерализации сульфидами цветных металлов почти вся сера находится в виде пирита.

В сплошных и соответствующих им прожилково-вкрапленных рудах отношение кадмий:цинк близко по величине или оно несколько выше в прожилково-вкрапленных рудах. В минерализованных же породах это отношение в большинстве случаев заметно выше, чем в рудах. Объяснение этому можно дать двоякое: а) концентрация кадмия в рудоносных растворах была в сотни раз ниже, чем цинка (если считать, что она в какой-то мере соответствует отношению их атомных количеств в рудах), поэтому подвижность его при «стягивании» рудных компонентов к ослабленным участкам была ниже, чем подвижность цинка; б) устойчивость комплексных соединений кадмия выше, чем комплексов цинка. Кадмий полностью не осаждался при выпадении сфалерита и в большей степени, чем цинк, проникал от каналов циркуляции растворов в окружающие породы. В этом случае должно наблюдаться существенно повышенное отношение содержаний кадмия к цинку в верхних частях рудных тел. Тенденция к относительному обогащению кадмием верхних частей рудных тел имеется, но резко не проявляется. Поэтому более вероятным кажется объяснение изменения соотношения концентраций кадмий:цинк с позиции «стягивания» рудных компонентов к ослабленным участкам.

Абсолютные содержания селена и теллура в каждом типе сульфидных руд зависят от интенсивности рудной минерализации, т. е. обычно уменьшаются от сплошных к прожилково-вкрапленным рудам и минерализованным породам. Однако эта зависимость не является прямой. Содержания названных элементов в сульфидной массе, величины отношения селена к сере и теллура к сере в сплошных сульфидах ниже, чем в прожилково-вкрапленных рудах, и обычно наиболее высоки в минерализованных породах. Следовательно, селен и теллур в большей мере, чем главные рудообразующие элементы, накопились в слабоминерализованных породах. Учитывая незначительную по сравнению с главными рудными компонентами концентрацию этих элементов в рудоносных растворах, трудно представить, что при инфильтрации или диффузии они обладали повышенной подвижностью по сравнению с подвижностью главных рудных элементов. Вероятнее всего, селен и теллур, как и другие рудные элементы, «стягивались» к участкам, где отлагались сплошные сульфиды и богатые руды. Об этом же свидетельствует и характер распределения мышьяка, сурьмы и висмута. По сравнению с главными рудными компонентами

эти элементы в большей мере накапливались в минерализованных породах.

Таким образом, особенности распределения в рудных зонах рудных элементов заставляют нас сомневаться в том, что сплошные сульфиды и богатые руды обычно фиксируют питающие каналы циркуляции рудоносных растворов, в стороны от которых происходило просачивание растворов (и рудообразующих компонентов) с образованием вкрапленных руд и слабоминерализованных пород. По нашему мнению, наиболее вероятным нужно считать «стягивание» рудных компонентов к участкам, где отлагались сплошные сульфиды и наиболее богатые руды.

Формы переноса металлов. Вопрос о формах переноса цветных металлов к месту их отложения, как известно, является предметом острых дискуссий. Многие исследователи поддерживают точку зрения о переносе цветных металлов в виде галоидных, в основном хлоридных комплексов. Но есть и немало приверженцев идеи о форме переноса в виде сульфидных и гидросульфидных комплексов. При этом как первые, так и вторые используют экспериментальные данные и термодинамические расчеты (Овчинников, 1965).

Состав гидротермальных растворов, безусловно, сложный. В них кроме галоидных, сульфидных и гидросульфидных комплексов могут присутствовать карбонатные, гидроксильные, сульфатные и другие комплексы. Однако, видимо, большое значение при формировании полиметаллических месторождений имеют хлоридные (галоидные) или сульфидные и гидросульфидные комплексы. Вместе с тем состав гидротермальных растворов во времени и пространстве не остается постоянным как по катионной, так и по анионной части. Нам представляется, что основная масса серы была привнесена в рудные зоны до отложения сульфидов цветных металлов. Иными словами, в гидротермальных растворах, несущих цветные металлы, не обязательно должна присутствовать сера в количестве, достаточном для осаждения сульфидов меди, свинца и цинка. Источником ее могли быть ранее образовавшиеся пириты.

Если считать, что цветные металлы в рудные зоны приносились в основном в виде фторидных комплексов, то осаждение сульфидов должно сопровождаться высвобождением больших количеств фтора. Полиметаллические месторождения Рудного Алтая залегают среди существенно известковистых пород. Поэтому следовало бы ожидать образования флюорита в пределах рудных зон. Но существенных количеств его в месторождениях и окружающих их породах

не наблюдается. Кроме того, данные многочисленных определений фтора в породах и сульфидных рудах Зыряновского района * свидетельствуют об отсутствии здесь повышенных концентраций этого элемента. Таким образом, фторидные комплексы, по всей вероятности, не имели существенного значения для привноса цветных металлов в рудные зоны алтайских полиметаллических месторождений.

Хлоридные комплексы более вероятны, чем фторидные. В этом случае легко объясняется замещение сульфидами минералов горных пород. Освобождавшиеся при осаждении сульфидов анионы хлора вступали в реакцию с петрогенными элементами, образуя легко растворимые соединения, которые выносились. Источником серы при осаждении сульфидов являлись в основном, по-видимому, ранее сформировавшиеся пириты. В таком случае становится ясным, почему участки пиритизации были благоприятными для осаждения сульфидов. Однако следует все же отметить, что многочисленные определения хлора в горных породах Зыряновского района* не обнаружили в них повышенных содержаний этого элемента.

При привносе цветных металлов к месту их отложения в виде сульфидных и гидросульфидных комплексов в процессе выпадения сульфидов могло освобождаться много серы. Следует ожидать повышенное ее содержание и повышенную сульфидизацию железа в породах, вмещающих сульфидные месторождения, особенно с высоким содержанием меди, свинца и цинка. Фактические материалы в целом не противоречат этому. Действительно, полиметаллические месторождения фиксируются повышенными содержаниями серы в окружающих их породах, причем основная ее масса сосредоточена в пиритах. Однако пиритизация пород происходила и до стадии отложения цветных металлов, а полной пропорциональности между концентрацией в рудах сульфидов цветных металлов и интенсивностью пиритизации околорудных пород не наблюдается. Остается не вполне ясным, почему участки повышенной пиритизации пород оказались благоприятными для отложения сульфидов цветных металлов (хотя это можно объяснить большей тектонической нарушенностью). Поэтому привнос в рудные зоны цветных металлов, в основном в виде сульфидных и гидросульфидных комплексов, кажется менее вероятным, чем в виде хлоридных комплексов.

* Материалы А. М. Марьина, Г. В. Бельского, А. М. Мысника и других (1974 г.).

ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ И ПРОБЛЕМА ВОЗРАСТА КОЛЧЕДАННО-ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКОГО ОРУДЕНЕНИЯ РУДНОГО АЛТАЯ

П. С. РЕВЯКИН

В ходе изучения закономерностей размещения и глубинного строения рудных полей и месторождений с колчеданно-полиметаллическим оруденением на основе интерпретации гравитационного и магнитного полей Рудного Алтая методом объемного моделирования геологических сред на ЭВМ, а также необходимых при этом физико-петрологических исследований были получены новые данные для решения проблемы возраста полиметаллического оруденения.

Широкая дискуссия о возрасте полиметаллического оруденения, в которой приняли участие Б. И. Вейц (1953), Г. Н. Щерба (1954), Л. Н. Белькова и др. (1954), А. К. Каюпов (1954), Д. И. Горжевский (1956), В. П. Нехорошев (1956), привела к мнению о том, что важнейшие промышленные месторождения Рудного Алтая колчеданного медно-цинкового, колчеданного и полиметаллического формационных типов имеют парагенетическую пространственную структурную связь (общность глубинного источника) с малыми интрузиями и дайками альбитофиров и порфириров (Иванкин, Иншин, Кузубный, 1961). По отношению к гранитоидным интрузиям габбро-гранодиорит-гранитной формации (змеиногорский комплекс) малые интрузии и дайки являются более поздними образованиями. В последние годы некоторые исследователи сомневаются в правильности этой точки зрения. Выдвигаются гипотезы гидротермально-осадочного (Покровская, Ковриго, 1970), вулканогенного (Щерба, 1968), полихронного трансформированного (Хисамутдинов, 1972) происхождения колчеданно-полиметаллических месторождений Рудного Алтая.

Рассмотрим некоторые геологические данные, полученные в результате объемного моделирования глубинного геологического строения Прииртышского рудного района, свидетельствующие в пользу более молодого по сравнению с гранитоидами габбро-гранодиорит-гранитной формации возраста колчеданно-полиметаллических месторождений.

Рудные поля и месторождения района приурочены к

герцинским дизъюнктивным и пликативным структурам с господствующим северо-западным простиранием и расположены в узлах пересечения крупных, протягивающихся на сотни километров тектонических швов субмеридионального и субширотного направлений. По характеру проявления в среднепалеозойском и нижнепалеозойском структурных ярусах такие нарушения следует отнести к элементам «скрытых» глубинных разломов соответствующих направлений догерцинского заложения. Ширина зон глубинных разломов, состоящих из сближенных и обычно субпараллельных нарушений, достигает 8—14 км и более. Вполне очевидно, что на пересечении глубинных разломов формируются структуры коры повышенной проницаемости на значительные (не менее 10—20 км) глубины. Функционирование подобных структур в эпоху герцинского тектогенеза могло способствовать локализации центров герцинского магматизма как для образований геосинклинали этапа развития рудноалтайской эвгеосинклинали (кварцево-кератофировой и андезито-дацитово-гранитной формаций), так и для гранитоидных интрузий габбро-гранодиорит-гранитной формации орогенного этапа.

Для большей части района характерно наличие частично выходящего на поверхность палеозойского фундамента интрузивного массива (Прииртышского), сложного по строению и морфологии и объединяющего на глубине все известные выходы гранитоидов и габброидов габбро-гранодиорит-гранитной формации в единое интрузивное тело. Верхняя поверхность массива в первом приближении повторяет границу средне- и нижнепалеозойского структурных ярусов. Нижняя поверхность находится в нижнепалеозойском структурном ярусе. Мощность массива колеблется от 1,5—2 до 4—7 км и более. Интрузии сходного петрохимического состава расположены вдоль глубинных магмоподводящих каналов северо-западного (герцинского) направления. В областях сопряжения нарушений субмеридионального и субширотного направлений уже на уровне нижнепалеозойского структурного яруса морфология интрузивов помимо общего генерального северо-западного простирания подчинена и этим направлениям. В ряде случаев (район Орловского рудного поля и др.) они становятся преобладающими. В таких областях мощности гранитоидных тел максимальны.

Детальное изучение рельефа поверхности отдельных интрузивных тел и массива в целом показывает, что она подчинена особенностям дизъюнктивного каркаса района. В условиях сложной тектонической обстановки на рудных полях (пересечение разнонаправленных нарушений) харак-

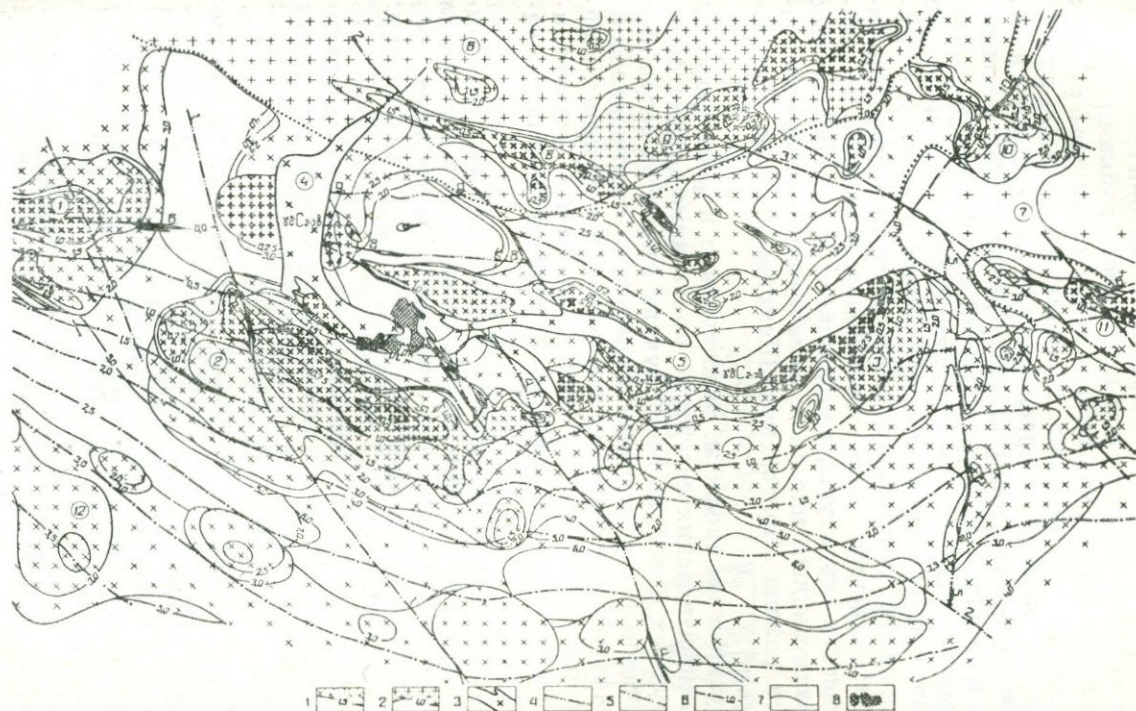


Рис. 1. Тектоно-магматическая схема Орловского рудного поля. 1, 2 — интрузии гранодиоритов (1) и плагиогранитов (2) и их контуры на глубине (км): 0,5, 1, 1,5, 2, 3, 4, 5, 6, 7 (густота знаков штриховки контуров и их толщина уменьшаются по мере увеличения глубины); 3 — контуры гранитоидных интрузий, выходящих на поверхность палеозойского фундамента; 4, 5 — тектонические нарушения по геологическим (4) и геофизическим (5) данным; 6 — след плоскости Березовского надвига на глубине (км): 0,5, 1, 1,5, 2, 2,5, 3 и 3,5 по данным сейсморазведки МОВ; 7 — геологические границы; 8 — проекция рудных тел Орловского месторождения на горизонтальную плоскость.

терными формами интрузивов являются штоки и уплощенные крутопадающие тела с апофизами, проникающими вдоль тектонических швов к поверхности среднепалеозойского структурного яруса. Интрузии и тектонические швы, инъецированные апофизами и крупными дайками, образуют ячеистые каркасно-магматические структуры рудных полей и месторождений (рис. 1). В такой структуре рудное поле или месторождение расположено в одной из ячеек. В околоинтрузивных зонах слепых гранитоидных массивов ячей раскрыты (т. е. не имеют стенок) с одной или двух сторон и, как правило, им свойственно частичное или полное отсутствие «дна». Тектоно-магматические структуры подобного типа наблюдаются в юго-западной части района (Орловская, Николаевская, Березовско-Белоусовская). Тектоно-магматические структуры, находящиеся в надинтрузивных зонах гранитоидных массивов, отмечаются в северо-восточной части района (Пригонская, Шемонаихинская, Покровская и др.).

Интрузии и их апофизы, участвующие в формировании тектоно-магматических структур колчеданно-полиметаллических рудных полей, во всех случаях являются секущими по отношению к структурным элементам среднепалеозойского разреза, а в некоторых случаях — и верхнепалеозойским (Орловская структура), чем однозначно устанавливается нижняя возрастная граница гранитоидных образований района.

Рудно-магматические системы колчеданно-полиметаллических месторождений занимают определенное положение относительно поверхности гранитоидных интрузивных тел. Для тектоно-магматических структур I типа (околоинтрузивных) проекция рудных тел месторождений на вертикальную плоскость по сравнению с проекцией глубинного контура интрузии на эту же плоскость удалена по вертикали на расстояние 0—1 км* (рис. 2). Проекция рудных тел месторождений на горизонтальную плоскость перекрывает проекцию глубинного контура интрузий (полностью или частично) или удалена от нее на расстояние до 0,5 км. Рудномагматическая система структур II типа (надинтрузивных) расположена полностью над мощными гранитоидными интрузивами, осложненными «скрытыми» внутрикоровыми глубинными разломами.

Корневые части рудно-магматических систем месторождений имеют тенденцию к сближению с глубинной поверх-

* Значения глубин относятся к нижним краям наиболее глубоко залегающих рудных тел, выявленных к настоящему времени.

ностью интрузий. Так, верхнее, Первое, рудное тело Орловского месторождения удалено от поверхности Орловской слепой интрузии на 1,5 км, тогда как наиболее глубоко залегающая, Пятая (Северная), залежь находится в 0,25 км от нее.

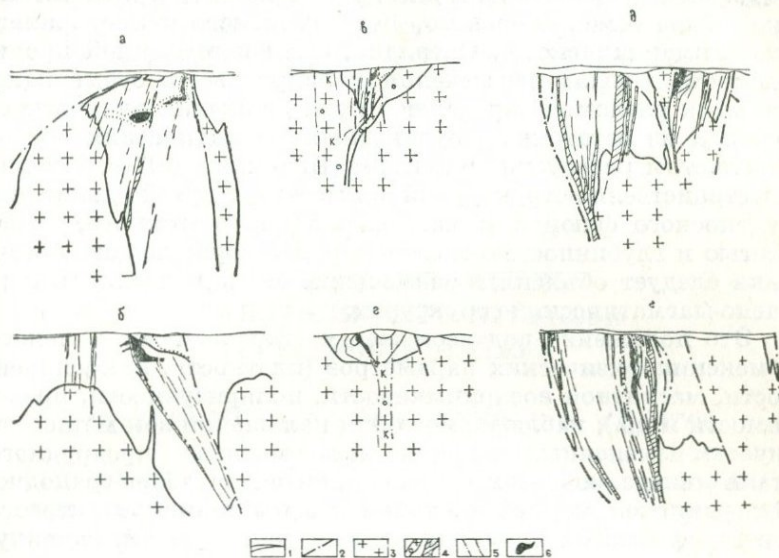


Рис. 2. Типы каркасно-магматических структур Прииртышского рудного района: *a, б, д, е* — структуры с низким температурным градиентом и рудолокализирующей ячейей: замкнутой (*a* — Орловская, *б* — Николаевская); открытой с одной-двух сторон (*д* — Ново-Березовская, *е* — Иртышская); *в, з* — структуры с высоким температурным градиентом и рудолокализирующей ячейей: замкнутой (*в* — Шемонаихинская), открытой с одной стороны (*з* — Покровская); 1 — поверхность палеозойских пород и рыхлые образования; 2 — тектонические нарушения; 3 — гранитоиды; 4 — малые интрузии кислого и основного состава; 5 — ослабленные зоны калишпатизированных и окварцованных пород; 6 — тела колчеданно-полиметаллических руд.

Размещение рудных тел месторождений в ячейках каркасно-магматических структур в качестве одного из возможных вариантов может быть объяснено с позиций термостатирования рудно-магматических систем гранитоидными интрузиями (Поспелов, 1963; Летников, Нарсеев, 1971; Дударев, 1975). При этом величиной термоградиента можно объяснить наличие двух типов термостатированных каркасно-магматических структур — низкоградиентного с замкнутой ячейей (Орловская структура) или открытой с одной-двух сторон (Березовская структура) и высокоградиентного с

замкнутой ячеей (Шемонаихинская структура) или открытой с одной стороны (Покровская структура).

Перечисленные особенности размещения колчеданно-полиметаллических месторождений района и локализации руд относительно глубинной поверхности гранитоидных интрузивов характерны и для других районов Рудно-Алтайской зоны (Змеиногорского, Лениногорского и Снегирихинско-Сакмарихинского). Очевидно, зоны повышенной проницаемости в узлах пересечения субширотных и субмеридиональных разломов определяют пути движения рудоносного флюида из остаточных рудоносных магматических очагов к областям разгрузки гидротерм (Иванкин, 1970). Именно пространственно-структурной близостью путей движения рудоносного флюида к магмоподводящим каналам, общностью и глубиной магмо- и рудогенерирующего источника следует объяснять размещение месторождений в каркасно-магматических структурах.

Это положение подтверждается фактами аномального изменения физических параметров (плотности, намагниченности, магнитной восприимчивости, поляризуемости, проводимости и др.), наблюдаемого при наложении зон метасоматически-измененных пород и метасоматитов предрудного этапа минералообразования на гранитоиды габбро-гранодиорит-гранитной формации, дайки и зоны термоконтактового метаморфизма и на породы тектонических чешуй, надвинутых на благоприятные для рудолокализации структуры до внедрения гранитоидов (Кузевный, 1966).

Приведем несколько примеров. На Орловском месторождении область пониженных значений магнитной восприимчивости ($\chi = 0 - 5 \cdot 10^{-6}$ СГС), отвечающая кварцево-серицитовым и хлорито-серицитовым метасоматитам зоны кислотного выщелачивания предрудного этапа минералообразования, наложена на области высоких значений магнитной восприимчивости (для роговиков амфибол-роговиковой фации $\chi = 25 \cdot 10^{-6} - 1500 \cdot 10^{-6}$ СГС) и гранодиориты ($\chi = 2000 \cdot 10^{-6} - 5000 \cdot 10^{-6}$ СГС). Подобная картина наблюдается на Ново-Березовском и Николаевском месторождениях. На Николаевском месторождении область пониженных значений магнитной восприимчивости ($\chi = 5 \cdot 10^{-6} - 25 \cdot 10^{-6}$ СГС) наложена на верхнедевонские субинтрузивные порфириды андезит-дацитово-андезитовой формации, расположенные над центральным рудным телом выше плоскости надрудного надвига. На Орловском, Николаевском, Камышинском месторождениях и на Березовско-Белоусовском рудном поле дайки диабазов и диоритовых порфиритов, находящиеся в области аномального изменения физических параметров, обязанные

преимущественно проявлению предрудных процессов кремнекислотного выщелачивания и железо-магнезиального метасоматоза, меняют свои физические параметры по законам, определяемым их интенсивностью.

Приведенные данные свидетельствуют в пользу более молодого по отношению к гранитоидным интрузиям габбро-гранодиорит-гранитной формации возраста важнейших колчеданно-полиметаллических месторождений района.

УДК 553.44.044(571.15)

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ СОСТАВЛЕНИЯ КАРТ ПРОГНОЗА ПО РУДНОМУ АЛТАЮ

П. Ф. ИВАНКИН, Д. И. ГОРЖЕВСКИЙ, Е. И. ФИЛАТОВ

Задачей прогнозирования является предсказание новых рудных объектов определенного типа (рудных районов, полей, месторождений и рудных тел) и выяснение степени вероятности обнаружения их в пределах исследуемых территорий. Карта прогноза служит основой для планирования поисково-разведочных работ, а также тематических исследований, по ней устанавливаются очередность изучения и оценки территорий, объемы и виды работ, необходимые для выявления рудных объектов. Она должна также отражать уровень современного понимания проблем происхождения и формирования руд и состояние изученности этих вопросов в данном регионе.

При составлении карт прогноза необходимо учитывать: 1) типовые особенности данной металлогенической зоны и объекта прогнозирования, их тектоническую позицию и основные этапы геологического развития; 2) эволюцию литогенеза, магматизма и металлогении, возможную полихронность и полигенность месторождений и факторы, определяющие локализацию руд и масштабы рудоносности на каждом этапе оруденения и для каждого типа месторождений.

Рассмотрим далее важность учета типовых особенностей данной металлогенической зоны и проблему многоэтапности оруденения.

Рудный Алтай относится к структурно-металлогеническим зонам развития колчеданно-полиметаллических месторождений в эвгеосинклиналях фанерозоя. Практически все известные в настоящее время месторождения этого типа распространены в зонах, развивающихся на мощной сиалической коре, в условиях геосинклинальной переработки срединных массивов и областей ранней консолидации. В таких эвгеосинклинальных структурах магматизм начальных стадий представлен обычно вулканитами калиево-натриевой серии липаритовой, базальтово-липаритовой или базальт-андезит-липаритовой формации с резким преобладанием кислых вулканитов над основными и средними. Важным составным элементом магматических формаций являются различные порфиоровые и порфиритовые интрузии геосинклинального и орогенного этапов, с которыми ассоциируют колчеданно-полиметаллические месторождения.

Типы осадочных и магматических формаций и особенности металлогенического процесса в подобных «наложенных» эвгеосинклиналях определяются в основном характером и полнотой геосинклинальной переработки консолидированного основания. По этому признаку структурно-металлогенические зоны с профилирующим колчеданно-полиметаллическим оруденением можно подразделить на три группы: зоны, возникшие в условиях слабой геосинклинальной переработки; зоны, возникшие в условиях умеренной геосинклинальной переработки, и зоны, возникшие в условиях интенсивной геосинклинальной переработки древней сиалической коры (см. табл.).

Рудный Алтай относится к третьей группе зон. Он формировался в условиях весьма интенсивного раздробления и погружения древнего Алейско-Рубцовского срединного массива, возраст ядра которого, вероятно, протерозойский. В конце протерозоя и в нижнем палеозое этот массив испытал некоторое погружение и был перекрыт отложениями, частично обнажающимися в ядре Алейского антиклинория. В конце раннего и начале среднего девона часть древнего массива между Иртышским и Северо-Восточным глубинными разломами подверглась мощной геосинклинальной переработке, была охвачена дифференцированными тектоническими движениями и стала ареной мощной вулканической и плутонической деятельности. Длительность магматизма, полнота дифференциации магм, определенная пространственно-временная сопряженность субмаринного и островного вулканизма и многоэтапного комагматичного интрузивного магматизма — следствие высокой подвижности раздробленной в прошлом консолидированной земной коры.

К середине эйфеля на Рудном Алтае оформилась система наложенных герцинских геосинклинальных прогибов и разделяющих их остаточных поднятий. Последние являются реликтами древнего массива, сохранившимися среди наложенных прогибов, и служат ядрами антиклинориев. Длительность геосинклинального этапа (от начала эйфеля и до середины визе) составила около 50 млн. лет. В это время в прогибах интенсивно накапливались осадки, мощность которых нередко достигала 8000 м. Активизация глубинных зон обусловила неоднократное перераспределение магматических очагов, широкое проявление вулканитов и накопление осадочно-вулканогенных толщ базальтово-липаритовой и андезито-дацитовых формаций, а также осадков аспидной и флишеидной формаций в прогибах.

В режиме сжатия и поднятий антиклинориев собственно вулканические процессы затухали, сменялись субвулканическими интрузиями в конце намюра — среднем карбоне, а затем и гранитизацией прогретой сиалической коры. Вследствие этого металлогенические процессы на Рудном Алтае протекали многоэтапно, ранние из них тесно связаны с вулканическими процессами, более поздние — с синскладчатыми порфи́ро-порфи́ритовыми дифференцированными интрузиями, самые поздние — с деятельностью остаточных глубинных очагов и зонами гранитизации сиалической коры.

Большинство месторождений локализуется в геосинклинальных аспидной и базальтово-липаритовой калиево-натриевой формациях. Средние содержания свинца, цинка и меди в рудах составляют 1:3:1. Они тесно ассоциируют со средне-верхнедевонскими и нижнекаменноугольными калиево-натриевыми субвулканическими порфи́рами — производными базальтово-липаритовой формации, а также с верхнепалеозойскими малыми интрузиями контрастно-дифференцированных послелаболитовых порфи́ров-порфи́ритов. Последние особенно типичны для наиболее крупной и позднее других потерявшей подвижность структуры — Иртышской зоны смятия. Пространственное совпадение в Рудном Алтае ареалов раннеорогенного и геосинклинального магматизма обусловлено унаследованным развитием региональных структур и тем, что позднепалеозойские магматические очаги, по существу, являлись остаточными очагами девонского вулканизма, перемещавшимися в область сиалической коры. Это обстоятельство имеет важное значение для истории формирования колчеданно-полиметаллических рудных районов, где, как правило, пространственно совмещаются разноэтапные магматические, метасоматические образова-

Типы и признаки структурно-металлогенических зон развития

Тип структурно-металлогенических зон	Ориентировочная длительность геосинклинальной переработки фундамента, млн. лет	Характерная максимальная мощность отложений геосинклинального этажа, м	Количество структурных ярусов в геосинклинальном этапе	Главнейшая магматическая формация геосинклинального этапа	Главнейшая магматическая формация орогенного этапа	Морфология конседиментационных складчатых структур
Зоны, возникшие в условиях слабой геосинклинальной переработки срединных массивов	30	2500	1	Гранит-гранодиоритовая Липаритовая	Гранодиорит-порфировая Диабаз-лампрофировая	Брахи-складки, корробчатые складки отраженного, приразломного, магматогенного и других типов
Зоны, возникшие в условиях промежуточной степени геосинклинальной переработки срединных массивов	60	4000	1	Базальт-андезит-липаритовая	Габбро-гранодиорит-гранитовая	Германотипные складки
Зоны, возникшие в условиях интенсивной геосинклинальной переработки срединных массивов	50	8000	3	Габбро-диорит-плагио-гранитовая Базальт-ово-липаритовая Даци-то-андезитовая	Габбро-гранодиорит-гранитовая Малых интрузий порфиров-порфиритов	Брахи-складки, килевидные и линейные складки отраженного, приразломного и других типов

колчеданно-полиметаллического оруденения

Тип разрывных нарушений геосинклинального этапа	Главнейшая рудовмещающая формация	Серия пород и средний состав щелочей в вулканитах рудовмещающих формаций	Примерное соотношение Pb: Zn: Cu в рудах месторождений	Этап формирования руд	Сопутствующие рудные формации	Пример зоны
Зоны брекчирования	Липаритовая	Калиевая SiO ₂ —74%, K ₂ O—4,11%, Na ₂ O—1,80%	1:2, 5:0, 3	C ₁	Кварцевожильная	Юго-Западно-Гиссарская (Южный Тянь-Шань)
То же	Базальт-андезит-липаритовая Вулканомиктово-карбонатная	Калиево-натриевая SiO ₂ —69%, K ₂ O—3,9%, Na ₂ O—3,2%	1:6:0, 1	Сm ₁	Скарново-полиметаллическая	Удино-Витимская (Западное Забайкалье)
Зоны брекчирования Зоны расщепления и смятия	Базальтово-липаритовая Аспидная	Калиево-натриевая SiO ₂ —73%, K ₂ O—2,9%, Na ₂ O—3,0%	1:3:1	D ₂₋₃ и C ₂ -P ₁	Скарново-полиметаллическая Пропитово-полиметаллическая Кварцевожильная	Рудно-Алтайская

ния и разные типы рудных формаций с профилирующим халькофильным оруденением. Однако общая картина полигенности и полихронности халькофильного оруденения, вероятно, усложняется явлениями регенерации и ремобилизации в зонах поздней гранитизации. Возможно, существенное значение имеет также латеральное смещение тектоно-магматических и металлогенических процессов с северо-востока на юго-запад, в сторону Иртышской зоны смятия, вдоль которой интенсивнее проявились наиболее поздние процессы.

Д. И. Горжевский и Е. И. Филатов полагают, что наиболее ранние колчеданно-полиметаллические руды, вероятно, все же были связаны с вулканами эйфельского возраста; в последующее средне-верхнедевонское время в большей степени развивались руды, ассоциирующие с порфировыми (флюидпорфировыми) интрузиями (Яковлев, Яковлева, 1973). Наконец, орогенный этап был эпохой интенсивной регенерации и переотложения ранее образовавшихся руд. Итак, следует считать справедливым представление о колчеданно-полиметаллических месторождениях Рудного Алтая как о полихронных и полигенных.

По составу минералов, слагающих рудные тела, и по общей геологической позиции все промышленные месторождения Рудного Алтая обобщенно могут быть отнесены к единой колчеданно-полиметаллической формации с подразделением ее на следующие подформации: барит-полиметаллическую, собственно полиметаллическую, переходную к колчеданно-полиметаллической и медно-колчеданную. Месторождения этих подформаций по отношению к структурам геосинклинального этапа обнаруживают определенную зональность. Все они приурочены к периферическим частям остаточных поднятий. Барит-полиметаллические и собственно полиметаллические месторождения тяготеют к остаточным поднятиям и, в частности, к участкам замедленного прогибания, амплитуда которого за среднедевонское — франское время не превышала 1500 м, а месторождения с переходным и колчеданно-полиметаллическим типом минерализации — в основном к участкам умеренного (1500—3000 м) прогибания, располагающимся по краям остаточных поднятий, уже вблизи прогибов. Чем глубже прогибание, тем большую роль играют магмы среднего и основного состава и тем существеннее роль меди в рудах.

Степень геосинклинальной переработки срединных массивов, в которых возникают зоны развития колчеданно-полиметаллических месторождений, полихронность и полигенность последних необходимо учитывать при прогнозиро-

вании скрытого оруденения. Для зон, сформировавшихся в условиях слабой геосинклинальной переработки срединных массивов, в том числе и для остаточных поднятий Рудного Алтая, важное значение имеют палеореконструкция блоковой тектоники неглубоко располагающегося фундамента массива, учет относительной кратковременности и прерывистости процессов вулканизма и рудообразования, протекающих в условиях жесткого, слабо переработанного субстрата. При этом магматический ряд формаций редуцирован и соответственно поздние металлогенические этапы могут полностью выпадать. Напротив, при исследовании краевых частей остаточных поднятий и глубоких прогибов необходимо уделять больше внимания формационно-фациальному анализу вулканогенно-осадочных отложений мощного сингеосинклинального чехла, под которым во многих участках глубоко захоронен фундамент массива. Необходимым условием прогнозирования скрытого оруденения здесь является знание глубинного строения рудных районов (до глубины 6—8 км), морфологии скрытых гранитоидных батолитов и штоков, разобщающих на обособленные блоки потенциально рудоносные вулканогенные формации. Важная информация по глубинному строению районов получается при постановке грави-магнитометрической съемки высокой точности. Ввиду полихронности и многоэтапности оруденения нужно подвергать детальному анализу при прогнозировании как конседиментационные синвулканические, так и более поздние наложенные тектонические структуры и магматические образования. Необходимы также дальнейшие исследования типов рудных формаций и формаций различных метасоматитов (кварцитов, серицито-кварцевых пород, эпидозитов, скарнов, пропилитов и др.), которые должны и впредь рассматриваться как составные части соответствующих магматических комплексов и формаций. Все это обуславливает необходимость создания значительного количества карт, составляющих комплект карты прогноза. Такой комплект, как показывает большой опыт прогнозирования на Рудном Алтае, должен состоять из специализированной геологической основы, карты рудной нагрузки, карты элементов глубинного строения, выполненной по геолого-геофизическим данным, карты геологических предпосылок и поисковых признаков на месторождения разного формационного типа и собственно прогнозной карты.

ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАЗМЕЩЕНИЯ, СТРОЕНИЯ И ОБРАЗОВАНИЯ ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ АЛТАЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАСШИРЕНИЯ ЕГО РУДНОЙ БАЗЫ

А. Н. КЕН

Перспективы Алтая до сих пор оцениваются с позиций гипотезы послескладчатого образования полиметаллических месторождений. Несмотря на переход многих ее представителей в ряды сторонников доскладчатой гипотезы, значительно расширяющей перспективы Алтая, методика прогноза, поисков и разведки месторождений остается прежней. Для реального расширения рудной базы Алтая необходимо в корне перестроить эту методику, положив в ее основу вновь установленные закономерности размещения месторождений, подтверждающие их доскладчатый возраст.

Алтай, за исключением районов восточнее Ануйско-Чуйского синклиория, находится в краевой части герцинского Обь-Зайсанского подвижного пояса, наложенной на складчатые сооружения каледонского Алтае-Саянского подвижного пояса. Этот пояс прошел в зоне наложения неполный цикл своего развития и был вовлечен в девоне, после салаирской, таконской и каледонской фаз складчатости, сопровождаемых мощной гранитизацией и формированием батолитов, в новый, герцинский цикл. Поэтому в полициклической части Алтая вместо поздних этапов развития каледонид в девоне и раннем карбоне проявились начальные, собственно геосинклинальные этапы герцинид.

Полициклическость Алтая, редукция каледонского цикла тектогенеза и наложение нижнего, эвгеосинклинального структурного яруса герцинид непосредственно на гранитизированный в средние этапы развития каледонид фундамент создали исключительно благоприятные условия для массового образования крупных полиметаллических месторождений, являющихся сырьевой базой цветной металлургии и давно эксплуатируемых на Рудном Алтае.

Полиметаллические месторождения приурочены на Алтае к толще морских вулканогенно-осадочных отложений девона и нижнего карбона, залегающей с угловым, структурным и стратиграфическим несогласием на гранитизированном фундаменте. Этот додевонский консолидированный

фундамент обнажается совместно с гранитными батолитами раннепалеозойского и силурийского возраста в ядрах конседиментационных антиклинориев, представляющих собой в девоне и раннем карбоне цепи островов с действующими вулканами. Существование островов, выполняющих подобные Курильской гряде геосинклинальные островные дуги, установлено по появлению на крыльях антиклинориев прибрежно-морских конгломератов в девонских и нижнекаменноугольных отложениях, которые выклиниваются к ядрам антиклинориев.

Антиклинории и разделяющие их синклинии располагаются в симметрично повторяющихся ячейках, образованных двумя пересекающимися системами долгоживущих региональных разломов древнейшего заложения: северо-западной, согласной с общим направлением алтайских складчатых структур, и аномальной близширотной.

Антиклинории имеют форму эллипсов, вытянутых на северо-запад. Вокруг их ядер размещаются среднепалеозойские кольцевые и радиальные разломы, фрагменты которых наблюдаются в Колыванском, Коксинском, Солонечном, Никитинском, Зыряновском, Лениногорском, Змеиногорском и Березовско-Белоусовском районах. В большинстве случаев эти разломы выявляются по расположению геофизических и геохимических аномалий, рудных тел и прожилков в реставрированных толщах.

В глубь синклиниориев кислые по составу эффузивы замещаются основными эффузивами синхронной базальтовой формации.

Породы нижнего структурного яруса герцинид дислоцированы, прорваны намюрскими батолитами и метаморфизованы в конце раннего карбона, в саурскую фазу складчатости. Вместе с ними нарушены и разломы радиально-кольцевой системы. Наиболее интенсивны деформации и метаморфизм пород и руд на фронте сжатия, вдоль длинных сторон эллипсовидных антиклинориев — в линейных зонах смятия, трассируемых древними региональными разломами северо-западного направления. Девонские и нижнекаменноугольные отложения разбиты в зонах смятия на первоначально равные блоки со складчатыми взбросами (зоны которых отличаются интенсивной микроплойчатостью) северо-западного простирания (типа Главного разлома в Иртышской зоне смятия), а в блоках смяты в изоклинальные линейные и лежащие вихревые складки. В Змеиногорском районе распространены чешуйчатые надвиги, по которым нижнепалеозойские породы фундамента полого вклиниваются в девонские отложения.

Во внутренних частях синклиналий и в «тнях давления», расположенных между замками соседних антиклиналий, степень дислоцированности и метаморфизма среднепалеозойских пород и руд заметно уменьшается. Примером является почти не нарушенное Лениногорское рудное поле, находящееся между замками Убинского и Ерофеевского антиклиналий.

Нижний структурный ярус герцинид несогласно перекрывается верхненаюрскими и более молодыми отложениями, слабо дислоцированными вблизи послескладчатых разрывных нарушений, характеризующихся развитием тектонических брекчий и зеркал скольжения. Эти отложения в отличие от пород нижнего структурного яруса герцинид несут лишь следы упруго-хрупких деформаций: они не испытали пластического течения, перекристаллизации и динамотермального метаморфизма. Месторождения представлены согласными с вмещающими девонскими породами лентовидными залежами и дисками в комбинации с корневыми секущими жилами или прожилками (проникающими в Змеиногорском районе из подошвы девонских отложений в подстилающие нижнепалеозойские толщи) и имеют форму симметричных однотавровых балок с Т-образным поперечным сечением, дислоцированных совместно с вмещающими породами. Переход секущих жил в согласные залежи наблюдается на Лениногорском, Стрижковском, Юбилейном, Стрежанском месторождениях. Жилы выполняют доскладчатые разломы радиально-кольцевой системы, а лентообразные залежи более богатых и ценных руд располагаются в стратиграфическом разрезе над ними, под водонепроницаемыми экранирующими породами, в первоначально пористых и насыщенных захороненной морской водой горизонтах туфобрекчий, туфопесчаников, илов, благоприятных для рудотложения и метасоматического замещения. Наибольшие концентрации руд встречаются в местах пересечения кольцевых и радиальных разломов.

Первозданная простая форма месторождений характерна для участков со слабо нарушенным залеганием (Лениногорское, Змеиногорское, Стрижковское, Орловское месторождения). В дислоцированных отложениях месторождения смяты совместно с вмещающими породами в сложные изоклинальные, вихревые, флексуобразные и другие складки и нарушены соскладчатыми и послескладчатыми разломами. К числу сильно дислоцированных относятся Зырянское, Белоусовское, Стрежанское, Вавилонское месторождения. На Лениногорском и Белоусовском (залежи № 1 и 2) месторождениях наблюдаются диапировые склад-

ки, связанные с нагнетанием пластичных массивных полиметаллических руд в замки антиклинальных складок и последующим протыканием рудой лежащих выше вмещающих пород.

Колчеданно-полиметаллические месторождения находятся совместно с образованиями доскладчатой гранито-липаритовой формации на крыльях конседиментационных антиклинорий, в окружающих их ядра кольцевых металлогенических зонах эллиптической формы. Выделяется восемь таких зон: Алейская, сильно сжатая Иртышская, Убинская (Лениногорская), Кольванская, Ерофеевская, Коксинская, Зыряновская, Маралихинская. Самая большая из них — Коксинская зона, самая малая — Зыряновская.

Поперек кольцевых металлогенических зон, симметрично ядрам рудоконтролирующих среднепалеозойских антиклинорий наблюдается обратная горизонтальная концентрическая зональность размещения полиметаллических месторождений. От ядер антиклинорий — центров среднепалеозойских тектонических поднятий — в окружающие их синклинии гематитовые, баритовые, барит-золото-серебряные месторождения последовательно сменяются свинцово-цинковыми, свинцово-медно-цинковыми, медно-цинковыми и существенно медными месторождениями колчеданного типа.

Все полиметаллические месторождения Алтая располагаются в маломощной рудной сфере, на единой полярной рудоносной поверхности, вписывающейся в складчатые структуры девонских толщ, совместно с которыми она смещается по соскладчатым и послескладчатым разломам. Рудоносная поверхность фиксируется максимальными концентрациями руд и гидротермалитов — окварцованных, серицитизированных и хлоритизированных пород. На полиметаллических месторождениях она совпадает с границей бескислородных, чисто сульфидных руд и кислородсодержащих баритовых руд с сульфидами, сульфатами, самородными элементами и окислами.

По мере удаления от ядер среднепалеозойских конседиментационных антиклинорий в окружающие синклинии рудоносная поверхность плавно поднимается в стратиграфическом разрезе девона, пересекая пласты пород под углами $1-5^{\circ}$. Эти углы по величине и направлениям совпадают с углами падения девонских отложений в начале карбона (до саурской складчатости) в глубь синклиний, куда регрессировал среднепалеозойский морской бассейн.

По нормали к рудоносной поверхности расположены векторы асимметричной экстремальной изменчивости состава,

свойств и структур руд полиметаллических месторождений, т. е. ориентированные в одну сторону относительно рудоносной поверхности кратчайшие направления от скоплений минералов с большей энергией кристаллических решеток — пирротина, пирита, халькопирита, сфалерита — к скоплениям минералов с меньшей энергией кристаллических решеток — галенита, вюртцита, марказита, первичного халькозина, аргентита, электрума, самородного золота, меди и т. д. Вдоль этих направлений градиент изменчивости имеет максимальные (для первоначально горизонтальных залежей) либо минимальные (для первоначально крутопадающих жил) значения.

Аналогичным образом, по нормали к рудоносной поверхности, ориентированы векторы асимметричной изменчивости форм и других параметров месторождений, направленные от секущих корневых рудных жил к согласным рудным залежам.

Параллельно рудоносной поверхности ориентированы векторы симметричной изменчивости форм месторождений, состава, свойств и структур руд, направленные на алтайских полиметаллических месторождениях вдоль поверхностей напластования вмещающих отложений от выклинивающихся флангов лентообразных залежей, представленных пирротинном, пиритом и халькопиритом, к их осевым, наиболее мощным и богатым частям, где обычно преобладает галенит.

Таким образом, на алтайских полиметаллических месторождениях проявлены прямая вертикальная и обратная горизонтальная зональности.

Оси и плоскости симметрии форм месторождений и структур зонального расположения руд совпадают с проходящими через первоначальные центры месторождений векторами их асимметричной изменчивости и расположены по нормали к рудоносной поверхности. Независимо от состава и залегания пластов вмещающих пород (нормально горизонтального, наклонного или перевернутого) векторы асимметричной изменчивости состава и форм алтайских полиметаллических месторождений всегда направлены снизу вверх по стратиграфическому разрезу практически перпендикулярно вмещающим пластам. Из этого следует, что в момент рудообразования:

1) векторы асимметричной изменчивости состава и форм месторождений были направлены от первоначальной их подошвы к кровле, вертикально вверх вдоль радиусов-векторов силы тяжести;

2) оси и плоскости симметрии форм и зональных структур месторождений были вертикальными;

3) рудоносная поверхность и векторы симметричной изменчивости состава и форм месторождений, перпендикулярные векторам их асимметричной изменчивости, занимали горизонтальное положение, параллельное поверхности геоида;

4) рудовмещающие девонские пласты были наклонены в глубь синклинориев под углами $1-5^\circ$, равными углам пересечения рудоносной поверхности с поверхностями напластования девонских пород.

Векторы изменчивости руд на колчеданно-полиметаллических месторождениях указывают направления движения рудоносных гидротермальных растворов, из которых по мере понижения температуры и давления химические соединения выпадают в порядке уменьшения энергии их образования (зафиксированной в кристаллических решетках минералов). В дислоцированных толщах векторы изменчивости алтайских полиметаллических руд направлены, казалось бы, хаотично, в самых различных направлениях: в антиклиналях — в противоположные стороны от их ядер, в синклиналях — к ядрам, навстречу друг другу, в первоначально пористых водопроницаемых пластах — в разные стороны.

По законам гидродинамики гидротермальные растворы не могли двигаться в смятых толщах по пути наибольшего сопротивления, все время выбирая направление, перпендикулярное дислоцированным водонепроницаемым пластам метаморфизованных пород: то в противоположные стороны от ядер антиклиналей, то навстречу друг другу в синклиналях, то одновременно вверх и вниз в крутопадающих пластах и на противоположных крыльях лежащих складок. Отсюда вытекает единственно возможный вывод: движение рудоносных гидротермальных растворов происходило до складчатости, при пологом залегании девонских рудовмещающих толщ. В этом случае движение гидротермальных рудоносных растворов выглядит закономерным и упорядоченным: они двигались в сторону понижения температуры и давления, выбирая кратчайший и наиболее легкий путь к земной поверхности и встречая на своем пути экранирующие водонепроницаемые горизонты, растекались в стороны от рудоподводящих разломов. Таким образом, видно, что алтайские полиметаллические месторождения сформировались до складчатости, а Иртышская и другие зоны смятия на Алтае являются послерудными.

Жесткая пространственная взаимосвязь различных типов руд, закономерное их расположение по вертикали и горизонтали в развернутых в момент рудообразования толщах, а также точное соответствие зональных структур место-

рождений структурам вмещающих толщ независимо от характера и степени их дислоцированности свидетельствуют о фациальной (непульсационной) зональности и одновременном (в масштабе геологических событий — мгновенном) образовании на Алтае всех типов полиметаллических руд и месторождений (кроме Парыгинского и Сургутановского) и поэтому их следует относить к единой доскладчатой колчеданно-полиметаллической формации.

На рудоносной поверхности рудные тела, поля и узлы полиметаллических месторождений размещаются симметрично относительно друг друга, выполняя подобные, геометрически правильные, закономерно повторяющиеся фигуры, напоминающие узор паутины. Это удалось установить в результате реконструкции вмещающих толщ и металлогенических зон путем развертки рудоносной поверхности и приведения элементов симметрии (и асимметрии) месторождений в соответствие с элементами симметрии (и асимметрии) гравитационного поля. С помощью развертки рудоносной поверхности во всех районах Алтая было установлено симметричное радиально-кольцевое расположение месторождений в кольцевых металлогенических зонах вокруг ядер рудоконтролирующих среднепалеозойских антиклинорий. Рисунок симметричного радиально-кольцевого размещения месторождений имел место в плане до складчатости. При последующих дислокациях этот геометрически правильный рисунок был сильно искажен и во многих рудных районах ликвидирован. Однако он полностью сохранился на рудоносной поверхности, несмотря на ее дислоцированность.

В Алейской кольцевой металлогенической зоне симметрично вокруг ядра одноименного антиклинория через определенные промежутки размещены Змеиногорский, Степной, Рубцовский, Локтевский, Орловско-Золотушинский, Авроринский, Шемонаихинский и Верхнеубинский рудные узлы. После преобразования эллипса в круг, форму которого имеет это ядро, расстояния между упомянутыми крупными узлами достигли 45 км. Установленный параметр дает возможность прогнозировать новый рудный узел на водоразделе рек Алей и Верхняя Уба.

В кольцевой Ушинской металлогенической зоне, окружающей ядро Убинского антиклинория, располагаются Тишинский, Лениногорский, Карелихинский, Стрежанский, Гусляковский рудные узлы. Интервалы между ними, измеренные по внутреннему кольцу зоны, меняются от 12 км в замке антиклинория до 20 км на его крыле. После преобразования эллипса, созданного ядром Убинского антиклинория, в круг оказалось, что угол между радиальными осями

этих рудных узлов равен или кратен 15° . Путем экстраполяции и интерполяции данной величины было определено на круге, а затем на эллипсе (в кольцевой Синюшинской металлогенической зоне) положение узлов прогнозируемых месторождений: Левобережного, Пахотного, Северного, Малобубинского, Черемшанского и других. На некоторых узлах имеются геофизические и геохимические рудные аномалии. Здесь возможно открытие новых месторождений типа Лениногорского и Тишинского.

Сходным строением обладает Зыряновская металлогеническая зона, окружающая эллиптическое ядро Ревнюшинского антиклинория. К ней приурочены Греховский, Зыряновский и Путинцевско-Малеевский рудные узлы. Симметрично им, на восточном крыле антиклинория в кольцевой Зыряновской зоне нами прогнозируется несколько узлов новых промышленных полиметаллических месторождений.

В Иртышской металлогенической зоне интервал между осями Белоусовского, Иртышского, Березовского, Николаевского и Вавилонского рудных узлов равен или кратен 15 км . Интервал между осями промежуточных, более мелких узлов равен $7,5 \text{ км}$. Часть лентообразных рудных тел соседних узлов в Березовско-Белоусовском районе, вероятно, смыкаются друг с другом. Путем экстраполяции этих интервалов вдоль сильно вытянутой кольцевой Иртышской металлогенической зоны, окружающей ядро одноименного антиклинория, было установлено положение ряда новых прогнозируемых рудных узлов, в том числе в $7,5$ и 15 км к северо-западу от Березовского месторождения и к юго-востоку от Белоусовского месторождения.

Аналогичным путем было определено прогнозное местоположение и параметры нескольких десятков новых рудных узлов на Алтае. Обычно рудные узлы состоят из двух-трех и более месторождений, а месторождения — из серии первоначально параллельных рудных тел кольцевой и радиальной систем. Кольцевое положение относительно ядер соответствующих антиклинориев занимают на развернутой рудоносной поверхности рудные ленты Змеиногорского, Корбалихинского, Золотушинского, Березовского, Иртышского, Белоусовского месторождений и жилы Александровского месторождения, а радиальные — рудные ленты Тишинского, Стрежанского, Гуслияковского, Успенского, Шубинского, Старковского, Коксинского, Убинского, Покровского месторождений и жилы Стрижковского и Чудского месторождений. В Зыряновском районе, на Лениногорском и Юбилейном месторождениях, присутствуют тела обеих систем.

Интервалы между параллельными рудными телами, измеренные по рудоносной поверхности, колеблются на месторождениях от нескольких сотен до нескольких тысяч метров. Для каждого рудного узла характерны свои постоянные или определенным образом меняющиеся параметры взаиморасположения тел, близкие для соседних узлов. Статистически установлено, что на каждую более крупную залежь приходится три-четыре более мелких. Крупные и мелкие залежи ритмично чередуются.

Выявленные закономерности размещения и строения полиметаллических месторождений Алтая позволяют сделать выводы о их генезисе. Эти месторождения образовались в визейское время до саурской фазы складчатости при остывании локальных очагов гранитовой магмы и затухании связанного с ними кислого вулканизма, результатом которого было появление в девоне и раннем карбоне гранито-липаритовой формации.

Начавшееся после прекращения мощных излияний кислых эффузивов остывание гранитовых очагов сопровождалось концентрацией в остаточных расплавах легколетучих и рудных элементов и отделением гидротермальной фазы, насыщенной этими элементами.

Из гранитовых магматических очагов рудоносные гидротермальные растворы двигались к земной поверхности, в область низких температур и давлений, по симметрично расположенным кольцевым и радиальным трещинам растяжения, развивающимся вокруг ядер антиклинорий при их воздымании. Они проникали сквозь консолидированные толщи додевонского фундамента в пологолежащие девонские морские толщи и смешивались с насыщающими их вадозными водами. Наиболее проницаемыми были места сочленения кольцевых и радиальных разломов, особенно в узлах пересечения зон региональных разрывных нарушений северо-западной и аномальной близширотной систем.

По мере подъема растворов в область меньших температур и давлений рудные элементы осаждались в последовательности уменьшения энергии кристаллических решеток образуемых ими минералов в рудной сфере, мощность которой колебалась на Алтае от 10 м (Белоусовское месторождение) до 350 м (Лениногорское месторождение). Основная масса рудного вещества отлагалась из рудоносных растворов на границе зараженных вулканогенным и органогенным сероводородом застойных седиментационных поровых морских вод с содержащими свободный кислород инфильтрационными метеорными водами, циркулирующими выше уровня базиса эрозии. Этот уровень, располагавшийся на продол-

жении под сушу зеркала визейского моря, являлся мощным гидрогеохимическим барьером, определявшим положение рудоносной поверхности для оруденения доскладчатой герцинской колчеданно-полиметаллической формации. Рудоносная поверхность находилась в девонских и отчасти нижнекаменноугольных морских отложениях, обнажавшихся при регрессии среднепалеозойского морского бассейна в глубь синклиналиев в результате воздымания антиклиналиев. Ниже рудоносного палеогидрогеохимического уровня и ближе к визейскому морю в условиях сероводородного заражения в рыхлых девонских осадках отлагались сульфиды, а выше этого уровня и ближе к ядрам поднимающихся антиклиналиев, в слабоокислительной обстановке, — сульфаты, самородные металлы и окислы.

Наиболее благоприятными для рудоотложения были водопроницаемые и водоносные горизонты, экранируемые непроницаемыми пластами пород на уровне базиса эрозии. Здесь над рудоподводящими разломами радиально-кольцевой системы сформировались согласные одно- и многоярусные лентообразные и в местах пересечения разломов — дискообразные залежи, а в самих разломах — корневые секущие жилы и прожилки.

По мере растекания рудоносных гидротермальных растворов в стороны от рудоподводящих по насыщенным сероводородом водоносным горизонтам и отложения из этих растворов галенита в них создавался избыток железа и меди, частично заимствованных из вулканогенных пород основного состава. В результате фланги залежей были сложены пиритом и халькопиритом.

В конце раннего карбона алтайские полиметаллические месторождения приобрели сложные и весьма разнообразные формы в процессе саурской складчатости, сопровождаемой формированием мощных послерудных зон смятия и динамометаморфизма пород и руд.

Исходя из сказанного выше прогнозное местоположение серий новых промышленных залежей было установлено на рудных полях Иртышского и Зырянского комбинатов: к северо-востоку от Белоусовского месторождения (за Главным разломом), рядом с Иртышским рудником (к юго-западу и северо-востоку от него), вблизи Березовского и Ново-Березовского рудников, в Зырянске, на Путинцевско-Малеевском рудном поле, а также к востоку от Орловского месторождения (в нижнем крыле крупной флексуры под силлом порфира), в Лениногорском и других районах Рудного, Горного и Южного Алтая.

В настоящее время проверена лишь часть рекомендаций

по поискам и разведке новых залежей. В результате рядом скважин из поисково-разведочного квершлага Белоусовского рудника открыты три новые залежи промышленных полиметаллических руд. На северо-западном фланге Белоусовского месторождения новые подсечения руд подтвердили правильность увязки известных здесь нерентабельных для отработки рудных линз в серию протяженных рудных лент кольцевой системы. В Зыряновске одна скважина встретила (в точном соответствии с прогнозами) фланги двух полиметаллических залежей с кондиционными рудами. Богатые руды обнаружены вблизи Березовского рудника, на Красноярском и Шубинском месторождениях, рекомендованных для доразведки. Наличие прогнозируемых нами ранее рудных залежей между Ново-Березовским и Березовским месторождениями и к юго-западу от Иртышского месторождения подтверждено высокоточной электроразведкой и гравиразведкой. Таким образом, необходимо скорейшее выполнение рекомендованных объемов геологоразведочных работ по поискам и разведке месторождений, прогнозируемых на Алтае новым методом.

УДК 553.44+553.53(574.42)

О ПРИРОДЕ ПОРФИРОВЫХ ОБРАЗОВАНИЙ РУДНОГО АЛТАЯ В СВЕТЕ ГЕНЕЗИСА АЛТАЙСКИХ ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

*А. К. КАЮПОВ, М. С. КОЗЛОВ, А. М. МАРЬИН,
В. А. ШУЛИКА, Ф. Г. ДАВЫДОВ*

В проблеме происхождения алтайских полиметаллических месторождений вопросы возраста и генезиса вулканогенных образований и комплексов, с которыми ассоциирует промышленное оруденение, почти не вызывают дискуссий. Существует представление о том, что вся масса вулканогенных (или вулканотипных) пород в регионе порождена в у л к а н и ч е с к о й деятельностью, происходившей в эмсе (Холзунско-Сарымсактинская полоса), в эмсе — нижнем живете (Лениногорско-Зыряновская полоса), в верхнем живете — фране (Орловско-Николаевская полоса и Березовско-

Белоусовский блок), в фамене (Пихтовский андезитовый пояс), в позднем визе — раннем намюре (Кедровско-Ларихинский андезито-базальтовый пояс) и в позднем карбоне — перми (Сержихинская вулcano-тектоническая депрессия). На основании того, что главные полиметаллические месторождения залегают в разрезе от эмса до франа (фамена) и пространственно ассоциируют с вулcanoгенными образованиями, И. В. Дербиковым, Л. Н. Бельковой, В. Н. Огневим, Б. И. Вейц, А. И. Семеновым и другими исследователями в 50-е годы была выдвинута «эффузивная», или «вулcanoгенная», концепция генезиса алтайских полиметаллических месторождений. Ряд геологов при определении возраста данных месторождений исходит из факта «структурной связности» оруденения с вулканитами того или иного возраста (стратиграфического уровня), что приводит к мнению о наличии на Рудном Алтае месторождений эйфельского, живетского и франского (или фаменского) возраста (Г. Н. Щерба и др.). Большая группа геологов, в основном сторонники неовулcanoгенной гипотезы происхождения алтайских месторождений (М. Г. Хисамутдинов, Г. Ф. Яковлев и др.), допускает возможность значительных постумных преобразований рудных тел и структур месторождений вулканической природы с приобретением ими признаков «эпигенетических» (гидротермально-метасоматических) объектов, сформировавшихся в эпоху основной (саурской) фазы складчатости (C_{1n_2} — C_2) или после нее (C_2 —Р). У некоторых исследователей существует убеждение в том, что масштаб преобразований в целом был незначительным, а мощный гранитоидный магматизм орогенной эпохи (змеиногорский интрузивный комплекс) скорее «поглощал девонское оруденение», а не преобразовывал его (Щерба, 1968).

Цель настоящего сообщения — показать, что на многих важнейших (а возможно, и на всех) рудных полях Рудного Алтая (приуроченных к слоистому вулcanoгенно-осадочному разрезу!) среди пород вулcanoгенного облика, определяемых большей частью как «порфиры» или «туфовидные порфиры» («интрузивные вулканитоиды»), широко развиты тела, зоны и поля существенно иного, не вулканического происхождения, формировавшиеся как в синвулканические эпохи (века), так и (особенно интенсивно) — в послевулканическое время, когда активный вулканизм полностью прекращался. Точная расшифровка природы этих образований имеет значение не только для стратиграфических и тектонических построений, но и для решения вопросов возраста и генезиса полиметаллических месторождений, которые тесно ассоциируют с породами псевдовулканиче-

ской группы — порфирами и ортофирами, возникшими, как мы считаем, при явлениях магмометасоматического и метасоматического замещения вулканогенно-осадочных пород. Отнесение псевдовулкаников к нормальным вулканогенным образованиям и их стратификация (при фактах тесной пространственно-структурной связи колчеданно-полиметаллического и полиметаллического оруденения с порфирами и ортофирами псевдовулканической группы) делают модель связи всего промышленного оруденения с девонским вулканизмом недостаточно корректной для Рудного Алтая.

Авторы хотели бы также привлечь внимание геологов к тому, что существующая объективно региональная латеральная металлогеническая зональность от меди (в Иртышской зоне смятия) к меди+цинку+свинцу (в Прииртышье) и далее к цинку +свинцу+меди (в Лениногорско-Зырянской полосе) и свинцу+цинку (в Холзунско-Сарымсактинской полосе) не коррелируется с изменением состава ни вулканических, ни известных конкретных плутонических магматических формаций.

Парадокс геологической графики. Одной из характерных особенностей полиметаллического пояса Юго-Западного Алтая является чрезвычайно широкое распространение в его границах пород порфирирового облика, отвечающих по составу липаритам, липарито-дацитам, дацитам и трахилипаритам. Ими сложены значительные части рудных полей и месторождений колчеданно-полиметаллической формации в разрезе среднего и верхнего девона. На многих важнейших месторождениях рудноалтайского типа порфиры составляют от 40—50 до 75—90% общего объема магматитов. Теснейшая пространственно-структурная сопряженность порфириров и рудных залежей заставляла исследователей детально изучать природу порфирировых образований. Анализ многочисленной геологической графики по важнейшим рудным районам, полям и месторождениям приводит к выводу о том, что при решении вопросов генезиса и возраста порфирировых пород во многих случаях допускается настоящий произвол. По данным различных исследователей, порфиры конкретных рудных полей и месторождений показываются то как эффузивы или субвулканические тела девонского возраста, то как интрузивные залежи нижнего карбона, то как послегранитные (верхнепалеозойские) «малые интрузии» порфириров. Ярким примером тому служат геологические материалы Зырянского рудного района и Южного Алтая. Геологи ВАГТа и ВСЕГЕИ рассматривали порфиры как покровные или пирокластические образования, нормально чередующиеся с осадочными породами девона. После работ П. В. Инши-

на и Е. А. Никитина (по Ревнюшинской антиклинали), З. М. Нурбаева (по Южному Алтаю), Р. Г. Жилинского (по Сажаевскому блоку Иртышской зоны смятия) и других исследователей 90—100% порфировых пород в этих районах стали отображаться как интрузивные образования.

В Зырянском рудном районе вообще все породы вулканогенной ревнюшинской свиты мощностью до 800—1000 м интерпретировались как нижнекарбоновые интрузии нормальных и «туфовидных» порфиров (на долю туфогенных и осадочных пород в рудоносном блоке оставалось не более 10—15% его общего объема).

При изучении рудных полей Лениногорского района отчетливо проявилась аналогичная тенденция. Так, на Тишинском рудном поле различные по генезису и фациальной принадлежности порфировые породы (лавы, туфы, субвулканические интрузии, тела псевдопорфиров) в большинстве геологических материалов (А. А. Малыгин, Г. С. Дурнев и др.) объединены в так называемую Познопаловскую интрузию «добатолитового комплекса» и лишь на ранних картах Г. Н. Щербы и самых поздних В. В. Авдонина и других они рассматриваются как фациальные образования вулканогенного генезиса. На Стрежанском рудном поле (В. В. Авдонин, В. Г. Золотарев, Г. Ф. Яковлев, Н. Г. Сухарев и др.) разные по генезису порфировые и глубоко метаморфизованные терригенные породы представлены как синвулканические и поствулканические (флюид-порфировый комплекс) образования девонского возраста, слагающие лавовый купол. Подобные примеры можно было бы привести и для других рудных полей Рудного Алтая.

Противоречивость геологической графики по рудным полям и месторождениям в отношении интерпретации генезиса порфировых пород находит свое отражение и в противоречивости рудогенетических концепций.

По-видимому, первым исследователем, обратившим внимание на связь порфиров и рудных тел, был П. П. Пилипенко (1908 г.), который считал порфиры девонскими, а их связь с полиметаллическим оруденением — генетической.

Н. А. Елисеев в 1932 г., а несколько позднее, в 1934 г., И. Ф. Григорьев полиметаллическое оруденение генетически связывали с порфирами — дериватами плагиоклазовых гранитов змеиногорского типа. При этом И. Ф. Григорьев предложил в качестве генетического механизма выдавливание конечных кислых магматических экстрактов и металлоносных соединений из материнских гранитоидных очагов с образованием кварцевых порфиров, кварцевых альбитофиров и гранофиров, а также полиметаллических рудных тел.

Позднее эти противоположные точки зрения детализировались, дорабатывались и использовались в качестве основополагающих при разработке как «эффузивной» (Б. И. Вейц, В. С. Левоник, И. В. Дербигов, А. И. Семенов, В. Н. Огнев и др.), так и «интрузивной» (П. Ф. Иванкин, В. С. Кузубный, В. В. Попов и др.) гипотез.

Исследованиями, проведенными в последние годы, устанавливается гетерогенность порфириновых образований, однако критерии разделения этих пород на генетические типы разработаны недостаточно.

На хорошо вскрытых рудных полях Рудного Алтая обнаружены порфириновые породы магматогенного и метаморфогенного (+ ультраметагенного) классов.

Породы магматогенного класса чрезвычайно широко распространены на Юго-Западном Алтае вообще и на рудных полях в частности. Среди магматогенных порфириновых пород обычно выделяются вулканогенные и интрузивные.

Вулканогенная группа порфириновых пород характеризуется такими особенностями:

1. Ассоциация массивных и обломочных порфириновых пород с терригенными в закономерных, обычно многократно повторяющихся (ритмичных) сочетаниях; порфириновые и терригенные породы подобных ассоциаций согласуются между собой и с общей структурой вмещающей толщи.

2. Специфические для магматических пород текстуры и структуры (флюидальная, сферолитовая, витрофириновая, миндалякаменная и др.). Лавам, кроме того, свойственны асимметрия цвета, структуры и текстуры почвы и кровли потока, туфам — форма и текстура обломков (лапиллиевая, «капустного кочана», расплющивания, миндалякаменная, «хлебной корки» и т. д.).

3. Отсутствие влияния порфириновых пород на химизм, структуру и текстуру вмещающих пород, т. е. метасоматоза (ороговикования в почве лавового покрова) и механического воздействия порфириновых пород на вмещающие породы.

Интрузивная группа порфириновых пород генетически связана с вулканогенной группой, но обычно развита более широко и обладает большим диапазоном времени формирования. Рассматриваемая группа может быть подразделена на две ассоциации: экструзивно-субвулканическую и гипабиссальную. Первая характеризуется полной аналогией состава, времени формирования и близостью облика с вмещающими их вулканитами; вторая, сопровождающая и завершающая вулканизм, часто встречается в терригенных формациях, непосредственно перекрывающих вулканиты.

Критериями принадлежности к интрузивной группе считаются следующие факторы:

1. Рвушие и комбинированные соотношения с вмещающими вулканогенными и терригенными породами, сопровождающиеся признаками механического и физического (температурного) воздействия внедренных тел на раму (дробление, смятие, ороговикование) и рамы на эти тела (закалка, директивные структуры, дробление эндоконтактов). Пропитывание вмещающих пород расплавом наблюдается в редких случаях значительного перегрева кислой магмы при ее смешении с более высокотемпературной андезитовой (Орманский палесовулкан). Указания на широкое развитие расплавов с аномально низкой вязкостью и соответственно высокой инъекционной способностью и химической активностью в связи с произвольно высокой насыщенностью летучими находятся в противоречии с фактом экспериментально установленной и измеренной ограниченной растворимости в расплаве на уровне формирования движения высококремнистых расплавов.

2. Зонально-однородное строение порфировых интрузий, заключающееся в преимущественном распространении флюидальных и брекчиевых текстур в эндоконтактовых фронтальных и апикальных частях и однородном — во внутренней зоне интрузий.

3. Характерные для магматических пород структуры основной массы (витрофировой, фельзитовой, микрогранитовой, гранит-порфировой и т. д.).

4. Связанные с порфирами метасоматические изменения как самих порфиров, так и значительно более умеренных по масштабам экзоконтактовых зон (вторичные кварциты, пропилиты и т. д.).

В девонском ярусе Рудного Алтая, обладающем большими запасами руд свинца, цинка и меди, важное значение имеют порфировые породы магматогенного класса. Примерами наиболее полных (эффузивно-пирокластических) ассоциаций вулканогенной группы могут служить разрезы ленингорской и ильинской свит Тишинского рудного поля, хайдунская свита Перевальненского месторождения, пихтовская свита района Заводинского месторождения. Порфировые интрузии и экструзии развиты повсеместно на площадях накопления вулканитов, а также в подстилающих и (в подчиненном количестве) перекрывающих отложениях.

Порфировые породы метаморфогенного класса до последних лет на Рудном Алтае не выделялись, хотя факты наличия «порфиров» с признаками этого класса отмечали П. В. Иншин, Д. Г. Ажгирей, В. И. Чернов, Г. Ф. Яковлев. Эти

породы одни авторы относили к интрузивной группе (тела и поля порфиров Зырянского, Тишинского, Стрежанского месторождений), другие — к вулканогенной (горизонты «лепешковидных туфов» 2-й Риддерской залежи). Явления кварцевого порфиробластеза впервые для Рудного Алтая обнаружены Г. Н. Щербой при изучении кварцевых серицитолитов Лениногорского рудного поля.

Порфиновые породы метаморфогенного класса («псевдопорфиры») присутствуют на всех месторождениях либо в виде ореолов и шлейфов вокруг рудных тел, либо непосредственно сочетаясь с ними. На одном и том же месторождении они могут образовывать как индивидуальные тела, так и «зоны инъецирования».

Критериями выделения порфиновых пород метаморфогенного класса являются следующие признаки:

1. Наличие «просвечивающих структур» в телах псевдопорфиров и зонах порфиризации, свидетельствующее об отсутствии механического влияния этих пород на структуру рамы. В числе наиболее интересных примеров таких структур можно привести следующие.

В карьере Зырянского месторождения установлена реликтовая природа части даек порфиритов, проходящих через тело порфиновых пород в виде пояса. При этом порфириты, обогащаясь на контактах калием, интенсивно замещаются биотитом, количество которого при удалении от контакта отчетливо понижается; маломощные тела порфиритов полностью замещаются биотитолитами. Метасоматические жилы массивных «псевдопорфиров» проникают в порфириты, рассекая их директивные структуры и трещины расщепления, а вкрапленники кварца и альбита проникают в порфириты, используют плоскость контакта и не испытывают при этом какого-либо влияния со стороны порфиритов. Воздействие псевдопорфиров на порфириты происходит при отсутствии непосредственных контактов между этими породами. Так, в южном борту Зырянского карьера порфириты располагаются гипсометрически выше псевдопорфиров, отделяясь на всем протяжении маломощной перегородкой инъецируемых ими (псевдопорфирами) роговиков. При этом в лежащем боку порфириты обогащены калием, количество которого колеблется от 1—1,5 до 3—4%; при удалении от контакта содержание калия понижается и в наименее измененных участках составляет первые десятые доли процента. В 2—4 м выше порфиритов параллельно контакту проходит система метасоматических биотит-доломитовых линз (до 30×2 м), сформировавшихся в результате выноса этих минералов из порфиритов.

На Тишинском месторождении псевдопорфиры в основном замещают горизонт вулканомиктовых песчаников и гравелитов, чередующихся с алевролитами. Последние, как наиболее инертные к процессу породы, подчеркивают внутреннюю структуру тела псевдопорфиров, согласную со структурой вмещающих пород.

На Стрежанском месторождении порфиробластезу с разной степенью интенсивности подверглись практически все породы (от алевролитов до седиментогенных серноколчеданных руд). Благодаря большому диапазону гранулометрического состава пород (от конгломератов до алевролитов) здесь легко устанавливается ритмичное строение порфиризованных толщ.

2. Контрастность контактов псевдопорфиров и вмещающих пород соответствует контрастности их химического и гранулометрического состава, т. е. в случае резкого контакта замещаемого геологического объекта контакт вновь образовавшегося псевдопорфира остается резким при постепенном переходе одной литологической разности в другую. Эта постепенность наследуется вновь сформировавшимся порфиробластом. При замещении карбонатсодержащих толщ происходит отгонка карбоната с появлением оторочек и зон карбонатных гнезд и желваков.

3. Вкрапленники псевдопорфиров (кварц и полевой шпат) обнаруживают признаки метасоматического роста от систем близко одновременно угасающих пятен неправильной формы через индивиды с многочисленными бухтообразными заливами до округлой формы порфиробластов, внутри которых системы серой пылевидной присыпки подчеркивают границы сросшихся «пятен», а реликтовые пятна основной массы замещены серицитом и карбонатом. В порфиробластах имеются также включения пирита, карбоната, флогопита и других минералов. Основная ткань породы представлена серицитовым или кварц-серицит-полевошпатовым агрегатом, часто с тончайшей полосчатостью, параллельной контактам даже внутри изолированных линз диаметром 2—3 см. Участки тонкочешуйчатой серицитовой ткани, находящиеся между двумя близко расположенными порфиробластами, перекристаллизовываются в моночешуи мусковита, которые при выходе за пределы влияния вкрапленников приобретают сноповидную структуру и постепенно переходят в основную массу. Эти факты свидетельствуют об активном взаимном влиянии минералов (продуктов метасоматоза) друг на друга и на текстуру образующейся породы в целом. В псевдопорфирах не встречаются структуры магматических пород (флюидалные, сферолитовые, миндалекаменные). Вкраплен-

ники развиваются не только в участках преобразования основной ткани замещенной породы, но в ряде случаев и в микроскопически-неизменных породах, что позволяет однозначно устанавливать порфиробластовую природу таких вкрапленников. Наиболее эффектны случаи формирования псевдопорфиров по содержащим фауну алевролитам (Риддер-Сокольное рудное поле, Путинцевская Копь). Попытки рассматривать такие вкрапленники как первично-магматические несостоятельны, так как их образование нельзя связывать с кристаллизацией на месте из расплава, которого нет. Автономное перемещение вкрапленников за пределы расплава по невидимым или в лучшем случае волосовидным трещинам, во много раз более тонким, чем вкрапленники, также невозможно.

Обилие гидроксилсодержащих минералов в составе описываемых пород и их высокую проникающую способность (чрезвычайно низкую вязкость) некоторые исследователи связывали с гипотетической, весьма богатой летучими магмой. Очевидно, что допущение существования подобной магмы находится в противоречии с экспериментально доказанной ограниченной растворимостью летучих в силикатном расплаве в условиях возникновения кислых магм и тем более превращения их в горные породы.

Приведенные факты не оставляют сомнений в замещенной природе описанных порфировых пород, а отсутствие признаков плавления или кристаллизации из расплава свидетельствует о метасоматической природе замещения.

* * *

Обломочные, а в ряде случаев и грубополосчатые (псевдофлюидальные) текстуры отдельных участков крупных тел псевдопорфиров указывают на то, что процессы порфиризации сопровождалась или завершалась локальными перемещениями вещества (явлениями реоморфизма). По мнению А. М. Марьина, порфиризация пород может сопровождаться также их селективным плавлением и генерацией магматически замещенных тел.

Как уже отмечалось, порфиривые породы описываемого класса находятся в тесной пространственно-временной связи с полиметаллическим оруденением и сопутствующими ему метасоматитами, с микроклинитами, содержащими свинцово-цинковое оруденение. На 2-й Риддерской залежи горизонт «лепешковидных псевдопорфиров» располагается в кровле пачки «переслаивания» алевролитов и руд. На Зыряновском месторождении полиметаллические руды, так же как и псевдопорфиры, наложены на нижнекаменноугольные дайки габ-

бро-порфиристов. На Риддер-Сокольном рудном поле кварцевый порфиробластез наложен на интрузивные порфиры. Интереснейшие соотношения пород устанавливаются на Стрежанском месторождении. В 4-м рудном теле порфиробластез проявлен не только в вулканогенных и осадочных породах, а также в интрузивных альбитофирах, но и в серноколчеданных рудах. Здесь он выражен как в виде обильных порфиробластов кварца, рудной массы, цементирующей брекчию серного колчедана, так и в виде неправильной формы пятен кварцевых, реже кварцево-альбитовых псевдопорфиров размером 0,5—10 см. Псевдопорфиропороды располагаются в центре рудной зональности, в ассоциации с медно-цинковыми рудами. В промежуточной же зоне, где порфиробластез проявлен слабо или вообще отсутствует, колчеданы I этапа замещаются сфалеритом, а во внешней зоне они перекристаллизованы. На Стрежанском, Зыряновском и Заводинском месторождениях полиметаллическое оруденение, порфиризация и сопутствующие им метасоматиты наложены на тела габбро-диабазов.

Тесная структурная, пространственная и временная связь порфиропород метаморфогенного класса и полиметаллических руд II этапа указывает на их генетическое единство.

УДК 553'3/9+553.078(574.42)

ГЕОЛОГИЯ, КРИТЕРИИ ПОИСКОВ ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ РУД ЗЫРЯНОВСКОГО РУДНОГО РАЙОНА

(Ревнюшинская структура)

С. А. СОЛТАН, А. Г. ДРОБИНСКИЙ, Т. К. ЖАКСАЛЫКОВ,
В. М. МИРОШНИЧЕНКО, Г. И. КРАСНИКОВ

Ревнюшинская горст-антиклинальная структура находится в центральной части Лениногорско-Зырянской структурно-фациальной подзоны Рудного Алтая. Она представляет собой участок, ограниченный разломами и испытавший слабое опускание по отношению к смежным блокам с более интенсивным погружением в девонское и нижнекаменноугольное время. Район располагается в узле пересечения субширотного разлома первого порядка с системой субмеридиональных разломов в области Рудно-Алтайского поднятия базальтового слоя, отождествляемого с глубинным магматическим очагом, создавшим сложные магматические образования базальтоидных формаций и связанные с ними медное и полиметаллическое оруденения.

Ревнюшинская структура имеет двухъярусное строение. Нижний структурный ярус, сложенный интенсивно метаморфизованными породами (преимущественно хлоритовые сланцы), условно относится нами к нижнему палеозою, другими исследователями (Е. А. Никитин, А. М. Марьин и др.) датируется как нижний девон.

Верхний ярус включает вулканогенно-осадочные и осадочные образования средне-верхнедевонского возраста, расчлененные на три свиты (снизу вверх): ревнюшинскую, масляную и хамирскую.

Отложения ревнюшинской свиты трансгрессивно, с угловым несогласием перекрывают комплекс пород нижнего палеозоя и разделяются на четыре горизонта. В основании свиты залегает базальный горизонт, распространенный ограниченно и представленный песчаниками, конгломератами и агломератовыми туфами с обломками подстилающих пород. Следующий горизонт — зернистых туфов (кристаллокластические туфы кислого состава, в меньшей степени кварцевые

порфиры, песчаники и пелиты) развит повсеместно и при отсутствии в разрезе базального горизонта залегает непосредственно на нижнепалеозойских образованиях. Выше размещается порфиритоидный горизонт, сложенный алевролитами, песчаниками, гравелитами, туфами смешанного и среднего состава. Горизонт пятнистых сланцев завершает разрез ревнюшинской свиты. Для него характерны пестрый состав пород, часто чередующиеся туфы кислого состава, туффиты с туфогенными алевролитами и порфирами, превращенные в кварцево-серицитовые и другие сланцы и кварциты. Горизонт выделяется в основном на рудных полях.

Отложения маслянской свиты, согласно перекрывающие ревнюшинские, представлены двумя горизонтами (снизу вверх): горизонтом известковистых алевролитов и горизонтом криноидных, известковистых и известково-глинистых сланцев. Между горизонтами залегает комплекс кварцевых порфиров, о происхождении которого будет сказано далее.

Хамирская свита сложена флишоидным комплексом терригенных пород: глинистыми, глинисто-углистыми, песчано-глинистыми и кремнистыми алевролитами, полимиктовыми песчаниками и прослоями известковистых алевролитов и известняков.

Магматические породы района изучали многие исследователи. Было составлено несколько схем магматизма, отличающихся в основном возрастной индексацией и представлениями о генезисе порфировых образований. Вопрос о происхождении порфиров, рассматривавшихся как эффузивные и частично субвулканические образования, является важным, так как может влиять на выбор направления поисковых работ. Нам представляется, что большинство порфиров района, в том числе и занимающих «стратифицированное» положение в маслянской свите (межпластовые интрузии), связано с порфировым интрузивным комплексом предположительно верхнедевонско-нижнекарбонového возраста.

Основные рудные поля района (Зыряновское, Греховское, Богатыревско-Осочихинское и Малеевско-Путинцевское) расположены в антиклинальных складках второго порядка, осложненных крупными разломами, оперяющимися системами разрывных нарушений. Размещение полиметаллических месторождений обусловлено сочетанием дизъюнктивных и пликативных элементов тектонической структуры.

Рудные тела локализуются в гидротермально-измененных породах, вдоль узких тектонических зон, на участках благоприятного для рудоотложения разреза верхов ревнюшинской и отчасти низов маслянской свит. Оруденение,

секущее по отношению к складчатым структурам, обнаруживает вертикальную зональность, выражающуюся в увеличении содержаний свинца по восстанию рудных тел, цинка и меди по падению, во всех месторождениях.

Поисковые критерии. В последнее время в печати появились высказывания о том, что представления о постскладчатом генезисе полиметаллического оруденения Зырянского района уже изжили себя, а применение новых гипотез о доскладчатом оруденении в поисковых работах привело к новым открытиям. Может сложиться мнение о том, что положительные результаты получены вследствие пересмотра геологами-разведчиками взглядов на генезис полиметаллических месторождений района. Это не соответствует истине. Идеи о постскладчатом оруденении заложены в основу всех проектов поисково-разведочных работ, отражены в поисковых критериях, методике поисков, прогнозировании запасов. Намеченные прогнозы успешно подтверждаются на практике.

Геологи Зырянской ГРЭ при поисках оруденения используют критерии, выработанные на основе большого фактического материала, полученного на протяжении длительного периода поисковых и разведочных работ, изучения геологии и металлогении района. Успех поиска зависит от учета целого ряда факторов, обусловивших пространственное размещение полиметаллического оруденения, главнейшими из которых являются структурные и литолого-стратиграфические.

Роль структурных факторов вытекает из установленной приуроченности основных рудных полей к антиклинальным складкам второго порядка, пересеченным разломами, оперяющимися системой разрывных нарушений с зонами интенсивного расланцевания, наложенными на складки.

Сосредоточение промышленных руд в основном в верхах разреза пород ревнюшинской свиты, на участках часто перемежающихся литологических разновидностей пород, с контрастными физико-химическими свойствами и экранирующая роль надрудных известковистых алевролитов маслянской свиты обуславливают литолого-стратиграфический контроль оруденения.

Магматические критерии основываются на фактах пространственной ассоциации промышленного оруденения с дайками порфиритов и телами интрузивных кварцевых порфиров, наиболее четко выраженной на Богатыревско-Осочинском и Греховском рудных полях. Связь указанных магматических тел и оруденения определена, по-видимому, лишь общностью тектонических путей.

Очень важный поисковый признак — наличие зон гидротермального метаморфизма. Для околорудного гидротермального процесса весьма характерны локальное развитие вдоль узких зон рассланцевания, дробления и т. п. и упрощение минерального состава вторичных пород вплоть до образования би- или мономинеральных гидротермалитов.

Широкое практическое применение получил литогеохимический метод поисков полиметаллических месторождений по прямым (свинец, цинк, медь в ассоциации с барием) и дополнительным (серебро, молибден, кадмий, мышьяк, золото) элементам-индикаторам, непосредственно связанным с рудными зонами.

Резко расширены геофизические исследования, что значительно повысило эффективность поисков. Аномалии естественного электрического поля, вызванной поляризации и электропроводимости являются надежными критериями поисков. Такие рудоконтролирующие структуры, как разломы, сопровождающиеся зонами рассланцевания и дробления, четко фиксируются аномалиями электропроводимости. Аномалии вызванной поляризации отражают зоны гидротермально-измененных пород, а по аномалии естественного поля удается непосредственно находить рудные зоны. Методом заряженного тела выявлен ряд перспективных участков на Греховском и Богатыревско-Осочихинском рудных полях.

Новые данные о месторождениях. В начальный период изучения залегание рудных тел на Зырянском месторождении представлялось строго согласным с напластованием пород не только под экранирующими породами маслянской свиты, но и во внутренних частях антиклинали, ближе к ее ядерной части. Некоторые исследователи (Каюпов и др., 1957) обращали самое серьезное внимание на рудоконтролирующую роль дизъюнктивных нарушений и связанных с ними зон рассланцевания. В обобщении материалов 1959 г., однако, эти данные полностью использованы не были, что привело впоследствии к неподтверждению подсчитанных в этом году запасов руды и металлов. В последующие годы горные выработки были пройдены на глубину 500—600 м, а скважины — на глубину до 1200 м от поверхности и получен обширный материал об условиях залегания рудных тел. Выяснилось, что межпластовые тела в том виде, как они представлялись раньше, не существуют, кроме седловидных рудных тел, приуроченных к межслоевым срывам в замках складок.

Важнейшей особенностью, определяющей размещение

рудных тел на месторождении, является то, что полиметаллические руды отлагаются в крутых зонах интенсивно гидротермально-измененных пород верхних горизонтов ревнюшинской и нижнего горизонта маслянской свит в антиклинальных складках и на их крыльях, осложненных разрывной и трещинной тектоникой, под экраном алевролитов маслянской свиты или залежей порфиоров. Решающая роль в локализации оруденения принадлежит тектоническим нарушениям и зонам рассланцевания.

Для Зырянского месторождения вопрос о генезисе руд имеет большое практическое значение. Переход к любому представлению о доскладчатом рудообразовании — вулканогенному, ювенильно-вадозному или какому-либо другому — привел бы к неоправданному искажению данных о запасах месторождения.

В 1970—1975 гг. получен дальнейший прирост промышленных запасов; установлено продолжение промышленных, в том числе и богатых, руд на значительные глубины (1200 м); выявлены перспективы обнаружения новых рудных тел. После пересчета запасов с применением новых кондиций и разведки глубоких горизонтов запасы Зырянского месторождения будут значительно увеличены.

Греховское рудное поле, включающее серию сближенных месторождений — Греховское II, Снегиревское, Греховское I, Александровское, Долинное и другие, приурочено к южному замыканию Ревнюшинской горст-антиклинальной структуры, вблизи сопряжения Восточного (Ларихинского) разлома с Южным. Структура осложнена многочисленными складками более высоких порядков, среди которых выделяются три наиболее крупные антиклинали. Сводовые части и крылья складок рассечены разломами, сопровождающимися зонами рассланцевания.

Оруденение в рудном поле тяготеет к указанным нарушениям, которые служили рудоконтролирующими структурами. Кроме этих основных разломов широко развиты оперяющие их разрывные нарушения. Породы в зонах разрывных нарушений и рассланцевания подверглись гидротермальным изменениям. Наиболее выдержанные по простираю рудные тела месторождений, имеющие линзовидную и жилородную форму, связаны с зонами разрывных нарушений субмеридионального и северо-западного направления. Другая часть рудных тел приурочена к участкам сопряжения разрывных нарушений и зон дробления с осложненными ими складчатыми структурами либо в полостях отслоения во флексурных изгибах вмещающих пород. Такие рудные тела в плане имеют субизометричную или седло-

видную форму, сложены, как правило, богатыми рудами и прослежены по склонению на большую глубину.

На полиметаллических месторождениях отчетливо проявляется вертикальная зональность оруденения, заключающаяся в смене на глубину свинцово-цинковых руд медно-цинковыми. Аналогичная зональность наблюдается и от всякого бока рудных тел к лежащему. В существенно медных рудных телах первичная зональность не отмечается. Это оруденение, по-видимому, образовалось в самостоятельную более позднюю рудную стадию.

Пользуясь установленными закономерностями в размещении рудных тел на Греховском рудном поле, отражающими их гидротермально-метасоматический генезис и постскладчатый возраст, геологи Зырянской ГРЭ за последние годы достигли значительных успехов при проведении поисковых и разведочных работ. Выявлено распространение промышленных руд на Греховском II, Снегиревском и Александровско-Долинном месторождениях на большие глубины (свыше 1000 м от поверхности). Принципиально новым является обнаружение на значительных глубинах богатых рудных тел большой мощности на Снегиревском месторождении и определение их морфологии. В рудных зонах Александровско-Долинного участка найдены новые, более мощные рудные тела.

Принципиально новые материалы о перспективах Греховского рудного поля получены в ходе геофизических исследований методом заряженного тела и естественного электрического поля. Установлено положение зон сульфидного оруденения, вмещающих рудные тела известных месторождений, а также выявлено пять участков, перспективных на обнаружение новых рудных тел. На трех участках одиночными скважинами вскрыты полиметаллические руды, требующие дальнейшей разведки.

Анализ полученных геолого-геофизических материалов позволил определить прогнозные запасы Греховского рудного поля, которые, по нашей оценке, будут не намного уступать запасам Зырянского месторождения.

Богатыревско-Осочихинское рудное поле сложено вулканогенно-осадочными породами ревнюшинской и маслянской свит. Пересечение нарушений субмеридионального и субширотного направлений, по-видимому, обуславливает узловую характер распределения оруденения в рудном поле.

Руды здесь в основном свинцово-цинковые, прожилково-вкрапленные, локализуются преимущественно в отложениях пятнистого горизонта, распространяясь в порфиры и в

лежащие ниже породы порфиритоидного горизонта в зонах рассланцевания. Рудные тела и прожилки ориентированы по рассланцовке восточного падения под углами 70—85°. В 1975 г. дополнительно к известным на рудном поле Богатыревскому и Осочихинскому месторождениям установлены два новых, средних по количеству запасов месторождения: Майское и Белоглинское. На рудном поле имеются перспективы обнаружения новых месторождений и рудных тел.

Интересна история открытия упомянутых новых месторождений. На площади, перекрытой мощным чехлом долинных отложений, исходя из предположения о наличии здесь сопряжения субширотных и субмеридиональных разрывных структур, одна из которых между Богатыревским и Осочихинским месторождениями выявлялась геофизическими исследованиями, был пробурен профиль глубоких структурных скважин. По скважинам установлены Восточная и Западная Бухтарминские зоны повышенного рассланцевания, гидротермального изменения пород и убогой полиметаллической минерализации. Дальнейшими поисковыми и поисково-разведочными работами в зонах определены Майское и Белоглинское месторождения.

Таким образом, можно сделать следующие выводы:

1. На основании установленных критериев локализации оруденения, базирующихся на представлении о гидротермально-метасоматическом эпигенетическом происхождении полиметаллических руд, значительно расширены перспективы района: выявлены промышленные руды на глубоких горизонтах Зыряновского месторождения и Греховского рудного поля, открыты два новых месторождения на Богатыревско-Осочихинском рудном поле и новые перспективные рудные зоны в северной и южной частях Ревнюшинской структуры.

2. Намечены пути расширения сырьевой базы Зыряновского комбината. Основное направление работ экспедиции, выработанное на основе детальных прогнозов в тесном творческом содружестве с Алтайским отделом ИГН АН КазССР, ЦНИГРИ и КазИМСом, полностью подтверждается полученными результатами.

3. Вопросы происхождения полиметаллических месторождений района до конца не раскрыты. Поэтому необходимо дальнейшее изучение генезиса месторождений с привлечением большого фактического материала.

ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАЗМЕЩЕНИЯ И ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ В ЗЫРЯНОВСКОМ РУДНОМ РАЙОНЕ

А. К. КАЮПОВ, А. М. МАРЬИН, А. М. МЫСНИК,
Г. В. БЕЛЬСКИЙ, Н. Б. ИВАНОВ, М. Н. КОЖЕМЯКО,
Г. Н. КУЗЬМИНА, А. Г. ЮДОВСКИЙ, Н. В. ЮДОВСКАЯ,
В. А. ШУЛИКА, А. В. ШУЛИКОВСКИЙ

Зырянский рудный район структурно приурочен к Ревнюшинскому позитивному фашиально-тектоническому блоку Лениногорско-Зырянской подзоны, представлявшему собой с эйфеля по конец нижнего карбона конседиментационное купольное поднятие, сформировавшееся в орогенный этап развития (C_{1n_2} — C_2) в сложное антиклинальное сооружение.

Общая площадь района около 600 км^2 . Площадь наиболее рудоносного сектора, территориально совпадающего с собственно Ревнюшинским купольным поднятием, приблизительно 250 км^2 , в среднем одно сульфидное проявление на этой территории приходится на $1,2$ — $1,5 \text{ км}^2$, а одно месторождение — на 12 — 15 км^2 .

В качестве характернейших геолого-металлогенических особенностей района могут быть отмечены следующие: а) резкое преобладание в разрезе девона и нижнего карбона существенно туфогенно-терригенных (отчасти флишоидного строения) отложений при незначительной роли нормальных вулканитов, слагающих не более 5 — 7% общей мощности девона и около 20 — 25% общей мощности нижнего карбона; б) проявление на площади района в верхнеэйфельское — раннеживетское время мощнейших криптовулканических процессов, приведших к формированию многочисленных субвулканических и гипабиссальных тел плагиолипаритовой формации, в образовании которых большое значение имели процессы магматического и метасоматического замещения (порфиризации) в различной степени диагенезированных туфогенно-осадочных пород нижнего девона — нижнего живета с явлениями их локального реоморфизма; в) существенные гидротермально-метасоматические изменения пород, охватившие большие блоки туфогенно-осадочных образований в основном эйфельского возраста; г) широкое

развитие процессов высокотемпературного калиевого и железо-магнезиально-калиевого метасоматоза; д) проявление борного метасоматоза, предшествовавшего накоплению руд парьгинского типа; е) существенно свинцово-цинковый и свинцовый состав руд в месторождениях и рудопроявлениях (при незначительном в целом распространении в рудах колчеданных минералов — пирита и халькопирита); ж) полигенность и полихронность полиметаллического оруденения.

Парагенетические типы оруденения. В Зыряновском рудном районе известны собственно полиметаллические, колчеданно-полиметаллические и медноколчеданные месторождения и рудопроявления, размещающиеся главным образом на четырех рудных полях: Зыряновском, Греховском, Малеевско-Путинцевском и Богатыревско-Осочихинском. Рудные поля объединяют от 3—5 до 11—12 пространственно обособленных месторождений, каждое из которых включает 2—3, иногда 4—25 рудоносных залежей и зон*.

По формационным признакам, особенностям локализации и качественному составу руд в районе отчетливо различаются три типа оруденения:

1. Оруденение, локализующееся в слоистом вулканогенно-осадочном разрезе среднего девона. Это наиболее важные в промышленном отношении полиметаллические и колчеданно-полиметаллические месторождения, созданные в результате длительных и сложных рудогенетических процессов (зыряновский, греховский, малеевский, богатыревский и александровский типы).

2. Оруденение, пространственно ассоциирующее с вулканогенными образованиями андезито-базальтовой формации нижнего карбона ($C_{1V_{2-3}}$). Типоморфными особенностями оруденения этого типа являются: серебро-золото-полиметаллический (существенно галенитовый) состав минерализации; своеобразный, широко и интенсивно проявленный сидерит-анкерит-кварц-эпидот-серицит-сульфидный состав рудоносных метасоматитов, указывающий на принадлежность их к листовитовой формации; комбинированный жильно-штокверковый и прожилково-вкрапленный характер минерализации с богатым гнездовым (бонанцевым) и столбообразным распределением оруденения и другие. Крупных объектов, связанных с данной формацией, неизвестно, однако имеются предпосылки к обнаружению промышленных медноколчеданных и сереброносных золото-полиметалли-

* Кроме цветных металлов здесь известны проявления железа, молибдена, золота и висмута.

ческих месторождений в протяженных зонах пропилитизации, лиственитизации и кварцево-серицитового замещения (мамонтовский и рассомажный типы).

3. Оруденение, пространственно и генетически связанное с производными габбро-гранитных интрузий змеиногорской серии ($C_1n_2-C_3?$). Рудные тела представлены залежами скарноидов и кварцево-галенитовыми жилами, сопровождающимися зонами прожилково-вкрапленных руд (парыгинский тип).

Оруденение имеет существенно свинцовый профиль (с серебром и цинком) и характеризуется незначительными, но достаточно концентрированными запасами цветных металлов.

Закономерности размещения оруденения. В пространстве (по площади) и в геологическом разрезе (по вертикали) месторождения и рудопоявления в районе располагаются очень неравномерно. Они встречаются по всему стратиграфическому разрезу ($D-C_1v_{2-3}$), а также в магматитах разного возраста и самого различного состава (в порфирах, порфиритах, габброидах и гранитоидах змеиногорской интрузивной серии). Вертикальный размах оруденения составляет 3,5—4,2 км.

Основной рудоконцентрирующей структурой в районе является Ревнюшинское поднятие, которое с момента своего зарождения развивалось в виде собственно Ревнюшинского, Подорловского и Путинцевского конседиментационных куполов с осложняющими их конседиментационными горст-антиклиналями и грабен-синклиналями, из которых горст-антиклинали были наиболее благоприятными рудокализирующими структурными элементами (Зыряновская, Путинцевская, Снегиревская и др.).

Закономерности пространственного размещения полиметаллических месторождений определяются совокупностью и взаимным влиянием палеоструктурных, стратиграфо-литологических, магматических, тектонических и ряда иных факторов.

Палеоструктурный контроль оруденения выражается в четкой приуроченности основных рудных полей и месторождений района к палеоподнятиям типа «палеоструктурных носов», «палеовалов», «палеогребней» и «палеоувалов», осложняющих (по типу веера) Ревнюшинское купольное поднятие.

Стратиграфический контроль состоит в том, что наиболее значительное оруденение находится в сравнительно узком стратиграфическом интервале, охватывающем отложения верхнего эмса — нижнего живета (рев-

нюшинская и маслянская свиты) с суммарной мощностью продуктивной части разреза 950—1200 м. В «продуктивном разрезе» выявлены четыре основных уровня локализации оруденения в вертикальном направлении: I — нижнеревнюшинский (Правоберезовский), II — среднеревнюшинский (Осочихинский), III — ревнюшинско-маслянский («Оптимальный») и IV — среднемаслянский (Малеевский); вертикальный диапазон каждого уровня изменяется (по нормали к напластованию пород) от 60—90 до 180—200 м, в среднем составляя 110—130 м.

На I уровне сосредоточено около 2% всех учтенных запасов промышленных руд района, на II — 10—12%, на III — около 75% и на IV — 13—14%. Порядок приведенных цифр позволяет считать ревнюшинско-маслянский уровень локализации оруденения оптимальным горизонтом поисков в районе.

Магматический контроль оруденения заключается в тесной пространственно-структурной связи месторождений и рудопроявлений с производными зырянского порфирирового комплекса и телами поздних послегранитных даек пестрого состава змеиногорской интрузивной серии. Наиболее устойчивой является ассоциация промышленного оруденения с телами магмогидрофильных (флюидных) и метатектических порфиров и порфироподобных пород (II и III фазы зырянского комплекса). Наблюдается четкая приуроченность большинства залежей полиметаллических руд к области почвы (подшвы) порфирировых залежей и к фронтальным частям порфирировых колонн и «потоков». Расчеты показывают, что в «подпорфирировой зоне» — под порфирами ревнюшинско-маслянского уровня размещения пород зырянского комплекса — сконцентрировано около 80% всех учтенных запасов промышленных полиметаллических и колчеданно-полиметаллических руд в районе. Учет этого фактора (закономерности) может сузить фронт поисковых работ и в целом значительно повысить их эффективность.

Устанавливается четкий структурный контроль оруденения, выражающийся в тяготении промышленного оруденения к блоково-складчатым и складчатым (главным образом, позитивным) и разрывным структурам — зонам повышенного расщепления пород и участкам переkreщивания и сопряжения разломов нескольких (двух-трех) направлений.

Основное рудоконтролирующее значение имеют разломы северо-западного, субширотного и субмеридионального простирания, проявляющиеся наиболее часто в виде зон интен-

сивного или повышенного рассланцевания пород разного масштаба.

Большая часть промышленного оруденения в районе сосредоточена в согласно секущих и субсогласных по отношению к напластованию пород структурах — зонах межслоевых срывов, отслоения, рассланцевания и дробления, развитых на крыльях и в сводовых частях антиклинальных складок второго, третьего и более высоких порядков. Межслоевые срывы и отслоения возникают чаще всего вдоль разрывных нарушений и сопровождающих их трещинных зон северо-западного, субширотного и близмеридионального простирания, которые являются основными рудораспределяющими структурами. Заключенные в них осадочные и туфогенно-осадочные породы верхнего эмса — нижнего живета на всем протяжении подверглись интенсивным гидротермально-метасоматическим преобразованиям, содержат рассеянную вкрапленность сульфидов меди, свинца и цинка и вмещают рудные залежи Зырянского, Греховского, Снегиревского, Александровского, Богатыревского, Путинцевского, Малеевского, Платоновского месторождений и многочисленных рудопроявлений.

Структурная увязка плоскостей и зон межслоевых срывов показывает, что они имеют широкое площадное распространение и приурочены к определенным поверхностям, представляющим собой в одних случаях области раздела стратифицированных толщ с контрастно различающимися физико-механическими свойствами слагающих пород, в других — поверхности раздела между пластичными осадочными отложениями и массивными порфиоровыми и порфиropодобными породами.

Наиболее четко проявленная поверхность срывов тяготеет к границе между отложениями ревнюшинской и маслянской свит. В металлогеническом отношении ей соответствует верхняя часть оптимального горизонта поисков. Указанная поверхность может рассматриваться как региональная поверхность срывов.

Гораздо слабее выражены поверхности срывов, развитые внутри разреза отложений ревнюшинской и маслянской свит. Они зафиксированы в сравнительно небольших блоках пород, в связи с чем должны рассматриваться как локальные поверхности срывов. К среднемалянской локальной поверхности срывов в районе приурочены рудные залежи Малеевско-Бобровского «рудного куста», месторождение Греховское I и ряд рудопроявлений (Ландманское, скв. № 1465 и др.).

Размещение наиболее концентрированного промышлен-

ного оруденения в зонах разломов северо-западного, долготного и близширотного простираения контролируется структурами пересечения их с поперечными разломами, которые, на наш взгляд, являются основными рудоконцентрирующими элементами. В узлах пересечения указанных структур вмещающие толщи пород подвержены дополнительной приразломной складчатости с формированием флексуобразных (в плане) складок перекрещивания.

Другая важнейшая разновидность рудоконцентрирующих структур — участки резкого (под углами $60-80^\circ$) погружения слоев рудовмещающего комплекса пород в виде поперечных к линейным складкам флексур или тектонических порогов («пороговые структуры»). Формирование их обусловлено рядом причин, главная из которых, очевидно, — влияние палеоразломов широтного и меридионального простираения, заложенных в додевонском фундаменте и на протяжении длительного периода времени определявших области распространения палеоподнятий, распределение фаций осадков в девоне, а также контролировавших размещение поясов поздних послегранитных даек пестрого состава в орогенную стадию развития региона.

Высота «пороговой ступени» (участка крутого погружения слоев в продольном разрезе) колеблется от 0,5 до 1,2—1,6 км и более, что служит благоприятным фактором для локализации протяженных, часто многослойных столбов, трубо- и пластинообразных залежей руд, известных на Греховском, Снегиревском и Малеевском месторождениях. В аналогичной структурной позиции находится Заводская залежь Зырянского месторождения.

В числе ведущих факторов избирательной рудоконцентрации можно назвать литологические особенности пород и характер перемежаемости их в разрезе; химизм и геохимические особенности пород, вмещающих оруденение; тектоническую подготовленность отдельных блоков пород (степень раздробленности пород, наличие «структурных ловушек» и пр.); водонасыщенность пород в период рудообразования и состав палеовод (подземных рассолов), т. е. палеогидрогеологическую обстановку; особенности палеорельефа в период седиментации; наличие остаточных тепловых полей (термоаномалий) в виде остывающих «малых интрузий» кислого, среднего или основного состава, развивавшихся в тектонически ослабленных зонах и нарушавших (деформировавших) геохимические поля цветнометальной минерализации различного возраста и генезиса; проявление в тыловой зоне или на флангах известных рудных полей и месторождений процессов магмати-

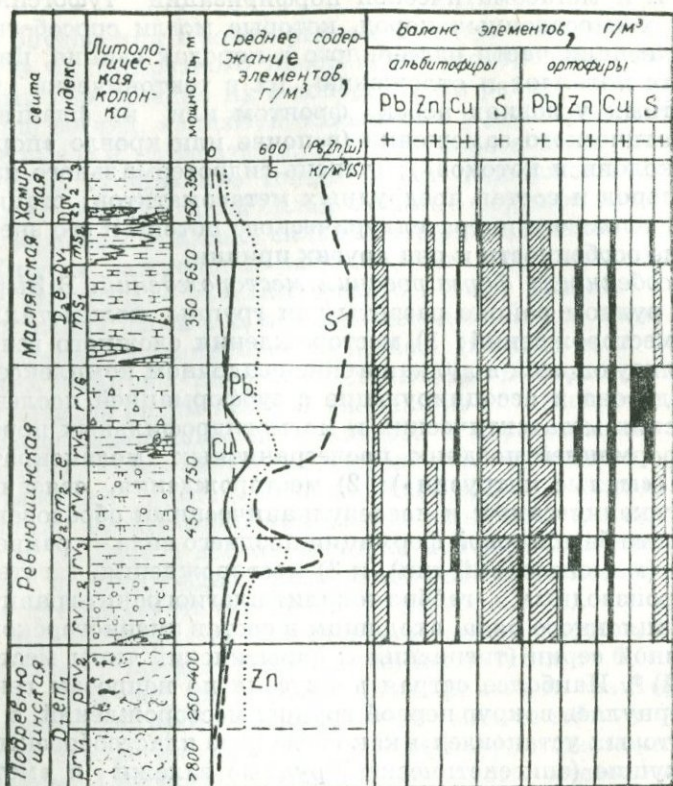
ческой и метасоматической порфиризации туфогенно-осадочных и осадочных пород, которые могли способствовать мобилизации части рассеянного в породах свинца, цинка и других металлов и отложению их в тектонически благоприятных условиях перед фронтом или на флангах зон магматического замещения (в почве или кровле «порфировых колонн и потоков»); степень гидротермального изменения пород и состав предрудных метасоматитов; стационарность теплового интрателлурического потока и его энергетические особенности и ряд других причин.

Особенности формирования месторождений. В Зыряновском рудном районе развиты три группы полиметаллических месторождений: 1) месторождения сложного генезиса, локализующиеся в вулканогенно-осадочном комплексе среднего девона и ассоциирующие с субформацией послевулканических метатектических и магмогидрофильных порфиров и с формацией поздних послегранитных меланократовых даек («малые интрузии»); 2) месторождения, связанные с субвулканическими и послевулканическими образованиями андезито-базальтовой формации позднего визе — раннего намюра (мамонтовский тип), и 3) месторождения, тяготеющие к производным габбро-тоналит-плаггиогранит-гранитного формационного ряда, входящим в состав змеиногорской интрузивной серии (тигинский и парыгинский типы месторождений)*. Наиболее острая дискуссия по вопросам генезиса развернулась вокруг первой группы месторождений, в составе которых установлены как согласные пластообразные, так и секущие (эпигенетические) рудные залежи в «металлоносном эйфельско-нижнеживетском горизонте».

Металлоносность пород девона. Анализ металлоносности девонских вулканогенно-осадочных отложений, развитых в Зыряновском рудном районе, позволяет отметить ряд характерных особенностей распределения главных рудогенных компонентов в рудовмещающем разрезе (см. рис.).

В горных породах подревнюшинской серии, являющейся в нашем районе «подрудной» толщей, и в «надрудной» части разреза маслянской свиты содержания свинца, цинка и меди минимальны, причем медь встречена в количестве ниже ее кларка, а количество свинца и цинка несколько превышает соответствующие кларковые значения [здесь и далее средние содержания рудогенных элементов в главных типах горных пород приняты по А. П. Виноградову (1962)]. Содержание серы в «подрудной» толще, как пра-

* По мнению А. К. Каюпова, Парыгинское месторождение относится к первой группе.



Металлоносность вулканогенно-осадочных отложений девона Зырянского района и баланс движения рудообразующих элементов при магмометасоматическом замещении толщ порфирами альбитофировой и ортофировой групп.

вило, не превышает 0,3—0,4 кларка. Исходя из этого, видно, можно считать, что осадки в нижнеэмское время были слабо «заражены» цветными металлами и серой.

Собственно рудовмещающая толща (ревнюшинская + маслянская свиты) представлена в районе переслаивающимися в разрезе горизонтами туфогенных и терригенных пород. Из рисунка видно, что начиная с нижнеревнюшинского времени содержание главных рудогенных компонентов в осадках постепенно возрастает, причем с фазами активного вулканизма (периодами накопления пирокластических образований — ревнюшинское 2-е, 4-е и 6-е время) связано сравнительно небольшое повышение содержания цветных метал-

лов. Несколько иначе выглядит поведение серы, содержание которой начинает резко возрастать с момента накопления алевролитовой пачки ревнюшинской свиты (ревнюшинское 5-е время).

В период затухания взрывной деятельности при формировании алевролитовых толщ заметно увеличиваются концентрации: меди — до 200—300 г/м³, свинца — до 200—400 г/м³, цинка — до 600—700 г/м³ и серы — до 10 кг/м³. Затем, начиная с верхнеревнюшинского времени и кончая масляным, концентрации серы еще более повышаются, достигая почти 14 кг/м³. В терригенных отложениях хамирской свиты («надрудная» часть разреза!) содержание серы также достаточно высокое — до 10—12 кг/м³.

Необходимо отметить, что до ревнюшинского 5-го времени кривые распределения цветных металлов и серы субпараллельны. С периода накопления верхнеревнюшинских туфогенно-песчаниковых пород (rv₆) поведение этих элементов становится различным. Если распределение металлов явно обнаруживает тенденцию к последовательному снижению концентраций снизу вверх по геологическому разрезу, то содержания серы возрастают до верхней части разреза нижнемасляных отложений и лишь затем начинают несколько снижаться.

Высокие концентрации серы в рудовмещающих образованиях и в «надрудной» части разреза, очевидно, отражают этап проявления активной послевулканической (фумарольно-сульфатарной) гидротермальной деятельности, интенсивно «заразившей» серой породы эйфеля — нижнего живета. По-видимому, накопление серы продолжалось и позднее — в период формирования верхнедевонского терригенного разреза (хамирская свита). Согласно данным В. В. Щербины (1972 г.), сера могла транспортироваться в сульфанионной форме, в виде анионов H₂S⁻ и S²⁻ и других. Присутствие серы, несомненно, вызывало значительную по масштабам пиритизацию пород и образование сульфидов цветных металлов.

Следует заметить, что содержания свинца, цинка, меди и серы увеличивались от туфопесчаников и песчаников к алевролитам и алевропелитам, что можно объяснить повышением сорбционной способности осадков, прямо пропорциональной росту удельной поверхности обломочного материала вследствие уменьшения его крупности. И. И. Гинзбург (1957 г.), В. М. Гольдшмидт (1952 г.), Х. Хаберландт (1952 г.) и другие исследователи отмечали высокую сорбционную способность глинистых осадков по отношению к целому ряду элементов. По И. И. Гинзбургу (1957 г.), распределение свинца, меди и других металлов подчиняется следую-

щей закономерности: их содержание растёт от песчаников к аргиллитам.

Привнос — вынос рудогенных компонентов при порфиризации. В ходе магмометасоматической порфиризации туфогенно-осадочных пород среднего девона цветные металлы и сера заметно перераспределялись. С процессами становления альбитофиров связан значительный привнос свинца и серы и относительно слабый цинка. При образовании альбитофиров за счет алевролитовых горизонтов ревнюшинской свиты происходил даже некоторый вынос цинка. Медь в ходе магмометасоматического замещения пород ревнюшинской и маслянской свит альбитофирами выносилась из зон порфиризации.

В результате замещения вулканогенно-осадочных пород (толщ) порфирами ортофировой группы (при калиевом метасоматозе) отмечался значительный привнос свинца и относительно небольшой серы, осуществляющийся на общем фоне выноса цинка и меди. При развитии ортофиров по породам верхних частей разреза ревнюшинской свиты (гv₅ и гv₆) наблюдался вынос некоторой части серы.

Таким образом, становится понятной металлогеническая неоднородность (специализация) различных структурных элементов Ревнюшинского купольного поднятия и конкретных рудных полей и рудоносных зон в зависимости от проявления в них того или иного типа магмометасоматического замещения исходных вулканогенно-осадочных пород. С магмогидрофильными порфирами альбитофировой группы ассоциируют существенно полиметаллическое и колчеданно-полиметаллическое оруденение, а с порфирами ортофировой группы — существенно свинцовое оруденение.

Вероятная модель формирования полиметаллического оруденения в слоистом вулканогенно-осадочном (эйфель-нижнеживетском) разрезе (месторождения зыряновского типа).* Процесс рудообразования на месторождениях зыряновского типа (Зыряновское, Снегиревское, Греховское I и II, Путинцевское, Малеевское, Богатыревское, Осочихинское, Бухтарминские зоны и др.) протекал, по нашему мнению, в три основных этапа: I этап заражения халькофильной минерализацией осадков эйфель-живетского возраста (ревнюшинская и частично маслянская свиты) при поступлении вдоль палеоразломов слабоминерализованных растворов, генерировавшихся тепловым интрателлурическим пото-

* Идея «порфиризации» и модель формирования полиметаллических месторождений Зыряновского района не разделяются А. К. Каюповым и могут рассматриваться в порядке постановки вопроса.

ком, вызвавшим в конечном итоге проявление в районе криптовулканизма и локально развитого субмаринного кислого вулканизма. Часть рудного вещества привносилась, возможно, вместе с пирокластическим материалом, поступавшим в бассейн седиментации при извержениях вулканов, находившихся в пределах современных структур Северо-Восточной зоны смятия и Горного Алтая. По способу рудоотложения данный этап может быть назван седиментационно-гидротермальным (или гидротермально-осадочным).

II этап перераспределения халькофильной минерализации, вызванный явлениями порфириобразования в условиях субвулканической и гипабиссальной фаций глубинности в позднеэйфельское — раннеживетское время (?).

Протекавшие в данный этап процессы магматической и метасоматической порфиризации приводили к полной или частичной «силикатизации» крупных блоков туфогенно-осадочных и осадочных отложений, следствием чего была деметаллизация (стерилизация) больших масс пород, содержавших первоначально в рассеянном виде многие цветные металлы (Pb, Zn, Cu, Ag и др.). В ходе этого этапа происходила магмометасоматическая и сопровождавшая ее ранняя региональная гидротермальная промывка туфогенно-терригенных и терригенных отложений. Наиболее интенсивной подобная «промывка» оказалась в тех блоках пород, которые подвергались сплошной магматической и метасоматической порфиризации и региональному (или крупнообъемному) гидротермальному метаморфизму. Блоки таких пород, по существу, представляют собой «металльные депрессии».

Роль «промывочной жидкости» выполняли тепловые глубинные флюиды, породившие порфириобразование, и местные гидротермальные растворы, возникшие в ходе тепловой мобилизации части подземных вод и рассолов, — мобилизационно-гидротермальные флюиды. Двигаясь вдоль трещинных систем и по пластам горных пород перед фронтом и по периферии порфиризирующих потоков, «промывочная жидкость» выщелачивала большую часть цветных металлов, которые переходили в раствор и переотлагались, концентрируясь в тектонически и литохимически благоприятных условиях при отмирании (кристаллизации) флюидных систем.

На основании экспериментальных исследований (Н. И. Хитаров и сотр., 1955, 1961, 1962 гг.), которые показали высокую миграционную способность свинца (при температуре 150°C сотни миллиграммов на литр) в хлоридных кальциево-натриевых растворах, можно предположительно

считать, что «промывочной жидкостью», возможно, служили соленые и рассольные воды хлоридного кальциево-натриевого состава, в избытке содержащиеся в морских отложениях.

Таким образом, в ходе II этапа происходили мобилизация и перетложение (перераспределение) сингенетичной рассеянной минерализации с возникновением на данной стадии, как мы полагаем, аномальных геохимических полей (полей первого рода), ставших прообразом современных месторождений.

По особенностям рудного процесса и способу отложения рудного вещества II этап может быть назван метаморфогенным (точнее, метаморфогенно-мобилизационным) гидротермально-метасоматическим или менее точно для данного региона — «вулканогенно-гидротермальным».

III этап концентрации халькофильной минерализации протекал в связи с процессами тектоно-магматической или только тектонической активизации, проявившейся в полях рудной минерализации, созданных в предыдущий этап рудообразования. В ходе III этапа рудная минерализация «стягивалась» в концентрированные (промышленные) скопления, представляющие собой современные рудные залежи, залегающие в телах гидротермалитов и зонах гидротермально-измененных пород, в различной степени минерализованных (геохимические поля второго рода, являющиеся известными в районе промышленными месторождениями)*.

Основными регуляторами процесса концентрации халькофильной минерализации до промышленных кондиций служили тектонические напряжения, разрешавшиеся в виде зон разломов и расланцевания пород, и интрузивная деятельность, связанная с проявлением в районе в верхнепалеозойское время нескольких фаз тектогенеза, в ходе которых образовались породы ревнюшинского габбро-порфировитового комплекса ($C_{1v}-n_1?$) и производные змеиногорской интрузивной серии ($C_{1n_2}-C_3?$).

Наиболее активно формирование концентрированных скоплений рудного вещества в пределах современных месторождений происходило, видимо, в период создания комплекса поздних послегранитных даек среднего и основного состава, завершивших собой становление интрузий змеиногорской серии. Дайковые тела этого комплекса являлись, вероятно,

* На возможность «стягивания» рудообразующих растворов в разломы на примере алтайских месторождений указывал в своих работах А. Н. Литвинович (1963, 1966 гг. и др.).

в соответствии с представлениями Г. Л. Поспелова (1963 г.) тепловыми флюид-проводниками, в которые в сочетании с трещинными флюид-проводниками (разломами, контролирующими магматические тела) «стягивались» рудообразующие растворы этого этапа, возникшие в основном, как мы полагаем, в процессе тепловой мобилизации погребенных вадозовых вод и рассолов и частично поступавшие из ювенильных источников (Г. Уайт, 1958 г.; В. И. Смирнов, 1970 г. и др.).

В ходе III этапа рудообразования сформировались (в близком к современному виду) все известные на месторождениях рудные тела.

По источнику рудного вещества и способу рудоотложения данный этап может быть назван регенерационным (и частично, видимо, ремобилизационным) гидротермально-метасоматическим.

Резюмируя, можно заключить, что современные рудные поля и месторождения представляют собой области интегрированного проявления (совмещения) всех трех этапов рудообразования.

Автономный характер проявления одного из этапов ведет, как мы полагаем, к созданию рудопроявлений и, возможно, непромышленных месторождений. Промышленные же скопления руд могут возникать, видимо, только при проявлении II этапа, но масштабность этих скоплений вряд ли будет значительной (?). Выпадение на том или ином участке II и III этапов резко понижает его потенциальные перспективы. Наиболее важно, с практической точки зрения, проявление на той или иной площади II этапа рудообразования, в ходе которого формируются ранние аномальные геохимические поля (или геохимические поля концентрации цветных металлов первого рода). Тектоно-магматические процессы (Зыряновское месторождение, Греховская группа месторождений и др.), протекающие на этих полях в более позднее время, приводят к формированию месторождений промышленных типов. Подобные же процессы, проявляющиеся в то же самое время, но за пределами ранних (среднедевонских) аномальных геохимических полей, способствуют в основном возникновению рудопроявлений и в редких случаях, возможно, образованию небольших по запасам руд месторождений.

Итак, промышленные полиметаллические месторождения, локализующиеся в слоистом вулканогенно-осадочном разрезе среднего девона, являются полигенными и полихронными (в понимании В. И. Смирнова, 1970 г. и др.). Их следует относить к группе (классу) псевдостратиформных или стратоидных колчеданно-полиметаллических месторождений.

О ГЕНЕЗИСЕ КОЛЧЕДАННО-ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЗЫРЯНОВСКОГО РУДНОГО РАЙОНА

И. С. БРОДСКИЙ, Г. П. СТАДНИКОВ

Изучением геологии и металлогении Зырянского рудного района занимались многие геологи (В. П. Нехорошев, А. К. Каюпов, Б. И. Вейц, П. Ф. Иванкин, М. Г. Хисамутдинов и др.). В результате этих исследований разработаны основы стратиграфии, тектоники, магматизма и рудообразования колчеданно-полиметаллических месторождений в районе.

Большая заслуга в разведке месторождений принадлежит А. И. Духовскому, П. Г. Нечуятову, М. А. Кузьменко, С. С. Герингу, С. А. Солтану, Е. А. Никитину и другим.

К настоящему времени Зырянский рудный район в геологическом отношении изучен достаточно детально, однако многие вопросы в силу своей сложности до конца пока не выяснены. Прежде всего это вопросы рудообразования, играющие огромную роль в научном прогнозировании при поисках и разведке месторождений.

При исследовании колчеданно-полиметаллических месторождений Рудного Алтая вначале сложилось представление об эпигенетическом относительно вмещающих складчатых структур характере оруденения, его связи с поздними гранитоидными интрузиями и образовании путем гидротермально-метасоматического замещения вмещающих пород. Детально изученные к тому времени в Советском Союзе и за рубежом многие жильные месторождения благородных и цветных металлов, тесно связанные со становлением гранитных интрузий, вероятно, послужили объектами генетических аналогий для рассматриваемых колчеданно-полиметаллических месторождений. В отдельных их деталях (образцах руд, рудных телах), доступных непосредственным наблюдениям, в керне скважин, в горных выработках и под микроскопом отмечаются приуроченность сульфидного оруденения к локальным тектоническим структурам, гидротермально-метасоматические преобразования и т. д., т. е. присутствуют признаки более молодого, наложенного сульфидного оруденения. Эти и другие выявляемые с помощью новейших методов исследования признаки «эпигенетичности» оруденения лежат в основе так называемой «интрузивной» гипотезы образования колчеданно-полиметаллических месторождений.

Однако существуют такие фактические данные и закономерности, которые нельзя объяснить с позиций отмеченной концепции. К ним относятся отсутствие прямой не только генетической, но даже и пространственной связи большинства промышленных колчеданно-полиметаллических месторождений с гранитоидами, повсеместная приуроченность их к вулканогенным формациям среднего и верхнего девона, довольно узкий стратиграфический интервал размещения и особенно четкий стратиграфический контроль в рудных полях, признаки динамотермального, а в ряде случаев и контактового метаморфизма руд, наличие на некоторых месторождениях, залегающих в слабодислоцированных толщах, сингенетических с осадконакоплением рудных залежей ритмично-слоистого строения, четко проявленная зональность химического состава рудных тел по мощности и другие.

В 50-х годах на основе обобщения геологических материалов была разработана вулканогенная гипотеза формирования основной массы сульфидных руд. Эти представления в дальнейшем развивались Б. И. Вейц, Г. Н. Щербой, Н. Л. Бубличенко, И. В. Покровской и многими другими.

Таким образом, по вопросу генезиса рудноалтайских колчеданно-полиметаллических месторождений и, в частности, месторождений Зырянского рудного района, существуют две (с различными вариантами) противоположные гипотезы — «интрузивная» и «вулканогенная».

В Зырянском рудном районе наиболее разведанным и изученным является Зырянское месторождение. Согласно взглядам А. К. Каюпова (1974), а также большинства геологов-производственников, оно является типичным представителем эпигенетических гидротермально-метасоматических месторождений. Основными факторами, благоприятными для отложения и концентрации здесь полиметаллических руд, были наличие антиклинальной структуры и рудоподводящих дизъюнктивных нарушений, зон повышенного рассланцевания и трещиноватости, горизонтов пород, благоприятных для метасоматического замещения (пестрые по составу вулканогенно-осадочные породы ревношинской свиты), а также горизонтов-экранов, в качестве которых рассматривались известковистые алевриты и кварцевые порфиры маслянской свиты.

Следует отметить, что указанная концепция базировалась на материалах начальных этапов разведки и эксплуатации месторождения при вскрытии верхних его горизонтов, где в обстановке весьма сложной тектонической структуры Зырянской антиклинали затушевывались взаимоотношения сплошных и вкрапленных руд, закономерности гидро-

термальных изменений вмещающих пород, условия залегания и морфология рудных тел. К настоящему времени в связи с бурением глубоких разведочных скважин, обобщением и получением новых дополнительных данных накоплен геологический материал, требующий критического пересмотра прежних взглядов на условия рудообразования.

Основные особенности Зырянского месторождения таковы:

1. Зырянская антиклиналь, сложенная вулканогенно-осадочными породами ревнюшинской свиты и перекрывающими ее известковистыми алевролитами и кварцево-полевошпатовыми порфирами маслянской свиты, в своей сводовой части осложнена дополнительными складками более высоких порядков. Наиболее крупная из них — Внутренняя синклинали складка — прослеживается вдоль всей Зырянской антиклинали согласно ее шарниру. На нижних горизонтах месторождения, вскрытых горными выработками и глубокими скважинами, строение Зырянской антиклинали упрощается. Ее крылья становятся более выдержанными.

2. Промышленное оруденение приурочивается, как правило, к самым верхним горизонтам вулканитов ревнюшинской свиты, подчиняясь, таким образом, строгому стратиграфическому контролю, причем наиболее богатые сплошные сульфидные руды обычно залегают в висячем боку залежей, а прожилково-вкрапленные — в их лежащем боку. В лежащем боку залежей наблюдаются секущие рудные тела и зоны сульфидной минерализации, а в висячем боку — сплошные полиметаллические руды и внутри них — апофизы, жилы, неправильной формы гнезда кварцево-карбонатного состава с крупнокристаллическими обособлениями рудных минералов.

3. Стратиформность залегания основной массы промышленных руд и строение Зырянской пликвативной структуры определяют продуктивность горизонтов месторождения. На верхних сложноскладчатых участках, к настоящему времени почти полностью отработанных, многие залежи и промзоны (Заводская, Маслянская, Внутренняя, Юго-Восточная) имели обычно два крыла — южное и северное, что обусловило накопление значительных запасов руды на этих горизонтах. Промышленные руды залегают здесь не только в сводовых частях дополнительных антиклинальных складок, как наиболее благоприятных структурах, но и на их крыльях, а также в замках синклинали складок. Например, рудные залежи Внутренней промзоны, расположенные в крыльях одноименной синклинали, соединяясь между собой в ее замке, образуют одну залежь. На нижних горизонтах месторож-

дения с выдержанными крутопадающими северным и южным контактами ревнюшинской и маслянской свит и практически безрудными нижнеревнюшинскими породами в центральных частях складки количество промышленных рудных тел на площади месторождения резко уменьшается. Подчиняясь общей закономерной приуроченности к самым верхним стратиграфическим горизонтам вулканогенно-осадочных пород ревнюшинской свиты, рудные залежи прослеживаются на глубину практически только по крыльям Зырянской структуры (Заводская залежь, Северная промзона, Юго-Восточная залежь).

4. Вмещающие вулканогенно-осадочные породы подверглись интенсивным гидротермальным изменениям, причем по нормали к стратиграфическому разрезу гидротермалиты обычно имеют асимметричную зональность, выраженную в уменьшении интенсивности процесса к низам разреза: вблизи рудных тел преобладают микрокварциты, а по мере удаления в сторону лежачего бока они сменяются кремнистыми, серицито-кварцевыми и окварцованными разностями сланцев. Зона интенсивной гидротермальной проработки вмещающих пород ориентирована согласно контакту ревнюшинской и маслянской свит.

5. Известковистые алевролиты с прослоями мраморизованных известняков и кварцево-полевошпатовые порфиры маслянской свиты в отличие от гидротермально-измененных вулканитов верхов ревнюшинской свиты несут на себе лишь следы регионального и динамометаморфизма.

6. Выдвигаемая ранее идея об «экранирующей» роли известковистых алевролитов маслянской свиты при локализации руд на месторождении не подтверждается. Богатые рудные тела залегают и в контакте с алевролитами, и с кварцевыми профирами, и на некотором удалении от них, а в ряде случаев — под безрудными биогенными известняками с фауной криноидей (Юго-Восточная залежь), из которых известняки, казалось бы, должны являться наиболее благоприятными для метасоматических замещений.

7. Зональность вещественного состава руд наиболее отчетливо проявляется вкрест стратиграфического горизонта. В верхних его частях, вблизи контакта с маслянской свитой, развиты обычно свинцово-цинковые руды. На востоке — в Северо-Восточной промзоне и районе Габриэлевского рудопроявления (за исключением Правоберезовской залежи), расположенных в средней и нижней частях ревнюшинской свиты, преобладает медно-цинковое оруденение.

Достаточно отчетливо проявлена зональность цинксодержащих минералов. В сплошных сульфидных рудах они

представлены сфалеритом и марматитом от темно-коричневого до черного цвета, а во вкрапленных рудах, залегающих стратиграфически ниже сплошных, преобладает клейофан. Серноколчеданные руды распространены незначительно, обычно в периферических частях рудных тел.

Все известные колчеданно-полиметаллические месторождения и рудопоявления в Зырянском рудном районе имеют много общих черт. Во-первых, они размещаются в периферийной части Ревнюшинского антиклинория на одном стратиграфическом уровне в области контакта ревнюшинской и маслянской свит среднего девона, и эта главная закономерность служит основным критерием при проведении поисково-разведочных работ. Во-вторых, обобщение накопленных материалов приводит нас к выводу о наличии на всех месторождениях первичной зональности оруденения, выражающейся в закономерной смене руд медного и медно-цинкового состава в нижних частях ревнюшинской свиты свинцово-цинковыми рудами на ее верхних горизонтах. Это проявляется на Зырянском, Снегиревском, Греховском, Малевском и Путинцевском месторождениях.

Решение вопросов генезиса месторождений Зырянского рудного района будет неполным, если рассматривать их в отрыве от других колчеданно-полиметаллических месторождений Рудного Алтая, например Лениногорского, расположенного в одной структурно-металлогенической подзоне и в сходных вулканогенных формациях среднего девона, при изучении которого получен богатый фактический материал, позволивший многим исследователям (Г. Н. Щерба, Г. Ф. Яковлев, В. Л. Чепрасов, И. В. Покровская и другие) сделать вывод о вулканогенном образовании сульфидного оруденения.

Главное отличие между Зырянским и Лениногорским месторождениями, по нашему мнению, состоит в том, что Лениногорское месторождение находится в наименее дислоцированной структуре, благодаря чему сохранился его первоначальный облик.

Приведенные данные позволяют высказать мнение в пользу «вулканогенной» гипотезы образования основной массы колчеданно-полиметаллических руд Зырянского района в заключительные фазы девонского вулканизма. Все месторождения района подверглись интенсивному дислокационному динамотермальному метаморфизму, связанному с последующим складкообразованием и выраженному в значительном реоморфизме руд, мобилизации и переотложении рудного вещества, перекристаллизации рудных минералов, гидротермально-метасоматических преобразованиях и т. д.,

в результате чего месторождения потеряли свой первоначальный облик и создалась ложная картина более молодого относительно вмещающих структур наложенного полиметаллического оруденения.

Некоторые геологи считают, что генетические особенности оруденения не имеют принципиального значения для направления поисково-разведочных работ, поскольку с любых точек зрения выдвигаются одни и те же перспективные площади. Подобные заявления являются совершенно неправильными и обесценивают теоретическую основу геологоразведочных работ на любых стадиях — от прогноза до геолого-промышленной оценки месторождения. В этом вопросе мы поддерживаем В. В. Попова (1973), который отмечает, что генетические представления не могут рассматриваться в отрыве от поисковых работ, и в случае признания формирования руд до складчатости, в близких по возрасту к вмещающим вулканогенно-осадочным толщам среднего — верхнего девона, следовало бы в корне пересмотреть существующие критерии поисков.

О том, как недооценивается перспективность рудных полей и месторождений из-за неверных теоретических представлений, свидетельствует следующий факт. Несмотря на большие объемы выполненных поисковых работ, в Зыряновском рудном районе за прошедшие 20 лет (50-е — 60-е годы) не выявлено ни одного промышленного месторождения полиметаллических руд. Поэтому к началу 70-х годов сложилось мнение, что перспективы Ревнюшинской структуры являются ограниченными, и поисково-разведочные работы здесь были сведены до минимума.

По данным Н. Н. Биндемана (1972, 1973), Н. Н. Биндемана и др. (1972), Зыряновский рудный район в пределах Ревнюшинского антиклинория в зависимости от структурно-тектонических особенностей и перспективности на полиметаллы делится на три блока, вытянутых в близмеридиональном направлении. Восточный блок, или так называемый мобильный пояс, включающий Богатыревскую группу месторождений и рудопроявления восточного крыла Малеевско-Путинцевской антиклинали, по их мнению, представляется наименее перспективным, так как находится в открытой (сквозной) системе с узкими линейными складками, в которой рудное вещество рассеивалось. Центральный блок, включающий Греховское, Снегиревское месторождения на юге и Путинцевское, Малеевское — на севере, характеризуется полузакрытой системой, поэтому здесь могут встречаться повышенные концентрации оруденения, но масштабы месторождений невелики. Западный блок, включающий Зыряновское место-

рождение и участок к западу от Путинцевского месторождения, приурочен к закрытой системе с антиклинальными складками широтного простирания и в связи с этим является наиболее благоприятным для концентрации полиметаллического оруденения.

Деление Ревнюшинской структуры по степени перспективности, на наш взгляд, необоснованно. Отмеченные структурные особенности указанных блоков проявлены на современном уровне эрозионного среза. Представления об их перспективности в значительной степени изменились бы при рассмотрении реконструированной поверхности района с эрозионным срезом на 100—200 м и выше современного. Участок Зыряновского месторождения выглядел бы как две небольшие антиклинальные складки, замыкающиеся через Внутреннюю синклиналь (район восточного борта Зыряновского карьера), а Богатыревская группа месторождений и Комсомольское рудопроявление оказались бы полностью перекрытыми верхнедевонскими и нижнекаменноугольными отложениями, т. е. восточный блок Ревнюшинского антиклинория на этом участке уже нельзя было бы считать сквозной структурой.

Пять лет назад все рудные объекты Греховской группы оценивались как мелкие, представляющие собой корни глубоко эродированных месторождений, поскольку в составе руд по сравнению с Зыряновским месторождением преобладали цинковые и медные минералы. Исходя из классической первичной вертикальной зональности и «секущего» типа оруденения в полузакрытой системе перспективы на глубину были определены как незначительные, и разведку прекратили.

Практические наблюдения внесли существенные коррективы в прежние представления о перспективности Греховского и Богатыревского рудных полей. Данные, полученные геологами Зыряновской ГРЭ в 1973—1975 гг., свидетельствуют о значительных концентрациях здесь промышленного оруденения на глубине.

Аналогичная картина наблюдается на Малеевско-Путинцевском рудном поле, перспективы которого геологам Зыряновской ГРЭ представляются сомнительными, хотя геологическая позиция его сходна с таковой Греховского рудного поля, а глубина эрозионного среза значительно меньше.

На Зыряновском месторождении линза Покровская на основании буровой разведки и представлений о секущем положении считалась выклинивающейся, тогда как по результатам горных работ в этаже горизонтов 9—10 она резко меняет на этом участке простирание с широтного на северо-вос-

точное и прослеживается согласно контакту маслянской свиты.

Приведенные примеры свидетельствуют о том, что неверное толкование условий рудообразования приводит к необоснованной отбраковке рудных полей и месторождений и снижению эффективности поисков и разведки.

В заключение следует выразить уверенность в том, что постановка металлогенических исследований в Зырянском районе, как и на всем Рудном Алтае, с позиций вулканогенной гипотезы о первичном доскладчатом отложении рудного вещества, детальное изучение руд и рудовмещающих вулканогенно-осадочных формаций, проведение фациального анализа и палеовулканических реконструкций с выявлением закономерностей размещения полезных ископаемых и на этой основе разработка новых поисково-разведочных критериев при активном участии геологических научно-исследовательских и производственных организаций, несомненно, дадут положительный эффект в деле переоценки известных и открытия новых колчеданно-полиметаллических месторождений.

УДК 550.41:553.21

О ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ ОБРАЗОВАНИЯ ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЗЫРЯНОВСКОГО РАЙОНА

В. С. АКСЕНОВ

Автором предпринята попытка приближенной оценки некоторых физико-химических параметров (температуры, давления, плотности, химического состава и кислотно-щелочных свойств) рудообразующих растворов на Зырянском, Греховском II, Александровском, Снегиревском и Богатыревском месторождениях, приуроченных к крутопадающим зонам расланцевания и гидротермального изменения вулканогенно-осадочных пород среднего девона.

Температуры образования месторождений определены методами гомогенизации и декрепитации газово-жидких включений. В рудах месторождений Зырянского района газово-

жидкие включения встречаются довольно редко. К тому же они весьма малы, особенно в мелкозернистых разновидностях (1—5 *мк*). Наиболее крупные вакуоли (10—50 *мк*) отмечаются в сфалерите, кальците и барите из крупнокристаллических жил заключительной полиметаллической стадии. Включения в кварце всех стадий и в околорудных микрокварцитах мелкие, уплощенные, неправильные. В сфалерите и особенно в кальците и барите они часто имеют форму отрицательного кристалла. Большинство включений двухфазовое (раствор, газ), реже трехфазовое (раствор, газ, жидкая углекислота). Иногда они содержат твердую фазу — кристаллы узники.

Количество CO_2 в вакуолях кварца из серноколчеданной, медноколчеданной и главной полиметаллической стадии невелико — 5—6 вес. %, а в минералах заключительной полиметаллической стадии оно возрастает и в отдельных случаях достигает 15 вес. %.

Давления гидротермальных растворов, определенные по методу Г. Б. Наумова в газовой-жидких включениях из единичных образцов, для руд Зырянского месторождения составляют 900—1000 *атм*, что соответствует литостатической нагрузке 3—3,3 *км*. Эти цифры близки к расчетным данным Д. И. Горжевского (1962).

Температуры начала массовой декрепитации вакуолей в предрудных кварцитах варьируют от 240 до 330°*. Для руд серноколчеданной стадии температуры гомогенизации (по кварцу) и декрепитации (по пириту и кварцу) на многих месторождениях равны 240—370°. В кварц-пирит-халькопиритовых рудах медноколчеданной стадии температуры гомогенизации (по кварцу) составляют 260—270°.

В кварц-пирит-сфалерит-халькопирит-галенитовых сплошных и вкрапленных мелкозернистых рудах главной полиметаллической стадии температуры гомогенизации и декрепитации следующие: 220—370° (по кварцу) и 230—300° (по сфалериту и пириту).

Для крупнокристаллических жил заключительной полиметаллической стадии установлены такие температуры гомогенизации: для кварца — 145—240°, для сфалерита — 110—190°, для кальцита — 130—220°, для барита — 160°. Подобными цифрами характеризуются и температуры начала массовой декрепитации вакуолей у минералов этой стадии: кварц — 110—230°, сфалерит — 200°, халькопирит — 175°, галенит — 180°.

* Здесь и далее температура дана в градусах Цельсия.

Приведенные значения в ряде случаев дополнялись и корректировались экспериментальными данными о температурах образования минералов и структур распада, являющихся геотермометрами и встречающихся в исследуемых рудах при микроскопическом изучении. На Александровском и Снегиревском месторождениях температура окончания кристаллизации пирит-халькопиритовых руд была не менее 271° , так как в конечных продуктах кристаллизации обнаружен самородный висмут ($T_{\text{г.л. в}} = 271^\circ$), который, тесно срастаясь с пирротинном и галенитом, заполняет интерстиции в халькопирите и частично корродирует его.

Конечные температуры формирования полиметаллических руд Снегиревского месторождения были менее 250° , так как в них присутствует структура распада халькопирит — пирротин, температура образования которого не превышает 250° (по Бартону и Скиннеру). По этому же геотермометру определены минимальные температуры кристаллизации мелкозернистых руд на Греховском II и на средних горизонтах Зыряновского месторождения.

По наличию акантита (область устойчивости ниже 175°) можно полагать, что конечная температура кристаллизации мелкозернистых полиметаллических руд на верхних горизонтах Зыряновского месторождения была менее 175° . Присутствие гессита, имеющего область устойчивости ниже 155° , в поздних крупнокристаллических жилах свидетельствует о том, что конечные температуры кристаллизации галенита и халькопирита, с которыми тесно связан гессит, были менее 155° .

На различных месторождениях и в промышленных зонах температурные градиенты рудоносных растворов были одинаковы и варьировали от 8 до 15° на 100 м.

В конечном итоге следует отметить, что гомогенизация включений в минералах всех стадий проходила в жидкую фазу. Это значит, что рудоотлагающие флюиды были жидкими.

Плотность рудоносных растворов, имеющих температуру от 150 до 350° и находящихся под давлением 1000 атм, была несколько большей, чем плотность воды в этих условиях, — $0,96$ г/см³ при 150° , $0,87$ г/см³ при 250° , $0,75$ г/см³ при 350° (Наумов, Рыженко, Ходаковский, 1971), так как наличие CO_2 и различных солей (до $n \cdot 1000$ мг/л) повышало их плотность. Вязкость рудоносных растворов (судя по плотности) была близка к вязкости воды в обычных условиях. Предположение отдельных исследователей о вязких коллоидных растворах маловероятно, так как руды всех исследуемых месторожде-

ний кристаллически зернисты и в них не отмечены реликты колломорфных микротекстур.

Отсутствие или небольшое содержание CO_2 в первичных вакуолях и присутствие в рудах кальцита (нестойкого в кислой среде минерала) убеждает в том, что рудообразующие растворы были щелочными или субщелочными. Это подтверждают результаты определения рН водных вытяжек из кварца различных стадий минерализации. Величины рН в первых трех стадиях варьируют в пределах 5,9—7,6, что для температур 250—350° соответствует щелочным и субщелочным условиям. Выявлена тенденция к понижению щелочности (нейтрализация растворов) от начала главной стадии (по кварцу $\text{pH}=7,4$) к ее концу (по кальциту $\text{pH}=5,9$).

По данным химических анализов водных вытяжек из кварца, проведенных в ЦХЛ ВКТГУ, рудообразующие растворы обладают в основном бикарбонатно-натриево-кальциевым составом с небольшим количеством магния и очень малым содержанием калия и хлора. На ничтожную роль хлора и фтора в рудообразовательном процессе указывают результаты более чем 200 химических анализов, полученные автором и сотрудниками Зырянской лаборатории ИГН АН КазССР (Г. В. Бельским, А. М. Марьиным и др.). Концентрация хлора и фтора в гидротермально-измененных и неизмененных породах и в сульфидных рудах менее кларковых величин этих элементов. Причем в неизмененных породах хлора даже несколько больше, чем в рудах и измененных боковых породах. Это свидетельствует о том, что гидротермальными растворами хлор не привносился, так как в противном случае он неизбежно накопился бы в газовой-жидких включениях минералов, заместил бы в слоистых алюмосиликатах часть соразмерного с Cl^- -ионом иона OH^- и, находясь в этих формах в сульфидных рудах и в кварц-хлорит-серицитовых породах, был бы легко обнаружен.

На основании полученных данных о температуре, химическом составе и величинах рН можно предположить, что наиболее реальной формой переноса рудных компонентов в гидротермальном рудообразовательном процессе являлись комплексные сульфидные, гидросульфидные и карбонатные ионы, устойчивые в высокотемпературных и среднетемпературных растворах в области устойчивости иона HS^- : $\text{Cu}(\text{HS})_2^-$, $\text{Pb}(\text{HS})^-$, $\text{Zn}(\text{HS})_3^-$, $\text{Pb}(\text{CO}_3)$ и другие (Барнс, Чаманский, 1970).

Образование сульфидных месторождений Зырянского района нужно рассматривать в связи с причинами, нарушившими устойчивость комплексных соединений, т. е. в связи с нейтрализацией щелочных рудоносных растворов и сниже-

нием их температуры. Причины, вызвавшие изменение этих физико-химических параметров, были, по-видимому, обусловлены активным влиянием вмещающей среды на фильтрующиеся рудоносные растворы.

Щелочные сульфидно-карбонатно-магниево-натриевые растворы могли нейтрализоваться при взаимодействии с поровыми гравитационными, пленочными и гигроскопическими слабокислыми или нейтральными водами, сохранившимися в рудолокализирующих зонах расщепления с предшествующих этапов гидротермальной деятельности или инфильтрировавших по трещинам с поверхности в периоды прерудной тектонической активности. Присутствие вулканогенного и метаморфогенного пирита, способного разлагаться с выделением иона SO_4^{2-} в обводненных зонах расщепления, могло способствовать созданию слабокислой среды, т. е. геохимического барьера на пути щелочных рудоносных растворов.

Автор выражает искреннюю признательность А. Р. Грошенко и В. Г. Наумову за помощь при определении давления и температур гомогенизации газовой-жидких включений.

УДК 550.42+546.02:553.21

ИЗОТОПЫ СЕРЫ И ВОПРОСЫ ГЕНЕЗИСА СУЛЬФИДНЫХ РУД ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЗЫРЯНОВСКОГО РАЙОНА

В. С. АКСЕНОВ, Л. Н. ГРИНЕНКО, В. А. ГРИНЕНКО

Изучение изотопного состава серы гипогенных сульфидных руд в ряде случаев позволяет однозначно ответить на вопрос об ее источнике: мантийный он или коровый, т. е. экстрагированный гидротермами из погребенных осадков. В связи с этим нас заинтересовал вопрос об источнике серы сульфидных руд из полиметаллических месторождений Зырянского района. В ходе исследования возникли и другие вопросы. Есть ли отличие в изотопном составе серы сульфидов различных стадий минерализации? Происходило ли фракционирование изотопов серы при последовательной кристаллизации сульфидов одной стадии? Можно ли диффе-

ренцировать по изотопному составу пириты серноколчеданной стадии и пириты продуктивных стадий — медноколчеданной и полиметаллических? Существует ли зональность изотопного состава серы в рудном поле?

Для решения этих вопросов на Зыряновском, Богатыревском, Греховском II, Снегиревском и Александровском месторождениях детально изучена последовательность минералообразования и отобрано около 100 мономинеральных проб пирита, сфалерита, халькопирита и галенита. По данным химического анализа и микроскопических наблюдений цементированных аншлифов, чистота мономинеральных фракций сульфидов, приготовленных для изотопного анализа, составляла 95—99%. Изотопный состав серы определен в ГЕОХИ АН СССР. Стандартом служила сера троилита из метеорита Каньона Дьябло.

Исследуемые месторождения локализуются в крутопадающих зонах рассланцевания и гидротермального изменения вулканогенно-осадочных пород эйфельского яруса. Руды сформировались в четыре стадии: серноколчеданную, медноколчеданную, главную полиметаллическую и заключительную полиметаллическую. В серноколчеданную стадию на всех месторождениях образовались обширные поля вкрапленной и прожилковой минерализации, вписывающейся в контуры зон измененных пород — микрокварцитов, кварцево-серицитовых и серицит-хлоритовых сланцев, доломит-хлоритовых метасоматитов и т. д. В медноколчеданную стадию на Александровском, Снегиревском и Греховском месторождениях сформировались жилы и прожилки сплошных пирит-халькопиритовых руд и небольшие зоны вкрапленной минерализации. В главную полиметаллическую стадию возникли мощные зоны вкрапленной и сплошной пирит-сфалеритовой, пирит-халькопирит-галенит-сфалеритовой и пирит-сфалерит-галенитовой минерализации и залегающие параллельно им жильные и прожилковые тела массивных полиметаллических руд аналогичных минеральных ассоциаций. Наиболее интенсивно эта стадия проявилась на Зыряновском и Богатыревском месторождениях. В заключительную стадию образовались жилы и прожилки крупнокристаллических полиметаллических руд. Этот тип минерализации встречается в основном на Зыряновском месторождении.

В сложном процессе минералообразования удалось выявить следующую схему последовательности главнейших сульфидов: 1 стадия — пирит I, 2 стадия — пирит II — сфалерит I — халькопирит I — галенит I — пирит III, 3 стадия — пирит IV — сфалерит II — халькопирит II — пирит V — халькопирит III — галенит II — пирит VI, 4 ста-

дия — пирит VII — сфалерит III — халькопирит IV — пирит VIII — халькопирит V — галенит III — пирит IX*. Из этой схемы видно, что в целом для большинства стадий генеральная последовательность отложения минералов одинакова: пирит — сфалерит — халькопирит — галенит.

При отборе пирита и халькопирита разделить их по генерациям внутри моностадийных ассоциаций не удалось. Вследствие телескопированного характера оруденения в некоторых пробах медноколчеданной и полиметаллической стадий, по-видимому, присутствует пирит I серноколчеданной стадии, который в виде дробленых реликтовых зерен обрастает пиритом II и пиритами IV—VI. В этом случае «очистить» пириты медноколчеданной или полиметаллической стадии от пирита I невозможно.

Данные о соотношениях изотопов серы сульфидов представлены в таблицах 1 и 2.

Анализируя данные таблиц 1 и 2, мы пришли к следующим выводам:

1. Значения δS^{34} , полученные для рудообразующих сульфидов, в целом по всем исследуемым месторождениям варьируют от $-0,6$ до $+6,1\%$ (в среднем $+3,1\%$). Узкая область вариации изотопных отношений и сравнительно близкая к метеоритному стандарту средняя величина δS^{34} свидетельствуют о глубинном источнике серы, характерном для типичных магматогенно-гидротермальных месторождений, подобных месторождениям О'окип в Южной Африке, Бингем в США, Бересфорд и Нигаду в Канаде и других.

2. В рудном процессе установлена четкая тенденция к закономерному фракционированию изотопов серы: от стадии к стадии (табл. 1) и от сульфида к сульфиду в порядке их образования (табл. 2) происходит уменьшение содержания изотопа S^{34} вплоть до значения δS^{34} , равного метеоритному стандарту. Из этого положения вытекают два следствия, справедливые для всех подобных рудноалтайских месторождений: а) изотопные отношения можно рассматривать как один из критериев при определении последовательности образования различных минеральных ассоциаций, вызванной стадийностью процесса; б) изотопные отношения серы можно принять одним из критериев при установлении порядка выделения минерала при последовательной кристаллизации сульфидов в одну стадию.

3. Значения δS^{34} в пиритах серноколчеданной стадии варьируют от $+4,1$ до $+6,1\%$, а в пиритах медноколчедан-

* Полужирным шрифтом выделены главные генерации, светлым показаны более редкие.

Изотонный состав серы сульфидов из месторождений
Зырянского района

Минерал	Стадия рудного процесса	δS^{34}	
		Среднее	Пределы колебаний
1	2	3	4
Александровское			
Пирит	Серноколчеданная	6,1(1)	—
Пирит	Медноколчеданная	3,7(1)	—
Сфалерит	»	4,0(1)	—
Халькопирит	»	3,7(5)	3,2—4,7
Снегиревское			
Пирит	Серноколчеданная	5,2(2)	—
Пирит	Медноколчеданная	5,1(2)	—
Пирит	Главная полиметаллическая	5,0(2)	4,9—5,2
Сфалерит	То же	4,7(5)	4,0—5,3
Халькопирит	Медноколчеданная	4,7(6)	3,4—5,1
Галенит	Главная полиметаллическая	2,9(3)	2,2—3,3
Греховское II			
Пирит	Серноколчеданная	4,9(2)	4,7—5,1
Пирит	Главная полиметаллическая	4,3(2)	4,2—4,4
Сфалерит	То же	3,8(3)	3,6—4,1
Галенит	» »	2,4(3)	2,4—2,6
Зырянское			
Пирит	Серноколчеданная	4,7(6)	4,1—5,1
Пирит	Главная полиметаллическая	3,0(8)	1,4—4,1
Пирит	Заключительная полиметаллическая	1,3(1)	—
Сфалерит	Главная полиметаллическая	3,0(7)	1,7—4,3
Сфалерит	Заключительная полиметаллическая	0,8(1)	—
Халькопирит	Главная полиметаллическая	2,3(10)	1,2—3,6
Халькопирит	Заключительная полиметаллическая	1,4(3)	1,0—1,9
Галенит	Главная полиметаллическая	1,7(8)	0,1—2,3
Галенит	Заключительная полиметаллическая	0,8(2)	0,1—1,7

1	2	3	4
Богатыревское			
Пирит	Серноколчеданная	5,6(2)	5,6
Пирит	Главная полиметаллическая	4,8(1)	—
Сфалерит	То же	0,9(2)	-0,6—+2,4
Галенит	» »	0,8(2)	0,3—1,3

Примечания: 1. В скобках указано количество проб.

2. Все числовые значения положительные, за исключением отрицательной величины нижнего предела $\delta S^{34}(\text{‰})$ сфалерита главной полиметаллической стадии Богатыревского месторождения.

Таблица 2
Изменение величины $\delta S^{34}(\text{‰})$ в ходе последовательного отложения сульфидов в одной минеральной ассоциации

Образец	Последовательность отложения сульфидов			
	Пирит	Сфалерит	Халькопирит	Галенит
З-256	—	3,4	2,3	0,1
З-257	—	3,3	3,0	—
З-260	1,4	1,5	—	0,9
З-269	—	3,0	—	2,2
З-282	3,0	—	3,3	2,0
З-290	4,1	2,7	1,9	1,7
З-293	—	4,3	—	0,1
З-328	4,1	—	—	2,3
З-448	3,7	2,1	—	—
З-451	4,0	4,0	2,6	0,4
Б-803	4,8	2,4	—	1,3
А-706	3,7	—	3,2	—
А-717	6,1	—	3,5	—
С-500	—	4,0	—	3,3
С-506	5,2	—	3,4	—
С-515	4,9	4,5	—	2,2
Г-600	4,7	4,1	—	—
Г-601	—	3,6	—	2,4
Г-608	4,4	—	—	2,4

Примечание. Все цифровые значения положительные.

ной и полиметаллических стадий — от +1,3 до +5,2‰, т. е. заметно отличаются. Это позволяет рекомендовать изотопные отношения серы в качестве одного из геохимических критериев при оценке зон пиритизации на перспективность полиметаллического оруденения в глубоких горизонтах.

4. В однотипных рудах (одной стадии) намечается тенденция к зональному распределению изотопов серы в рудном поле (иногда рудном теле) в зависимости от удаленности рудоподводящего разлома. Например, если сравнить изотопный состав серы пиритов и халькопиритов медноколчеданной стадии Александровского и Снегиревского месторождений (табл. 1), расположенных в одной зоне расщеливания, берущей начало на юге от Подорловского глубинного рудоподводящего разлома, то оказывается, что сера пирита и халькопирита из Снегиревского месторождения, находящегося ближе к разлому, более обогащена тяжелым изотопом.

Аналогичная же картина, но менее контрастная, отмечается при сравнении значений δS^{34} халькопирита, отобранного с южного и северного флангов Западной жилы Александровского месторождения: южный фланг — $+4,66\%$, центральная часть — $+4,11\%$; северный фланг — $+3,22\%$.

Указанный эффект фракционирования изотопов серы, по-видимому, связан с температурным градиентом гидротермальных рудообразующих растворов.

ВЫСТУПЛЕНИЯ

П. Ф. СОПКО

Колчеданно-полиметаллические месторождения Рудного Алтая обладают рядом типичных для колчеданной формации особенностей — преимущественной приуроченностью к раннегеосинклинальным вулканогенным и вулканогенно-осадочным формациям в основном натрового типа, частой пространственной связью с субвулканическими фациями колчеданосных толщ, характерным строением ореолов гидротермальных изменений и эндогенного рассеивания, преобладающей пластовидной формой рудных тел, сложенных главным образом массивными сульфидными рудами. В отличие от колчеданных месторождений Южного Урала, имеющих еще более резко выраженные черты колчеданной формации, в месторождениях Рудного Алтая важнейшую, иногда доминирующую роль играет свинец при подчиненном в целом значении меди. Промежуточное минералого-

геохимическое положение в колчеданной формации занимают месторождения Малого Кавказа.

Минералого-геохимические особенности колчеданных месторождений Рудного Алтая, Южного Урала и Малого Кавказа в той или иной мере коррелируются со структурно-морфологическими их признаками и геологическим положением. Колчеданное оруденение Рудного Алтая значительно чаще, чем на Южном Урале, локализуется в осадочных фациях колчеданных толщ, имеет больший стратиграфический диапазон распространения и более отчетливую связь с деформационными структурами, образовавшимися с тем или иным отрывом во времени от первично-вулканических элементов и субвулканических деформаций, которые для уральских месторождений являются главными рудо-контролирующими структурами. Эти особенности связаны с различиями в геологическом развитии и глубинном строении сопоставляемых колчеданоносных провинций. Колчеданоносные зоны Южного Урала развивались как первичная эвгеосинклиналь преимущественно на коре океанического типа, тогда как Рудный Алтай возник и сформировался как наложенная геосинклиналь на сиалической в основном коре.

Сравнение геологического положения, минералого-геохимических и структурно-морфологических особенностей колчеданных месторождений Рудного Алтая и Южного Урала имеет важное значение для понимания условий образования и размещения колчеданного оруденения в различных колчеданоносных провинциях.

А. С. ЛАПУХОВ

По данным массовой объемно-статистической обработки многокомпонентных химических анализов проб, рудная зональность Зыряновского колчеданно-полиметаллического месторождения свидетельствует о его эпигенетическом, послескладчатом происхождении и об отсутствии значительных искажений первоначального залегания рудных залежей. На это указывает и сквозная, вертикально направленная зональность рудных залежей, проявляющаяся в виде некоторых общих тенденций изменения минеральных парагенезисов и осложняющих их элементов зональности более низкого порядка.

Общие тенденции зональности выражаются в концентрическом распределении относительных концентраций металлов вокруг «корневых» участков рудных тел. Абсо-

лутные значения изученных соотношений меняются по восстанию рудных залежей в пределах двух-трех порядков, а по их мощности — в пределах одного порядка. В большинстве случаев зональность соответствует «прямой» схеме как в северном, так и в южном крыле Зыряновской горст-антиклинали. В локальных участках наблюдаются фрагменты «обратной» зональности. Изменчивость состава рудных парагенезисов по восстанию рудных залежей заключается в постепенном снижении относительных концентраций цинковой минерализации и повышении свинцовой. Во внутренних зонах тел возрастают относительные содержания меди.

Тенденции к сквозной зональности осложняются макроритмичным повторением зон повышенных концентраций и линейных запасов рудных компонентов, образующих самостоятельные зональные ритмы, фиксирующиеся на нескольких гипсометрических уровнях. В частности, осевая линия верхнего зонального ритма концентраций рудных компонентов находится на уровне $+100 - +175$ м (в отметках над уровнем моря), а второго и третьего соответственно располагается на горизонтах -50 и -200 м. Морфология рудных столбов обусловлена комбинацией ряда структурно-литологических факторов, а также особенностями миграции и отложения рудных компонентов.

Ритмичный характер зональности представляет интерес при глубинном прогнозировании оруденения, поскольку возможны случаи ложного выклинивания рудных залежей и повторения на глубоких горизонтах новых зональных ритмов, разделенных слабо минерализованными или практически безрудными участками.

М. С. КОЗЛОВ

Категорическое отрицание возможности существенных перемещений вещества пород при региональном метаморфизме (особенно на зеленосланцевой его стадии), высказанное отдельными исследователями, заставляет сообщить новые фактические данные по этому вопросу.

Более 800 химических анализов проб из разнообразных по генезису и составу среднедевонских пород зоны сочленения Горного и Рудного Алтая (интрузивных порфиров и диабазов, лав и туфов кислого состава, алевролитов и известняков) показали наличие региональных неоднородностей в распределении калия и натрия. Выделяются три последовательные зоны щелочности пород: калиевая, переходная и натровая (шириной 3—10 км и протяженностью более

100 км). В первой зоне во всех без исключения породах содержание калия в несколько раз выше кларкового; для второй зоны характерны резкие неоднородности распределения щелочных элементов на небольших расстояниях (в том числе и в одном геологическом объекте); в третьей зоне резко преобладает натрий. Калий и натрий входят в состав регионально-метаморфических парагенезисов. Все это свидетельствует о метаморфогенной природе распределения породообразующих щелочей. Предварительные данные указывают на то, что в северо-восточной части Юго-Западного Алтая в отложениях среднего и верхнего девона резко понижено содержание магния, свинца и цинка при повышенной суммарной щелочности пород; в северной и юго-западной частях этого региона наблюдаются обратные соотношения этих элементов.

Н. Н. БИНДЕМАН

Если мысленно спроецировать запасы всех рудных тел полиметаллических месторождений Зырянского района на стратиграфический разрез — от низов эйфеля до низов франа (более 1000 м по мощности), то окажется, что он полностью содержит промышленное оруденение. При этом отмечаются интервалы разреза, обогащенные рудой по сравнению с лежащими выше и ниже интервалами. Важно отметить, что обогащенные интервалы располагаются на разных рудных полях в различных частях девонского разреза. Преимущественное тяготение к ним запасов связано с локальной неоднородностью, гетерогенностью разреза на каждом рудном поле (Зырянском, Малеевско-Путинцевском, Богатыревско-Осочихинском, Греховско-Снегиревском) и объясняется специфичностью пород, слагающих разрез, и характером их переслаивания. Таким образом, стратиграфический контроль оруденения в Зырянском районе обусловлен литологическими факторами.

Не меньшую роль в локализации промышленного эпигенетического оруденения играют структурно-геологические факторы. К ним должно быть отнесено также пока явно недостаточно оцененное многими исследователями действие геологических экранов.

Например, значительные масштабы Зырянского месторождения, приуроченного к горст-антиклинальной складке, находящейся в зоне близширотного глубинного разлома, по моим данным, во многом обусловлены экранирующим воздействием субпластового тела девонских липаритовых пор-

филов. Залегая в замке и на крыльях горст-антиклинали, это тело экранирует зону околорудных метасоматитов, эндогенные ореолы рассеяния металлов, все рудные тела и, сужаясь и погружаясь в западном направлении, определяет конусообразную морфоструктуру самого месторождения.

На основании анализа первичной зональности рудных тел, метасоматитов и эндогенных ореолов, а также морфоструктуры можно обоснованно предположить, что рудоносные гидротермальные растворы поднимались в зоне глубинного разлома и испытывали экранирующее влияние субпластового тела липаритовых порфиров, создавшего вместе с ней крупную структурную ловушку. Такая геологическая обстановка способствовала концентрации растворов в горст-антиклинали и привела в конечном результате к формированию мощных рудных тел.

УДК 553.43'44:550.82:550.83(235.222—14)

КРИТЕРИИ ПОИСКОВ ПРОМЫШЛЕННОГО ОРУДЕНЕНИЯ И НАПРАВЛЕНИЕ ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ В ЛЕНИНОГОРСКОМ РУДНОМ РАЙОНЕ

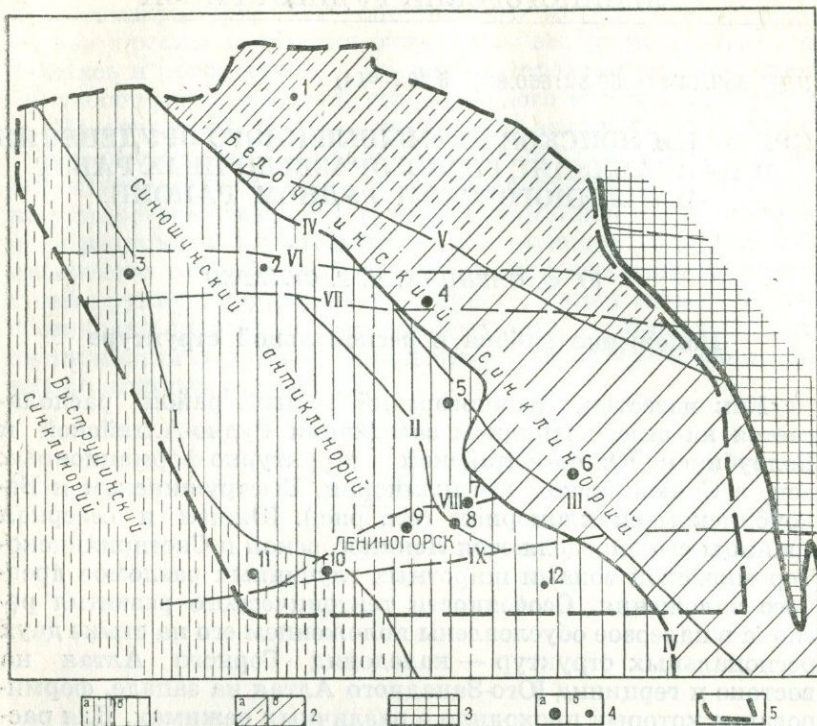
Ю. Ф. ОЛЕЙНИК, Н. Г. СУХАРЕВ

Положение района в региональной структуре

Как известно, Лениногорский рудный район располагается на северо-западном замыкании Рудно-Алтайской и Белоубинско-Южно-Алтайской структурно-формационных зон, в Синюшинском антиклинории, Быструшинском и Белоубинском синклинориях (см. рис.). Южная и северная границы его определяются Лениногорской и Снегирихинско-Теремковской зонами широтных глубинных разломов древнего заложения. Особенности тектонического развития региона в палеозое обусловлены положением его на стыке двух региональных структур — каледонид Горного Алтая на востоке и герцинид Юго-Западного Алтая на западе, формирование которых проходило в различных режимах. Для рассматриваемой территории характерны господствующее северо-западное простирание региональных структур и резкая фациальная изменчивость отложений в поперечном направлении, мозаично-глыбовое строение, схождение в северо-западном направлении крупных глубинных ветвей Северо-Восточной зоны смятия — Кедровско-Бутачихинской, Успенско-Карелинской, Белоубинской и Черноубинской, поясное распределение интрузивных и субвулканических образований, максимальная концентрация магматических пород в узлах сочленения глубинных северо-западных и субширотных разломов, сложное замыкание в северо-западном направлении Белоубинского синклинория, развитие нескольких типов складчатости, большая раздробленность и блоковая подвижность фундамента Рудно-Алтайского и Белоубинско-Южно-Алтайского блоков, специфика металлогении.

Закономерности локализации оруденения

К настоящему времени вся территория Лениногорского рудного района (5400 км²) охвачена среднемасштабной гео-



Положение Лениногорского рудного района в структурах Юго-Западного Алтая. Структурно-формационные зоны: 1 — Рудно-Алтайская (а — Быструшинско-Черемшанская подзона, б — Лениногорско-Зырянская подзона); 2 — Белоубинско-Южно-Алтайская (а — Холзунско-Сарымсактинская подзона, б — Коргоно-Холзунская подзона); 3 — каледониды Горного Алтая; 4 — месторождения (а), рудопроявления (б): 1 — Осеннее, 2 — Левобережное Сакмарихинское, 3 — Снегирихинское, 4 — Гуслияковское, 5 — Стрежанское, 6 — Старковское, 7 — Шубинское, 8 — Успенское, 9 — Риддер-Сокольное, 10 — Тишинское, 11 — Габриэлевское, 12 — Выше-Ивановское; 5 — контур площади Лениногорского рудного района. Разломы: I — Кедровско-Бутачихинский, II — Успенско-Карелинский, III — Большереженско-Бухтарминский (Белоубинский), IV — Пахотинско-Тургусунский, V — Теремковский, VI — Снегирихинско-Теремковская зона разломов, VII — Сакмарихинско-Гуслияковская зона разломов, VIII — Лениногорский, IX — Обручевский.

логической съемкой, а две трети из перспективных площадей, куда входят и основные рудоносные зоны — Кедровско-Бутачихинская, Успенско-Карелинская (и ее северо-западная часть — Сакмарихинская зона), Белоубинская и Черноубинская, — откартированы в более крупном масштабе. В пределах рудоносных зон (1160 км²), рудных полей (Ти-

шинское, Шубинское, Стрежанское, Старковское, Лениногорское) с различной плотностью сети и глубиной проведены детальные поиски. Большой объем поисково-структурного и разведочного бурения выполнен непосредственно на участках месторождений; на некоторых из них (Стрежанское, Гуслияковское) осуществлена проходка штолен. Детально изучены Риддер-Сокольное и Тишинское месторождения.

Получена положительная оценка буровыми или иными видами работ наиболее перспективных рудопроявлений (Выше-Ивановское, Осеннее, Звездное I и др.). Проведен значительный объем геофизических, геохимических и тематических исследований; в 1973 г. закончены крупномасштабные прогнозные работы практически для всего рудного района с детальными врезками для отдельных рудных полей. Анализ результатов этих работ и материалов всех предыдущих многолетних исследований позволил наметить следующие основные закономерности локализации колчеданно-полиметаллического, полиметаллического и медноколчеданного оруденения, используемые в качестве геолого-генетических поисковых критериев при направлении геологоразведочных работ:

1. Все промышленные месторождения и большинство рудопроявлений района сосредоточены в пяти рудоносных структурах — полого залегающей Лениногорской грабен-синклинали и крутопадающих зонах (с запада на восток): Кедровско-Бутачихинской, Успенско-Карелинской (и ее северо-западной части — Сакмарихинской зоне), Белоубинской и Черноубинской. Зоны представляют собой относительно узкие полосы гидротермального изменения и минерализации осадочно-вулканогенных пород среднего девона, осложненные одноименными зонами повышенного расслаивания, являющимися морфогенетической модификацией на современном эрозионном срезе глубинных разломов, разделяющих структурно-формационные зоны и подзоны. Условия формирования структурно-формационных зон, определявшиеся особенностями тектонического режима, обусловили и поясовое размещение формационных типов оруденения. Рудоносные зоны размещаются в различных структурно-формационных зонах.

2. Оруденение локализуется в образованиях базальтово-липаритовой (кварцево-квартофировой) формации эйфеля — среднего девона. Эти продукты подводного вулканизма и одновременно с ними отлагавшиеся осадки объединяют лениногорскую, крюковскую, ильинскую, успенскую свиты и синхронные им субвулканические образования и занимают

1800 км², или 32% общей территории Лениногорского рудного района. Промышленное оруденение в других формациях (известково-терригенной и карбонатной нижнего палеозоя, гранодиорит-плагиогранитовой Синюшинского массива, гранитов калбинского комплекса и др.), занимающих 2900 км², или 55% всей площади, не установлено.

3. Ведущим фактором в концентрации оруденения являются региональные экраны, перекрывающие хорошо пронизываемые толщи базальтово-липаритовой формации. Эту функцию выполняют осадочные отложения кряковской и сокольской свит, относящиеся также к базальтово-липаритовой формации, и белоубинской свиты песчано-алевролитовой формации. Последняя занимает в районе 700 км², или 13% территории.

4. Оруденение (рудные поля) концентрируется на участках пересечения глубинных разломов северо-западного (зоны смятия) и субширотного направлений (Тишинское, Шубинское, Гусляковское и другие месторождения).

5. Месторождения тяготеют к палеовулканическим построениям, к участкам развития субвулканических образований кислого состава среднего — верхнего девона, причем оруденение сосредоточено на участках выклинивания субвулканических тел или локализуется в последних (Стрежанское, Гусляковское и др.).

6. Одним из ведущих факторов в рудолокализации являются синвулканические формы структур, осложненные флексурами, складками высоких порядков антиклинального и синклинального характера, дизъюнктивами. Часто размеры этих структур определяют и размеры оруденения (Шубинское, Стрежанское месторождения и др.).

7. Наиболее богатые руды (обычно сплошные) располагаются непосредственно под покрывкой экранирующих пород, в мелких пликативных структурах (например, в брахикуполках Риддер-Сокольского месторождения, мульде Стрежанского месторождения).

Состояние сырьевой базы и направление геологоразведочных работ

В Лениногорском рудном районе установлено несколько сотен рудных проявлений преимущественно колчеданно-полиметаллической и в меньшей степени медноколчеданной формации, в том числе десять месторождений (Риддер-Сокольское и Тишинское эксплуатируются, утверждены запасы ГКЗ Гусляковского, Стрежанского, Юбилейно-Снегирихинского, Шубинское разведывается, Старковское, Габриэлев-

ское, Успенское, Левобережное Сакмарихинское подлежат доизучению) и ряд перспективных рудопроявлений (Выше-Ивановское, Осеннее, Звездное I и другие исследуются).

Геологоразведочные работы в Лениногорском районе были направлены прежде всего на выявление перспективных на промышленное оруденение площадей вблизи действующих горнорудных предприятий. За годы девятой пятилетки сырьевая база Лениногорского комбината пополнилась тремя средними по размерам полиметаллическими месторождениями (Гусяковское, Стрежанское, Юбилейно-Снегирихинское).

На Тишинском полиметаллическом месторождении на глубине 900—1000 м от поверхности получены новые подсечения рудного тела. Для месторождения в целом выдерживаются четко выраженное западное склонение оруденения и смена с глубиной полиметаллических руд существенно цинковыми и медно-цинковыми. С учетом установленных закономерностей в поведении оруденения прирост запасов возможен на глубоких горизонтах западного фланга, где вскрыты прожилково-вкрапленные руды. Это позволит увеличить сырьевую базу Тишинского рудника.

В результате выполнения предварительной разведки глубоких горизонтов увеличены запасы Шубинского месторождения (по сравнению с утвержденными ГКЗ СССР в 1962 г.).

На Лениногорском рудном поле в 1970—1975 гг. геологоразведочные работы не проводились. По этому району выполняются тематические работы с целью обобщения накопленных материалов, итоги которых позволят определить направление работ по изучению глубоких горизонтов Риддер-Сокольного месторождения (медно-цинковые руды), с одновременным пересмотром кондиций, утвержденных в 1964 г., в сторону их снижения, а также флангов известных рудных залежей.

После завершения в 1965 г. разведки Тишинского месторождения в Лениногорской экспедиции резко возросли объемы поисковых работ, в сферу которых были вовлечены новые, расположенные в тяжелых горно-таежных условиях перспективные площади. В этих же районах проводились изыскания Алтайской геофизической и Алтайской поисково-съёмочной экспедициями. Это позволило выявить целый ряд перспективных участков, открыть и разведать Стрежанское и Гусяковское месторождения.

С 1976 г. экспедиция расширяет поисковые и разведочные работы на Гусяковском рудном поле. На юго-восточном фланге Гусяковского месторождения в вулканогенно-

осадочных образованиях установлено полиметаллическое оруденение значительной мощности. В 3,5 км к юго-востоку от месторождения, на участке рудопроявления Звездное I, на глубине 300 м от поверхности, на продолжении по падению серноколчеданных руд установлены полиметаллические руды гусяковского типа, локализующиеся среди гидротермально-измененных альбитофиров. Поиски на этом рудном поле направлены в основном на открытие гидротермально-метасоматического оруденения.

В районе Стрежанского рудного поля возможно выявление как гидротермально-осадочных руд, связанных с девонским вулканизмом, так и гидротермально-метасоматических, связанных с проявлением его субвулканической фации. Предполагается опосредовать крылья и ядерные части мелких антиклинальных поднятий и мульд Королевской синклинальной структуры.

Одним из перспективных представляется Выше-Ивановское рудопроявление, где рудовмещающая вулканогенная толща залегает под экраном терригенных осадочных образований. Для изучения оруденения и его геолого-генетических особенностей проходит штольня. Предусматривается проведение поисково-структурного бурения и на прилегающей территории. Кроме того, планируется исследование Листвяжной синклинали с целью расшифровки ее структуры, выявления в ее пределах приподнятых участков и поисков в них под экраном образований белоубинской свиты промышленных скоплений руд. Для этого необходимо бурение скважин глубиной не менее 1500 м с постановкой метода заряженного тела. По аналогичной методике необходимо изучать и другие перспективные территории (зона контакта среднего и верхнего девона Успенско-Карелинской, Белоубинской и других рудоносных зон, участки рудных полей и т. д.), опосредованные до небольших глубин и по относительно редкой сети.

Наиболее слабо изучена к настоящему времени в Лениногорском районе Черноубинская структурно-металлогеническая подзона, в юго-восточной и центральной частях которой ранее были обнаружены медно-колчеданные и колчеданно-полиметаллические проявления, а в 1973 г. в северо-западной части выявлено свинцово-цинковое рудопроявление Осеннее. Здесь в ближайшее время завершаются крупномасштабные поисково-съёмочные работы.

Таким образом, направление дальнейших геологоразведочных работ, исходя из закономерностей рудолокализации и общих перспектив района, кроме доразведки флангов и глубоких горизонтов месторождений (Риддер-Сокольное,

Тишинское, Гусяковское), промышленной оценки месторождений и наиболее перспективных рудопроявлений (Старковское, Габриэлевское, Успенское, Выше-Ивановское, Осеннее, Звездное I и др.) должно помимо указанного выше заключаться в следующем:

1. Проведение поисков в наиболее перспективных участках рудоносных зон с детальностью, исключающей пропуск минимальных по размерам рудных тел. Например, основное оруденение Тишинского, Шубинского и других месторождений локализуется в структурах протяженностью 400—600 м, а отдельные рудные тела имеют гораздо меньшие размеры. Практика изучения таких участков скважинами по редкой сети, а также одиночными скважинами себя не оправдала. Примером тому служит двадцатилетняя история исследования Гусяковского месторождения с периодическим прекращением и возобновлением работ. В комплекс поисков должно входить бурение необходимого количества скважин глубиной 500—800 м для оценки перспектив площадей методом заряда.

2. На участках развития флишеидных отложений белобудинской свиты, под экраном которой только в структуре одной Листвяжной синклинали сосредоточены рудные тела Шубинского, Стрежанского, Гусяковского, Старковского месторождений и ряда рудопроявлений, должен быть проведен комплекс детальных геофизических исследований (высокоточная гравика, сейсмика в совокупности с магнитометрическими работами) для установления конфигурации контакта экранирующих пород с подстилающими образованиями базальтово-липаритовой формации и глубины его залегания. При этом необходимо пробурить отдельные скважины глубиной 1000—2000 м. Общая площадь таких участков в районе составляет 700 км², а первоочередная (Листвяжная, Королевская, Гусяковская синклинали и др.) — 380 км². Перспективность отдельных площадей в процессе их выбора и проведения работ должна рассматриваться с позиций совмещения и всех других отмеченных ранее признаков условий рудолокализации.

3. Проведение редакционных работ по всем листам крупномасштабной съемки.

4. Выполнение обобщающих тематических исследований по перспективным участкам, где накоплен достаточно большой фактический материал, но по разным причинам эти площади не получили конкретной оценки (фланги Риддер-Сокольского месторождения, зона контакта верхнего и среднего девона к юго-востоку и северо-западу от Шубинского месторождения и др.).

5. Проведение научно-исследовательских работ, направленных прежде всего на решение конкретных задач по наращиванию минерально-сырьевой базы района. Они должны осуществляться по единому плану и исключать параллелизм.

УДК 553.41/44.065/.068.2(574.42)

НОВЫЕ ДАННЫЕ О ДЕВОНСКОМ ДОСКЛАДЧАТОМ ОРУДЕНЕНИИ НА РИДДЕР-СОКОЛЬНОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ

И. В. ПОКРОВСКАЯ, О. А. КОВРИГО, Б. Л. ЧЕПРАСОВ

Вопросы генезиса и возраста алтайских руд длительное время продолжают оставаться дискуссионными, поэтому любые новые факты в пользу той или иной гипотезы представляют несомненный интерес. При разведке Риддер-Сокольного месторождения в последние годы появились новые данные, свидетельствующие о девонском возрасте полиметаллического оруденения и о возможной связи его с вулканизмом этого времени.

Рудовмещающие породы. В ходе детального изучения разреза рудовмещающей толщи крюковской подсветы на 2-й Риддерской залежи в поперечном сечении (около 130 м по керну подземных скважин и горным выработкам) установлен терригенно-осадочный характер отложений с четкими следами вулканической деятельности, синхронной с осадко- и рудонакоплением.

В разрезе преобладают темно-серые алевропелиты, их известковистые, известковые и кремнистые разновидности. Много углефицированных растительных остатков, повсюду наблюдаются тонкораспыленный пирит, редкие мелкие зерна других сульфидов. Углистые частицы сохранили первичную структуру растительной ткани, что указывает на сравнительно слабый метаморфизм пород. Это также подтверждает наличие каолинита, который установлен термическим и рентгеноструктурным анализами.

В разных частях разреза встречаются маломощные прослои известняков, их глинистых и песчаных разновидностей,

а также тонкозернистых кремнистых пород, при детальном изучении оказавшихся пепловыми туфами.

Повсеместно в разрезе отмечаются следы вулканической деятельности в виде прослоев (мощностью от первых до 10—15 см, редко первых метров) измененных альбитофиров, разнообразных туфов, туффитов, туфопесчаников и туфогравелитов, а также редких частиц вулканического пепла в алевропелитах. Характер вулканитов свидетельствует о том, что они возникли в основном в результате некоторого перемыва и переотложения вулканического материала, т. е. представляют собой удаленные, преимущественно аллохтонные фации водной области вулканизма (по классификации Е. Ф. Малеева). Это указывает на достаточную удаленность участка от вулканических аппаратов. Лишь в период накопления рудоносного горизонта, судя по присутствию альбитофиров, он находился вблизи вулкана.

Макро- и микроритмичность в разрезе выражена в смене пачек и прослоев пород, различающихся по известковистости, кремнистости, особенностям вулканитов, наличию рудного вещества. Четко различимы следы синхронных деформаций (оползание, проседание, вязкое волочение, конседиментационное брекчирование осадка), явления кривой слоистости, которые усиливаются по мере приближения к рудам. Все это говорит о беспокойной тектонической обстановке в период рудоотложения.

Диagenез наиболее ярко проявился в процессах конкрециообразования, приведших к возникновению многочисленных концентрически-слоистых и септариевых карбонатных конкреций, в строении которых участвует и рудное вещество, а также конкреционных стяжений пирита. Конкреции часто налегают на рудные прослои, несколько продавливая их. На гладких эллипсоидальных поверхностях конкреций местами наблюдаются реликты мшанок.

Околорудные изменения, по нашим данным, отсутствуют. Расположенные вблизи руд кремнистые и другие прослои встречаются и в других местах и, скорее всего, являются нормальными членами стратиграфического разреза, тем более что в некоторых из них установлены многочисленные реликты вулканического пепла.

Гидротермальные ореолы рассеяния элементов около залежи не обнаружены. Главные рудогенные компоненты (медь, свинец, цинк, серебро), а также барит в породах присутствуют в кларковых количествах. Местами для них отмечаются скачкообразные аномальные содержания в разных частях разреза, связанные, по-видимому, со специфическими условиями накопления отдельных пачек пород. Содержания

Hg, Ga, Co, Ni, Sr, Ti, V, Cr в 2—5 раз ниже их кларков. Ртуть в разрезе распределена довольно монотонно и даже в контактах с рудами устанавливается ее местное фоновое содержание.

Обломковидные руды. На 2-й Риддерской залежи наряду с ранее описанными (Покровская, Ковриго, 1970) слоистыми рудами широко распространены обломковидные руды. Сравнительно мощные (десятки сантиметров — 2 м) прослои таких руд отделяются друг от друга пачками, где чередуются близкие по мощности слои темно-серых углистых алевропелитов и более тонкие (от нескольких до 15 см) пропластки тонкозернистых руд. Горизонты обломковидных руд наблюдаются главным образом вблизи долгоживущего сбросо-сдвига 50—53 и на расстоянии около 50 м к западу от него. По простиранию, по мере удаления от зоны сброса, обломковидные руды нередко сменяются слоистыми. Редкие мало-мощные тонкообломочные прослои отмечаются и на флангах залежи.

Среди обломковидных руд по размеру обломков можно выделить: 1) тонко- и мелкообломочные с обломками гравийной (2—10 мм), реже песчанистой (менее 2 мм) размерности (рис. 1); 2) грубообломочные, в которых размер рудных обломков (глыб) составляет единицы и десятки сантиметров, достигая крупности валунов (20—50 см). Намечается прямая зависимость мощности прослоев от размера слагающих их обломков. Имеется и некоторая дифференциация обломков по крупности в поперечном сечении прослоев мелкообломочных руд: в нижней части — обломки гравийной размерности, в верхней — более мелкие (песчанистой размерности), реже более крупные (до 0,5 см).

Для тонко- и мелкообломочных, обычно мало-мощных прослоев характерны сравнительно хорошая отсортированность материала, ровные верхние и нижние границы, выдержанность по простиранию на значительные расстояния. Грубообломочные прослои сложены обломками различной размерности, имеют верхнюю ровную границу и нижнюю неровную, что обусловлено гравитационным погружением отдельных обломков в лежащий ниже алевропелит. Этим прослоям свойственны резкие раздувы и пережимы мощностей, вплоть до тупых выклиниваний, что, по-видимому, и должно наблюдаться при седиментации таких грубообломочных образований в неспокойной тектонической обстановке.

Среди обломков преобладают руды, меньшую часть составляют породы. И те и другие погружены в цементирующую массу темно-серых алевропелитов, аналогичных тем, которые залегают в подошве и кровле. По объему

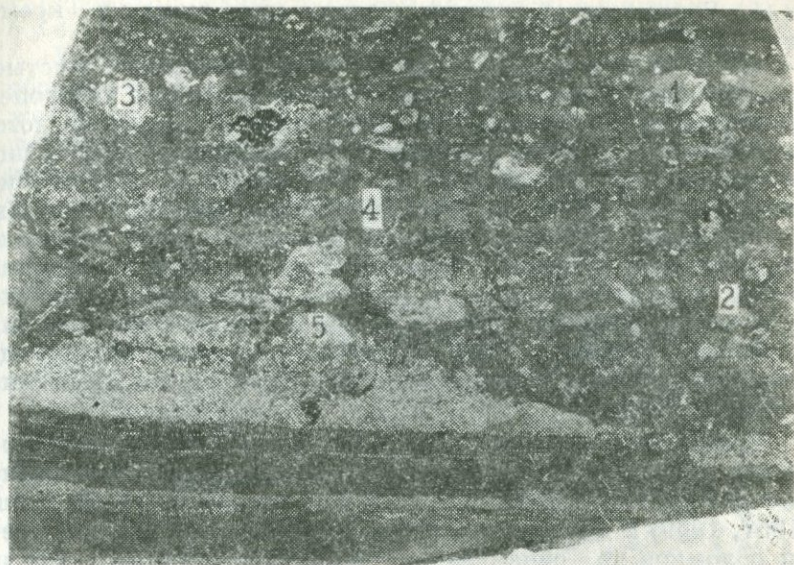


Рис. 1. Прослой мелкообломочной руды в темно-сером алевропелите. Обломки гравийной размерности представлены сфалеритом (1), пиритом (2), мелкозернистой полиметаллической рудой (3), светло-серым алевропелитом (4) и кварцем (5). Внизу — слои сфалерит-пиритовой руды в алевропелите, верхний из них частично размыт. Ув. 2. 2-я Риддерская залежь, горизонт 13, орт 015.

обломков больше, чем цемента. Форма рудных обломков самая разнообразная — изометричная, угловато-округлая, неправильная. Обломки алевропелитов удлиненные и ориентированы преимущественно параллельно слоистости.

Состав рудных обломков (в убывающем порядке) следующий:

1. Сплошные массивные мелкозернистые халькопирит-галенит-сфалеритовые руды.

2. Сплошные полиметаллические руды колломорфной текстуры (концентрически-зональной, ритмично-полосчатой). Зоны и полосы срезаются краями обломка, тогда как слои цементирующего алевропелита, намечаемые цепочками зерен седиментного пирита, ориентированы параллельно ограничениям обломка.

3. Янтарный среднезернистый сфалерит и среднезернистый галенит.

4. Сплошные колломорфные пиритовые, халькопирит-пиритовые или галенит-пиритовые руды.

5. Вкрапленные галенит-сфалеритовые руды в кремнистых породах, кальците или доломите.

Из обломков пород доминируют темно-серые слоистые или неслоистые алевропелиты (либо доломитовые алевропелиты), часто с линзочками и стяжениями тонкодисперсного седиментного пирита, реже других сульфидов. Алевропелитовые обломки чуть светлее цементирующей их алевропелитовой массы. Менее распространены обломки кремнистых пород (силицитов) с пылевидной вкрапленностью или мелкими кубиками пирита, неправильные обособления серицитовых, хлоритовых пород и обрывки интенсивно измененного альбитофира. Встречены также обломки зерен кварца, карбоната, полевого шпата, кроме того, раковин брахиопод, члеников морских лилий и остатки другой фауны, замещенной кальцитом.

Сравнение показало, что состав рудных обломков совершенно идентичен составу руд Основной Риддерской залежи, изученных П. П. Буровым и Н. Н. Куреком (1939), Б. И. Вейц (1957, 1959) и другими геологами. Важно отметить, что среди обломков не обнаружены барит-полиметаллические и медно-цинковые руды, отнесенные нами (Чепрасов и др., 1972) ко второму этапу минералообразования.

Интересны взаимоотношения прослоев обломковидных руд и самих обломков со слоями алевропелитов. В подстилающих и перекрывающих алевропелитах слоистость плавно изгибается согласно с линией контакта прослоев мелкообломочных руд, что подчеркивается распределением в алевропелите тонких слоек седиментного пирита, доломита и углистых частиц. В грубообломочных прослоях под глыбами происходит прогибание слоек, сопровождающееся их сдавливанием и плейчатостью (рис. 2). Очень редко наблюдается протыкание слоек острыми краями крупных обломков. У боковых ограничений крупных глыб наблюдается оползание слоек и образование фестончатых складочек. В целом слои алевропелита везде плавно облекают даже самые крупные глыбы, как бы вдавливаются в промежутки между ними, но нигде не пересекаются границами глыб (рис. 2). Такой характер слоистости в алевропелитах, цементирующих обломки и глыбы руд, полностью исключает отнесение обломковидных руд к тектоническим брекчиям. Залегание обломковидных руд в виде четких согласных прослоев среди алевропелитов и огибание слоями обломков свидетельствует о том, что как мелкообломочные, так и грубообломочные руды отлагались в еще не полностью литифицированных осадках, т. е. они, подобно слоистым рудам,

синхронны с седиментацией и являются оползевыми брекчиями.

Есть основания полагать, что обломковидные руды могли образоваться в результате разрушения, оползания, переотложения руд Основной Риддерской залежи. Исходя из геологической обстановки крюковского времени, реконструированной Б. Л. Чепрасовым (1965 г.), можно сделать вывод о том, что такой способ возникновения обломковидных руд

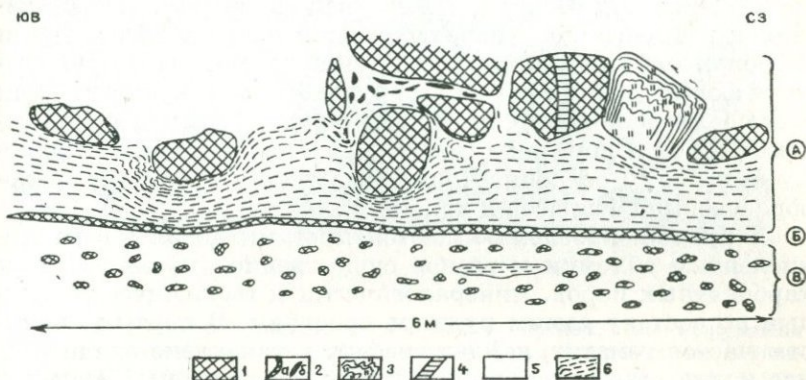


Рис. 2. Брекция оползания в слоистых алевропелитах (А). Глыбы мелкозернистой полиметаллической руды (1) и оруденелых гематит-кварцевых пород (3) погружены в алевропелит (6), слой в котором, подчеркиваемые линзочками сингенетичного пирита (2б), плавно прогибаются под глыбами. 2а — оторочки диагенетических сульфидов; 4 — прожилки крупнозернистого сфалерита с галенитом; 5 — неслоистый алевропелит. Внизу — прослой сплошной полиметаллической (В) и мелкообломочной (В) руды. 2-я Риддерская залежь, горизонт 14, камера 4/5, орт 016.

вполне реален. Именно в этот период формировалась горст-антиклинальная структура месторождения, в результате чего Основная Риддерская залежь оказалась приподнятой более чем на 600 м по сравнению с расположенным к западу от нее блоком, где в настоящее время находится 2-я Риддерская залежь. Причиной взламывания алевропелитов, перекрывших Основную Риддерскую залежь, и слагавших ее руд могли быть происходившие в то время блоковые тектонические (или синвулканические) подвижки. Синхронность их с осадконакоплением доказывается различием фаций и мощностей накапливающихся толщ и следами подводного размыва (Чепрасов и др., 1972). Отложившиеся к этому времени в верхней части Основной залежи руды были, вероятно, еще не полностью отвердевшими, что доказывается плас-

тичным огибанием полиметаллической рудой более твердых угловатых обломков кварцитов. Формирование горизонтов обломковидных руд, фиксирующее периоды неспокойной тектонической обстановки, сменялось отложением в более спокойных условиях пластов алевропелитов и слоистых руд. Последние могли образовываться как путем перемива рудного материала Основной залежи, так и при непосредственном излиянии гидротерм в илестые осадки на дно неглубокого моря. Таким образом, возраст гидротермально-метасоматических руд Основной Риддерской залежи, подвергавшихся разрушению и переотложению в кряковское время (эйфель), однозначно определяется этим периодом. По времени формирования указанные руды были синхронными или даже более ранними, чем слоистые руды 2-й Риддерской залежи, но те и другие вполне обоснованно отнесены к одному — первому осадочно-гидротермальному этапу минералообразования (Чепрасов и др., 1972).

В рудных прослоях имеются местами довольно многочисленные обломки и глыбы существенно кремнистых и карбонатных пород, минералогически и геохимически чуждые по составу самим рудным прослоям. В первых часто отмечается гематит, найден графит, установлено значительное количество золота; для вторых характерны «ураганые» содержания серебра. Эти обломки, возможно, являются продуктами эксплозий, синхронных с рудоотложением, в которые были вовлечены иные по составу, еще не вскрытые руды.

К дискуссии о генезисе руд 2-й Риддерской залежи. В работах В. С. Аксенова, К. Ф. Ермолаева, П. И. Хохлова (1973), В. В. Попова (1973) приведены факты, якобы опровергающие осадочный характер слоистых и обломковидных руд 2-й Риддерской залежи. Рассмотрим основные из них.

1. В составе залежи упомянутыми авторами выделяются наряду с наиболее распространенными послонными (слоистыми) также секущие и гнездовые руды. «Секущие» взаимоотношения послонных руд с породами недоказательны, так как иллюстрируют расщепление слоев по типу образования косоугольной слоистости, известной в любых осадочных породах, в том числе и в рудовмещающих алевропелитах (рис. 3).

Другой тип демонстрируемых пересечений — короткие поперечные просечки между слоями — были нами описаны ранее (Покровская, Ковриго, 1970). Они могли быть следствием проседания более тяжелого рудного материала в лежащий ниже слабо литифицированный глинистый осадок. Такие явления наблюдались нами на этой же залежи для слоев песчаников, проседающих в алевропелит,

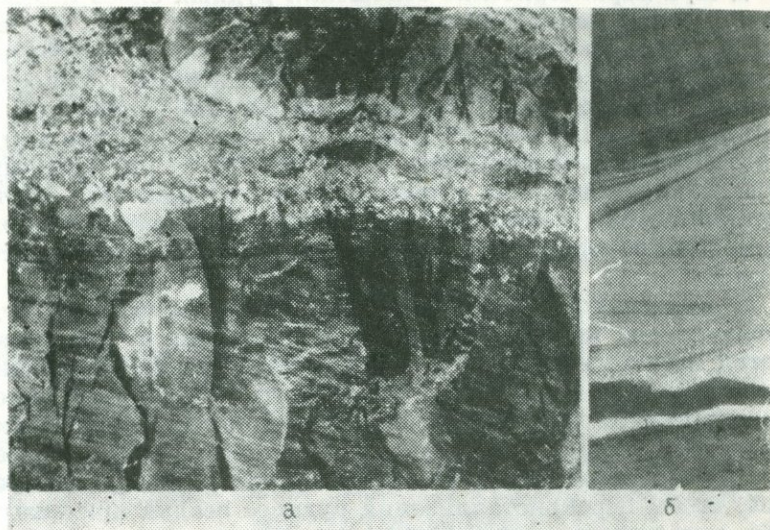


Рис. 3. Явления косої слоистости в рудах и породах. *а* — кажущиеся «секущие» взаимоотношения обломковидных руд (светло-серое) с алевропелитами (темно-серое) обусловлены наличием косої слоистости, которой обладают как породы, так и руды. Рудный прослой залегаєт согласно с подстилающим его алевропелитом и совместно с ним срезает слои в нижележащей алевропелитовой пачке. Ув. 5. 2-я Риддерская залежь, горизонт 14, камера 4/5, орт 016; *б* — аналогичные взаимоотношения слоев в косослоистом известковистом алевропелите (светло-серое). Темно-серое — углистый алевропелит. Нат. вел. Сквжина 1796, глубина 65,5 м.

2. Гнездовые руды представляют собой не что иное, как описанные выше обломковидные. Рудные обособления в них — не гнезда, а угловато-округленные обломки, окруженные иногда оторочками регенерированных халькопирита, кварца и фенгита. Против метасоматического способа образования рудных обособлений свидетельствуют их разнородный состав, срезание зональности и полосчатости в них краями обломков.

3. На 2-й Риддерской залежи очень редко встречаются прослой симметрично-зонального строения, которое объясняется упомянутыми авторами отложением минералов в послынных трещинах. «Зональность» ограничена обычно узкой каймой халькопирита или фенгита на границе рудного прослоя с породой и может быть объяснена переотложением при уплотнении осадка в этой ослабленной области контакта наиболее подвижных при метаморфизме минералов.

4. При характеристике отношения рудных слоев к отложениям типа конкреций (а по нашим данным, это и есть конкреции) указывается на пересечение рудными слоями этих стяжений с одновременным уменьшением мощности слоев. Следует отметить, что продолжение слоистости в конкрецию и огибание последней слоями, описанное нами ранее (Ковриго, Покровская, 1975), являются признаками образования конкреции в стадию раннего диагенеза (Ботвинкина, 1962). Уменьшение же мощности слоев внутри конкреции закономерно, так как она растет за счет самого осадка.

5. Внутри горизонтов слоистых и обломковидных руд алевропелиты нередко замещаются сульфидами, что трактуется названными авторами как довод в пользу наложенного характера оруденения. Способность сульфидов к перекристаллизации с преобразованием метаколлоидных структур в зернистые, вкрапленно-прожилковые, петельчатые, интерстициальные и другие общеизвестна. Трудно допустить, чтобы перекристаллизация рудного осадка при диагенезе, эпигенезе и метаморфизме не привела к его преобразованию, и, наоборот, сохранение признаков синхронного отложения сульфидов и породообразующих минералов надо считать исключением.

6. Изучение пространственного распределения урана в рудах и породах методом осколковой радиографии (Трофимова, Покровская, Сыромятников, 1975) подтвердило синхронность отложения слоистых полиметаллических руд с породами. В рудных и породных слоях уран распределен равномерно, что свидетельствует о близких условиях отложения руды и породы. Иная картина фиксируется в случае наложенного характера рудной минерализации. В прожилковой полиметаллической руде Тишинского месторождения основная масса урана приурочена к рудному прожилку (в прожилке урана в 5—10 раз больше, чем в породе).

7. Фактов, свидетельствующих о приуроченности рудных слоев к согласным послойным тектоническим нарушениям, практически не приводится, так как их нет, и трудно представить образование параллельных послойных нарушений протяженностью в сотни метров, в которых отложились рудные тела миллиметровой или сантиметровой мощности. Наличие коротких просечек между слоями руд можно объяснить попаданием рудного материала в сингенетичные с осадками трещины. Несовпадение мощности прослоев, прилегающих к тектоническим трещинам, усложнение структуры рудных тел везде связано с пострудной тектоникой, которая наиболее интенсивно проявилась в области примы-

кания описываемых руд к структурам Основной Риддерской залежи.

Таким образом, данные, приведенные В. С. Аксеновым, К. Ф. Ермолаевым, П. И. Хохловым (1973) и В. В. Поповым (1973), трактуются неоднозначно и не могут опровергнуть представлений о седиментном способе накопления руд 2-й Риддерской залежи.

УДК 553.44+553.065(574.42)

УСЛОВИЯ ЗАЛЕГАНИЯ И ВОПРОСЫ ГЕНЕЗИСА ПОСЛОЙНЫХ КОЛЧЕДАННО-ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ РУД 2-Й РИДДЕРСКОЙ ЗАЛЕЖИ РИДДЕР-СОКОЛЬНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

П. И. ХОХЛОВ, В. С. АКСЕНОВ

Вторая Риддерская залежь Риддер-Сокольного месторождения располагается в алевропелитах эйфеля (крюковская свита). Она размещается в висячем боку крупной разрывной структуры — сбросо-сдвига 50—53, падающего на запад под углами 60—70°. Форма залежи пластообразная. Падение ее пологое, на юго-запад, длина по простиранию и падению — несколько сотен метров, мощность достигает 20 м.

В залежи широко развиты послойные колчеданно-полиметаллические (халькопирит-пирит-галенит-сфалеритовые) тела, представленные многочисленными маломощными (до 15—16 см) согласными рудными полосами (в объеме это пластины) и единичными более мощными (1—4 м, иногда более) согласными залежами. Рудные тела перемежаются в разрезе алевропелитами.

Вопрос о генезисе рассматриваемых руд является дискуссионным. Одни исследователи относят эти руды к вулканогенно-осадочным образованиям, сформировавшимся синхронно с вмещающими алевропелитами (Щерба, 1968, 1974 а, б; Покровская, Ковриго, 1970; Чепрасов и др., 1972; Яковлев, 1972; Щерба и др., 1973). Другие считают, что рудоотложение осуществлялось гидротермально-метасоматическим путем, и допускают значительную оторванность

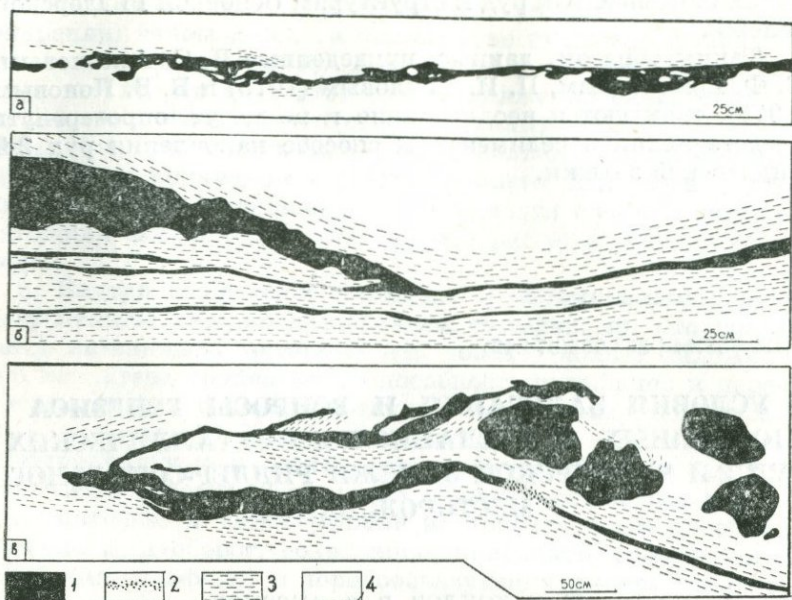


Рис. 1. Рудные тела 2-й Риддерской залежи (вертикальные разрезы). *а* — согласная рудная полоса со сложной конфигурацией контактов (сложена в основном гнездово-вкрапленными, менее сплошными и прожилково-вкрапленными полиметаллическими рудами; границы руды с алевропелитами как резкие, так и нечеткие); *б* — комбинарованное рудное тело, состоящее из согласной и секущей частей (представлено сплошными и гнездово-вкрапленными полиметаллическими рудами), и согласные рудные полосы сплошных полиметаллических руд со сравнительно ровными контактами; *в* — ветвящееся жильное тело (сложено сплошными и гнездово-вкрапленными полиметаллическими рудами); нижняя ветвь этого тела через сетчато-прожилковые и вкрапленные руды переходят в согласную рудную полосу сплошных и гнездово-вкрапленных полиметаллических руд (правая часть рисунка). 1 — сплошные, гнездово-вкрапленные, реже прожилково-вкрапленные полиметаллические руды; 2 — вкрапленные и сетчато-прожилковые полиметаллические руды; 3—4 — алевропелиты: 3 — отчетливо слоистые, 4 — скрытослоистые.

оруденения во времени от седиментного накопления рудовмещающей толщи (Попов, 1973, 1975 и др.).

Согласные рудные полосы. В ходе изучения согласных рудных полос были выявлены следующие особенности их морфологии и внутреннего строения. На отдельных участках этих рудных тел, залегающих в целом согласно и имеющих значительную протяженность вдоль слоистости во всех направлениях (часто на десятки метров) при сравнительно небольшой и нередко довольно выдержанной мощности,

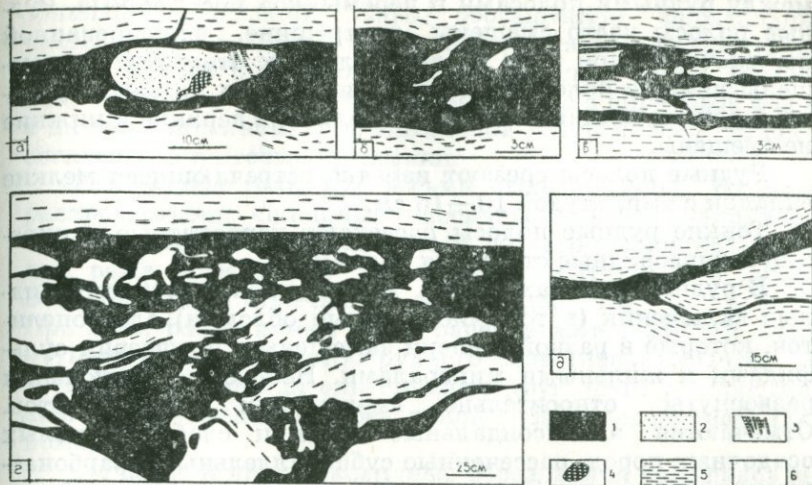


Рис. 2. Характер соотношения рудных тел 2-й Риддерской залежи с вмещающими породами (вертикальные разрезы). *а* — согласная рудная полоса с апофизой в висячем боку и с включением оруденелых осадочных пород (это включение рассечено карбонатными прожилками); *б* — согласная рудная полоса с включениями алевропелитов; *в* — согласные рудные полосы, соединенные между собой перемычкой того же состава; *г* — комбинированное рудное тело, содержащее развернутые блоки алевропелитов (верхняя граница тела резкая, нижняя — часто нечеткая; границы руды с включениями алевропелитов преимущественно нечеткие); *д* — разветвляющееся комбинированное тело. 1 — сплошные и гнездово-вкрапленные полиметаллические руды; 2 — оруденелые осадочные породы; 3 — карбонатные прожилки, рассекающие оруденелые осадочные породы внутри рудной полосы; 4 — карбонатные гнезда в оруденелых осадочных породах внутри рудной полосы; 5—6 — алевропелиты: 5 — отчетливо слоистые, 6 — скрытослоистые.

наблюдаются секущие контакты, срезающие слоистость. Отмечаются резкие изменения мощности (раздувы и пережимы), разветвления и выклинивания. Некоторые рудные полосы обладают весьма сложной морфологией (рис. 1, *а*).

Как в подошве, так и в кровле рудных полос имеются небольшие выступы, а также апофизы, направленные под разными углами к слоистости вмещающих алевропелитов (рис. 2, *а*). И наоборот, наблюдаются узкие выступы алевропелитов, входящие в рудную полосу на несколько сантиметров, причем они бывают S-образно изогнуты и развернуты относительно контакта рудного тела (рис. 2, *б*).

Обнаружены сульфидные перемычки, соединяющие от двух до пяти соседних рудных полос (рис. 2, *в*). Переходы

между рудными полосами и перемычкой постепенные. Рудные полосы часто смещены по трещине, фиксированной перемычкой. При этом в одних случаях относительно смещены нижние полосы, а верхние находятся на одном уровне, в других случаях сдвинуты средние, а верхние и нижние не смещены.

Рудные полосы срезают изредка встречающиеся мелкие складки с амплитудой 10—15 см.

Тонкие рудные полосы рассекают карбонатные конкреции и линзовидные стяжения доломита.

В рудных полосах порой многочисленны обломковидные включения (в том числе явные обломки) алевропелитов, которые в разной степени замещены с периферии сульфидами и жильными минералами. Некоторые включения развернуты относительно вмещающих алевропелитов. Отмечаются эллипсоидальные обломки слабооруденелых осадочных пород, рассеченные субпараллельными карбонатными прожилками. Эти прожилки достигают границ обломка и далее в руде не прослеживаются (рис. 2, а). Такие включения, по-видимому, представляют собой дорудные тектонические гальки («закатыши»).

Содержащаяся в рудных полосах фауна (членики криноидей, брахиоподы и кораллы) с периферии корродирована сульфидами.

Довольно часто встречаются симметрично-зональные полосы. Зональность в них обусловлена наличием узких халькопиритовых, редко пиритовых внешних зон (оторочек); кроме того, обнаружены полосы с существенно пиритовой осевой зоной. К симметрично-зональным образованиям принадлежат также сульфидные полосы с доломитовыми оторочками гребенчатого строения в призальбандовых зонах. Они представляют собой послонные прожилки, сформировавшиеся в открытых трещинах. Подобно обычным согласным рудным полосам осевые сульфидные зоны прожилков иногда соединяются между собой сульфидной перемычкой. В одном из прожилков, смещенном диагональной трещиной на расстояние порядка 1 см, доломитовые оторочки оказались разорванными и смещенными, а сульфидная зона на этом участке делает флексуобразный изгиб без разрыва сплошности. В данном случае, по-видимому, зафиксирована такая последовательность событий: возникновение открытой трещины, отложение на ее стенках гребенчатых агрегатов доломита, смещение их по диагональной трещине, наконец, выполнение осевой полости трещины сульфидами.

В некоторых рудных полосах установлена продольная

зональность со значительным обогащением фронтальных частей пиритом. В них вверх по восстанию полиметаллическая полоса с халькопиритовой внешней зоной (оторочкой) сменяется такой же полосой, но уже с пиритовой зоной, а на выклинивании, во фронтальной части полосы, развиты согласные пиритовые прожилки.

Текстурные типы руд весьма разнообразны. Наиболее распространены сплошные массивные, гнездово-вкрапленные, прожилково-вкрапленные и сетчато-прожилковые руды; реже встречаются полосчатые, пятнистые и другие. В одной полосе отмечаются обычно два типа руд и более. При этом разнотипные руды располагаются зонами, вытянутыми вдоль контактов рудного тела (насчитывается до четырех зон), иногда они сменяют друг друга по простиранию или размещаются без какой-либо определенной закономерности.

Сетчатые и прожилковидные образования сульфидов широко распространены внутри рудных полос и в их висячем боку. При этом иногда отчетливо заметна приуроченность сульфидных прожилков к трещинам в алевропелитах. В богатых сетчато-прожилковых рудах сульфиды как бы цементируют обломки этих пород.

В гнездово-вкрапленных рудах сульфидные вкрапленники и гнезда часто окружены каемкой из радиально ориентированных чешуек серицита и хлорита. В них нередко имеется узкая халькопиритовая, иногда пиритовая оторочка. Гнездово-вкрапленные руды залегают, как правило, в нижних зонах рудных полос, под сплошными массивными и другими рудами. В этом и в некоторых других отношениях они сходны с метасоматическими вкрапленными рудами, известными на многих месторождениях Рудного Алтая, в том числе и на Риддер-Сокольном.

Под микроскопом установлено широкое развитие метасоматических петельчатых и сетчатых структур замещения алевропелитов и жильных минералов (доломита, кварца) сульфидами, а также большое разнообразие структур замещения между сульфидами.

Внутри рудных полос нередко обнаруживаются диагональные или S-образные структуры типа S-образных трещин послынного сдвига. Они создаются ориентированным расположением мелких удлиненных сульфидных вкрапленников и гнезд, реже удлиненными включениями алевропелитов, а также выступами вмещающих пород, входящими в руду (рис. 2, б).

Околорудные изменения в целом выражены слабо и не всегда заметны, особенно макроскопически. Они обычно

выражаются в виде карбонатизации (главным образом, доломитизации), в меньшей мере серицитизации, хлоритизации и окварцевания. Доломитизация охватила преимущественно наиболее крупнозернистые и наиболее пористые породы (прослой алевропесчаников) и значительно слабее — прилегающие алевропелиты. Она характерна также для зон послонных тектонических нарушений. Серицитизация и хлоритизация проявились внутри рудных полос и вокруг рассеянных вкраплений сульфидов. Окварцевание распространено локально.

Согласные залежи. В результате изучения согласных рудных залежей выделены два основных типа. Одни залежи аналогичны описанным согласным рудным полосам и отличаются от них лишь большим масштабом оруденения. Им в полной мере присущи многие из перечисленных особенностей рудных полос, в частности согласное со слоистостью залегание, более ровная и более резкая верхняя граница и обычно извилистая и нечеткая нижняя, преимущественное развитие в верхней зоне сплошных руд, а ниже — гнездово-вкрапленных, наличие в руде включений алевропелитов и т. д.

Залежи другого типа имеют извилисто-секущие контакты, сложены массивными и гнездово-вкрапленными рудами, содержат разноориентированные обломки алевропелитов, в том числе окварцованных и хлоритизированных, и представляют собой явно эпигенетические образования.

Комбинированные тела. Наряду с рассмотренными согласными телами нами установлены комбинированные (частью согласные, частью секущие) рудные тела, т. е. тела с элементами и согласного, и секущего характера. По морфологии они довольно разнообразны. В одних телах согласные части по простиранию постепенно переходят в секущие (рис. 1, б). Согласные части их относительно маломощные (от 2,5—3,5 до 10 см) и ничем не отличаются от обычных согласных рудных полос, а секущие имеют значительно большую мощность (до 30 см) и приурочены к диагональным разрывным нарушениям.

Для других комбинированных тел характерно сочетание согласных и секущих элементов на всем их протяжении (рис. 2, г). Верхняя граница их согласная, почти прямолинейная и резкая, а нижняя — извилисто-секущая и часто не вполне четкая. Внутри рудных тел содержатся развернутые блоки алевропелитов и встречаются секущие сульфидные жилы. Отмеченные особенности свидетельствуют об эпигенетической природе оруденения и о локализации его в зоне послонного тектонического нарушения. Заслуживает

внимания одинаковое строение верхних зон рассматриваемых тел и согласных рудных полос.

Наконец, было обнаружено разветвляющееся комбинированное тело, состоящее из двух ветвей (рис. 2, *д*). Одна, главная, ветвь мощностью 5—8 см разграничивает развернутые блоки алевропелитов. Верхняя граница ее совпадает со слоистостью в лежащем выше блоке, а к нижней слою подстилающих пород подходит под углом около 40°. Другая ветвь, менее мощная (1—2 см), отходит от главной в лежащие ниже алевропелиты вдоль слоистости. Обе ветви по внутреннему строению аналогичны согласным рудным полосам, и в то же время эпигенетический характер руд, как и для других комбинированных тел, вполне очевиден.

Секущие тела. Во 2-й Риддерской залежи установлены также секущие жильные тела. Среди них выделено несколько типов: поперечные и диагональные прожилки, ветвящиеся (древовидные) и другие более сложные по морфологии жильные образования. Прожилки залегают в алевропелитах между согласными рудными полосами, сложены сплошными массивными рудами и обладают небольшими размерами: длина — первые десятки сантиметров, ширина — миллиметры.

Ветвящиеся жильные тела приурочены к зонам послейных нарушений и в целом вытянуты вдоль них, но при этом являются отчетливо секущими — отдельные ветви разделяют развернутые блоки алевропелитов (рис. 1, *е*). Протяженность тел свыше 3 м. Мощность отдельных ветвей достигает 20 см. Руды в основном богатые, гнездово-вкрапленные, часто переходящие в сплошные, иногда в сетчато-прожилковые.

В ходе сравнительного изучения всех рассмотренных рудных тел (согласных, комбинированных и секущих) получены следующие результаты:

1. По составу и текстурно-структурным особенностям слагающие их руды не обнаруживают существенных, а тем более принципиальных различий. Все они имеют полиминеральный (сфалерит, галенит, пирит, халькопирит, блеклая руда и др.) и полиэлементный (Zn, Pb, Cu, Fe, S, Ag, Au, As, Sb, Bi, Tl и др.) состав и одинаковый набор текстурных и структурных типов.

2. У согласных рудных тел, с одной стороны, и комбинированных и секущих — с другой, много общих черт во внутреннем строении, в морфологии отдельных зон или частей и в соотношении с вмещающими породами, на что уже обращалось внимание.

Очень важным является наличие прямых переходов

согласных рудных полос в секущие, явно эпигенетические тела. Такие переходы наблюдаются в тех случаях, когда рудные полосы заходят в зоны тектонических нарушений. При этом на участке сопряжения согласного и секущего тел характер оруденения может несколько меняться (сплошные руды сменяются вкрапленными, возрастает количество пирита и т. д.), но эти изменения лишь отражают зональность рудоотложения. Нами, в частности, установлен переход обычной согласной рудной полосы в главную ветвь ветвящегося (древовидного) жильного тела (рис. 1, в). Отмечаются и другие аналогичные переходы. К этой же категории относятся переходы между согласными и секущими частями некоторых комбинированных тел (рис. 1, б).

В заключение следует остановиться на известных данных по изотопам свинца (Шилов и др., 1971) и серы (Авдонин и др., 1972).

Л. И. Шилов с соавт. (1971) на основании изотопного анализа выявили идентичность свинца послых руд 2-й Риддерской залежи и массивных гидротермально-метасоматических полиметаллических руд других залежей месторождения, а также его тождественность (в пределах ошибки эксперимента) со свинцом жильных медно-цинковых руд и сульфидной вкрапленности анкерит-кварцевых жил. Исходя из этого они сделали вывод о едином источнике свинца для всех перечисленных руд.

В. В. Авдонин и др. (1972) показали, что послых руды 2-й Риддерской залежи по изотопному составу серы не отличаются от массивных гидротермально-метасоматических руд других залежей месторождения. Эти исследователи предполагают наличие общего глубинного источника серы при формировании всех руд Риддер-Сокольного месторождения, в том числе и рассмотренных послых.

Таким образом, во 2-й Риддерской залежи установлены разнообразные по морфологии рудные тела, начиная с согласных и кончая отчетливо секущими; промежуточным (связующим) звеном являются комбинированные образования. Пространственно все они сближены, иногда дают взаимные переходы. Секущие, комбинированные и некоторые согласные тела явно приурочены к зонам нарушений секущего или послых характера. Внутреннее строение рудных тел разных морфологических типов имеет аналогичные черты. По минеральному и химическому составу, текстурно-структурным особенностям слагающие их руды подобны друг другу и метасоматическим рудам других месторождений Рудного Алтая и остальных залежей Риддер-Сокольного месторождения. С последними их сближает также идентич-

ность изотопного состава свинца (Шилов и др., 1971) и серы (Авдонин и др., 1972).

На основании изложенного наиболее вероятным представляется вывод о том, что колчеданно-полиметаллические руды 2-й Риддерской залежи эпигенетичны по отношению к вмещающим алевропелитам, т. е. наложены на них. Накоплению руд, по-видимому, предшествовали литификация, а затем деформации алевропелитов. В результате деформаций возникли послойные срывы, диагональные и поперечные нарушения, которые наряду с прослоями повышенной пористости сыграли важную роль в локализации оруденения. Сингенетическими, возможно, являются лишь некоторые пириты.

Относительно слабое проявление окolorудных изменений вмещающих пород на участке 2-й Риддерской залежи можно объяснить однотипным химизмом рудоносных растворов и боковых пород. Отложение карбонатов на протяжении всего рудного этапа, наличие среди жильных минералов альбита, а также хорошая сохранность в руде остатков фауны, выполненных кальцитом, свидетельствуют, по всей вероятности, о щелочном характере рудообразующих гидротерм.

УДК 553.44:553.061.12(574.42)

СТАНОВЛЕНИЕ БЕЛОУБИНСКОГО ГРАНИТНОГО МАССИВА И ЕГО ВОЗДЕЙСТВИЕ НА РУДЫ ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Ю. И. ДЕМИН

Важнейшей специфической чертой рудных полей восточной части Лениногорского района является близкое соседство расположенных здесь рудных объектов с крупным Белоубинским массивом гранитов пермского калбинского комплекса. Многие из них находятся в зоне ороговикования интрузива или вблизи нее. В ходе изучения отдельных месторождений была выявлена существенная роль Белоубинского массива в их формировании (Демин, Ловчук, 1971). Особое значение имела динамика его становления.

Краткая геологическая характеристика и динамика становления Белоубинского массива

Белоубинский массив прорывает ядерную часть Холзунского антиклинория, сложенного среднедевонскими породами холзунской, успенской и большереченской свит. Холзунская и большереченская свиты представлены осадочными породами, в успенской свите преобладают вулканиты кислого состава. На поверхности современного эрозионного среза ширина интрузива достигает почти 19 км при длине по простиранию до 45 км. По данным изучения прототектонических элементов гранитов и результатам геофизических исследований юго-западный и северо-восточный контакты массива

Температурные и теплофизические характеристики пород

Порода	Теплопроводность $\lambda, \times 10^{-3}$	Теплоемкость c	Плотность ρ	Начальная температура $T_{нач}$, град.
Протерозойские метаморфические сланцы	4,15	0,273	2,74	150
Метаморфические породы нижнего палеозоя	6,2	0,200	2,76	150
Кембрийские вулканогенные породы основного состава	5,55	0,285	2,80	150
Среднедевонские вулканогенные породы среднего состава	5,5	0,280	2,85	150
Среднедевонские породы кислого состава	4,8	0,180	2,67	150
Средне - верхнедевонские осадочные породы	4,15	0,185	2,43	150
Позднедевонско - раннекаменноугольные габбро-диабазы	5,5	0,290	2,85	150
Граниты змеиногорского комплекса	5,3	0,230	2,71	150
Крупнозернистые биотитовые граниты Белоубинского массива *	4,5	0,330	2,68	850
Мелкозернистые граниты Белоубинского массива **	4,5	0,330	2,68	850

* Для крупнозернистых биотитовых гранитов температура плавления $T_{пл} = 650^\circ$, функция тепловых источников $F = 60$.

** Для мелкозернистых гранитов $T_{пл} = 750^\circ$, $F = 65$.

круто (под углами 70—85°) погружаются на юго-запад, и он является плитообразным телом.

Белоубинский массив в основном сложен крупнозернистыми биотитовыми гранитами, по химическому составу относящимися к крайне кислым разностям, пересыщенным кремнекислотой и глиноземом. Им сопутствуют мелкозернистые биотитовые граниты, гранит-порфиры, аплиты и гранитные пегматиты. Микротермометрическими исследованиями установлен температурный интервал кристаллизации гранитного расплава, равный 800—640°. При этом большинство минералов выпадало из расплава в относительно узком интервале температур — 700—650°. Лишь мелкозернистые граниты, в которых ведущую роль играет плагиоклаз, закристаллизовались при температурах около 750°.

Исследование роговиков, обрамляющих массив, показало, что кондуктивный перенос тепла при их образовании преобладал над конвективным. Это наиболее четко фиксируется изменением декрептофонической активности породообразующих минералов роговиков, которая возрастает лишь в отдельных случаях непосредственно около контакта с гранитами, в остальной части ореола она остается на одном уровне.

Мелкозернистость роговиков и слабая обнаженность их на значительной части территории исключают проведение площадных температурных исследований. Помимо того, ни анализ парагенезисов, ни микротермометрические исследования не дают возможности проследить динамику полей температур. Поэтому была предпринята попытка реконструкции динамики кристаллизации и тепловых полей Белоубинского массива при помощи метода объемного моделирования процесса становления интрузива на ЭВМ (Демин, Красс, Яковлев, 1976). В качестве основной расчетной схемы при моделировании была использована геологическая схема северо-западной части Белоубинско-Маймырского синклинария (рис. 1). Моделирование с учетом факта ограниченной проработки вмещающих пород летучими осуществляется на базе численного решения дифференциального уравнения в частных производных:

$$c\rho \frac{\partial T}{\partial t} = \lambda \left(\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} \right) + F(x, y),$$

где c — теплоемкость; ρ — плотность; λ — теплопроводность; T — температура; t — время; F — функция источни-

* Здесь и далее температура дана в градусах Цельсия.

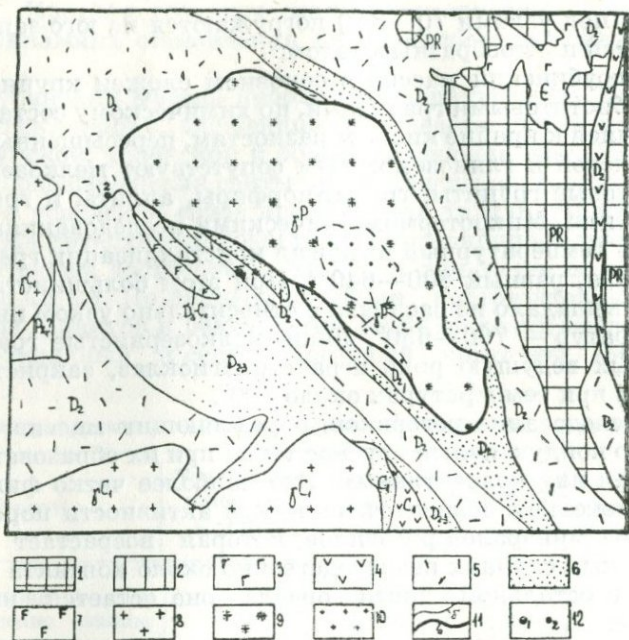


Рис. 1. Геологическая основа моделирования (геологическая схема района Белоубинского гранитного массива). 1 — протерозойские метаморфические сланцы; 2 — метаморфические породы нижнего палеозоя; 3 — кембрийские вулканогенные породы основного состава; 4 — среднедевонские вулканогенные породы среднего состава; 5 — среднедевонские породы кислого состава; 6 — средне-верхнедевонские осадочные породы; 7 — позднедевонско-раннекаменноугольные габбро-диабазы; 8 — граниты змеиногорского комплекса; 9 — крупнозернистые биотитовые граниты Белоубинского массива; 10 — мелкозернистые граниты Белоубинского массива; 11 — границы: а — Белоубинского массива, б — другие; 12 — месторождения и рудопроявления: 1 — Старковское, 2 — Стрежанское.

ков; x, y — пространственные координаты. Решения проводились при условии выполнения на границах расчетной области нулевых тепловых потоков (рис. 1). Температурные и теплофизические характеристики, принятые при расчетах, приведены в таблице. Вычисления проводились в НИВЦ МГУ на ЭВМ БЭСМ-6.

Динамика становления Белоубинского массива

Результаты экспериментов над моделью свидетельствуют о том, что процесс становления массива охватывал длительный промежуток времени. Например, температуры около

400°, фиксирующиеся постмагматическим минералообразованием, сохраняются в интрузиве около 12 млн. лет. Температуры порядка 300° удерживаются еще более длительное время (до 35—40 млн. лет). Этим, вероятно, объясняется значительный разброс цифр абсолютного возраста гранитов Белоубинского массива (225—270 млн. лет). Столь большая длительность становления массива делает правомочным принятое при моделировании допущение о его мгновенном внедрении.

В целом процесс кристаллизации интрузива занял более 7 млн. лет. На протяжении первого миллиона лет кристаллизация особенно интенсивно охватывает северо-западную часть массива, и граница области расплава располагается согласно контактам интрузива. Но позднее морфология границы, разделяющей расплав и затвердевшую часть интрузива, усложняется и граница чаще оказывается косо ориентированной к контактам массива. Вместе с тем на отрезке времени от 1,6 до 7,1 млн. лет от начала становления интрузива отмечается ориентированная в север-северо-западном направлении миграция области расплава. В связи с этим процесс кристаллизации завершается в северо-западной части массива.

Анализ результатов моделирования тепловых полей Белоубинского массива показал, что эволюция поля температур — весьма не равномерный процесс, направленность и скорость которого заметно менялись во времени. В первые два миллиона лет с момента внедрения максимальный тепловой поток был направлен на юго-восток, что было обусловлено существованием непосредственного контакта расплава с породами холзунской свиты, обладающей высокой теплопроводностью. Для этого отрезка времени характерны наибольшие скорости ($2,2 \times 10^{-5}$ км/год) миграции центра максимальных температур, смещавшегося в юго-восточном направлении. Позднее, в связи с кристаллизацией юго-восточной части массива, расплав оказался отделенным от холзунской свиты мощной коркой менее теплопроводных гранитов, что вызвало перемену направления перемещения центра максимальных температур с юго-восточного на север-северо-западное. Это направление оставалось генеральным в движении изотерм на всем протяжении становления массива. Скорость миграции центра максимальных температур замедлилась почти в пять раз. Таким образом, в развитии температурного поля Белоубинского массива намечаются два ясно выраженных эксцентриситета изотерм: юго-восточный и северо-западный. При изучении роговиков и моделировании особенно четко устанавливается вторая.

Воздействие Белоубинского массива на догранитные руды и условия формирования регенерированной минерализации

На ряде месторождений и рудопроявлений, находящихся в экзоконтакте Белоубинского гранитного массива, установлены рудные тела, образовавшиеся до его внедрения. О существовании догранитных рудных залежей свидетельствуют пересечения рудных тел дайками Белорецко-Маркакольского пояса ($D_3-C_1?$), контактово-термальное воздействие на слоисто-полосчатые руды Стрежанского месторождения субвулканических тел (D_{2-3}), а также метаморфизм руд, вызванный внедрением Белоубинского массива (Яковлев и др., 1975). Вместе с тем обнаружена полиметаллическая минерализация, накладывающаяся на догранитные руды и все рудовмещающие породы, включая роговики Белоубинского массива. Минеральная, геохимическая и температурная зональность полиметаллической минерализации по отношению к интрузивам, развитие ее лишь в областях достаточно интенсивного контактового воздействия и пространственная связь с догранитными рудами позволяют считать оруденение возникшим в результате регенерации догранитных руд (Демин, Брызгалова и др., 1976).

Различия в развитии теплового поля в разных частях экзоконтактовой зоны Белоубинского массива проявились в особенностях как догранитных, так и послегранитных руд. В первых это наиболее четко выражено в степени их метаморфизма и метаморфической переработки, а в регенерированных — в изменении минерального состава, в температурах формирования, контрастности и направленности, степени рассеяния оруденения.

Метаморфизм догранитных руд минераграфически фиксируется укрупнением зернистости руд, перекристаллизацией рудных минералов с образованием порфиробластов и крупнозернистых халькопирит-пиритовых, халькопирит-пирротин-пиритовых стяжений. На рудных объектах, изотермы температурного поля на которых достигали 500° , в метаморфизованных рудах присутствует магнетит. Увеличение степени метаморфизма руд при возрастании температурного воздействия количественно можно оценить по изменению физических свойств серноколчеданных руд. На Стрежанском месторождении, где температура составляла 250° , для руд характерны низкие значения скоростей продольных ($v_p = 5260$ м/с) и поперечных ($v_s = 3190$ м/с) волн, модулей сдвига ($J = 4,41$ кг/см²) и Юнга ($E = 10,88$ кг/см²). Руды Старковского месторождения, метаморфизм которых

проходил в интервале температур 300—350°, имеют значительно более высокие характеристики ($v_p = 6720$ м/с; $v_s = 4080$ м/с; $J = 7,4$ кг/см², $E = 17,8$ кг/см²). Максимальные величины упругих параметров руд установлены на Восточно-Старковском рудопроявлении ($v_p = 7120$ м/с; $v_s = 4360$ м/с; $J = 8,86$ кг/см²; $E = 21,1$ кг/см²), на территории которого температуры равнялись 400—480°. Параллельно с ростом степени метаморфизма уменьшаются размеры догритных рудных залежей, убывают содержания полиметаллических компонентов и увеличивается роль меди. Итак, происходит дифференцированное переотложение рудообразующих компонентов с концентрацией меди, молибдена, в меньшей степени цинка в более прогретых участках, тогда как свинец и барий выносятся в области пониженных температур.

Микротермометрические исследования показывают, что отложение регенерированной минерализации проходило в интервале температур 380—200°. Эволюция верхней температурной границы оруденения во времени была разнонаправленной (рис. 2). В первые стадии становления интрузива изотерма 380° несколько смещается в юго-восточном направлении, которое в последующем меняется на устойчивое северное, образуя резкий меридиональный эксцентриситет. В этом же направлении температурное поле обладает максимальными градиентами (до 3,5 град/м). Вероятно, с данной особенностью температурного поля связано широкое развитие здесь (Становая и Зеленковская зоны) рассеянной регенерированной минерализации. На рудных объектах, сформировавшихся в участках температурного поля с меньшими градиентами, рассеяние выражено слабее, а в областях с градиентами от 0,5—1,2 град/м преобладала концентрация рудообразующих компонентов. Наиболее благоприятными для рудотложения были области стабилизации температурного поля, расположенные рядом с областями высоких температурных градиентов.

Особенностями развития температурного поля объясняются закономерности зональности регенерированной минерализации, которая на участках однонаправленной эволюции температурного поля оказывается прямой: по мере удаления от контакта гранитов высокотемпературные парагенезисы сменяются среднетемпературными. На участках, где направление движения изотерм резко сменяется во времени, наблюдаются элементы обратной зональности.

* * *

Реконструкция эволюции температурного поля во времени позволяет объяснить факт слабого метаморфизма руд

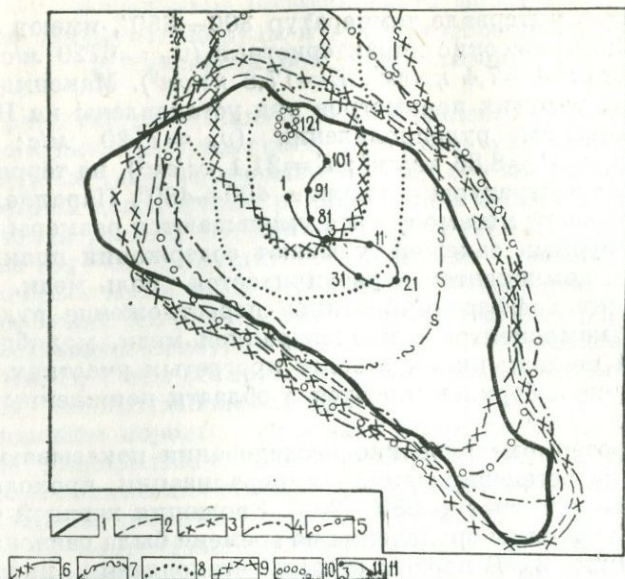


Рис. 2. Эволюция температурного поля Белоубинского гранитного массива. 1 — граница массива; 2—10 — положение изотермы 380° в разные моменты времени: 2 — 100 тыс. лет, 3 — 300 тыс. лет, 4 — 1,1 млн. лет, 5 — 2,1 млн. лет, 6 — 3,1 млн. лет, 7 — 8,1 млн. лет, 8 — 9,1 млн. лет, 9 — 10,1 млн. лет, 10 — 12,1 млн. лет; 11 — положение центра максимальных температур в различное время (ед. времени — 100 тыс. лет).

Стрежанского месторождения, которое расположено рядом с самой мощной частью Белоубинского массива. Моделирование показывает, что температуры выше 250° не достигали месторождения. Напротив, изотермы на протяжении всего периода становления массива отступали в восточном направлении подобно тому, как это происходило с изотермой 380° (рис. 2).

Изучение динамики становления Белоубинского массива свидетельствует о том, что интрузивные тела даже простой морфологии, расположенные в пестрых по петрофизическим характеристикам толщах пород или сложных структурах, порождают тепловые поля, приобретающие во времени четко выраженные эксцентриситеты в расположении изотерм. Динамика кристаллизации и тепловых полей оказывается весьма чувствительной к структурным элементам и литологическим особенностям участков, находящихся вдали от контактов интрузива. В связи с этим характер развития теплового поля в районе того или иного месторождения

часто определяется строением площадей, значительно удаленных от него. Поэтому для успешного проведения работ на генерированных рудных полях необходим системный анализ прилегающих территорий.

УДК 553.442:553.27

СТРУКТУРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ТИШИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Г. С. ДУРНЕВ

Вопросы условий формирования оруденения, последовательности рудного процесса, занимающие одно из центральных мест в дискуссии о генезисе месторождений колчеданно-полиметаллического типа, неразрывно связаны с изучением характера морфологии рудных тел, взаимосвязи ее с рудовмещающими структурами, а также с сопоставлением степени метаморфизма руд и вмещающих их пород.

Одной из важных особенностей Тишинского месторождения является наличие мощного ореола гидротермально-измененных пород вокруг рудных тел, наложенного на продукты эпигенетических преобразований догидротермального этапа, широко проявленного в Кедровско-Бутачихинской структурно-фациальной подзоне. Гидротермально-измененные породы на месторождении образуют зонально построенный асимметричный ореол, в контуры которого «вписаны» рудные тела. Мощность гидротермально-измененных пород в центральной части месторождения со стороны лежащего (северного) бока составляет около 300 м, а со стороны висячего (южного) — 50—60 м. Граница ореола гидротермальных изменений на юге более четкая, чем на севере, что объясняется различием физико-механических и химических особенностей пород ильинской ($D_{2e_{il}}$) и сокольской ($D_{2e_{sk}}$) свит зйфельского яруса, слагающих данные части месторождения.

На основе многолетнего изучения Тишинского месторождения с учетом материалов В. В. Попова, Б. В. Манькова, Ю. Ф. Олейника, А. И. Каталенца, В. А. Верещагина и других исследователей нами получены следующие основные результаты.

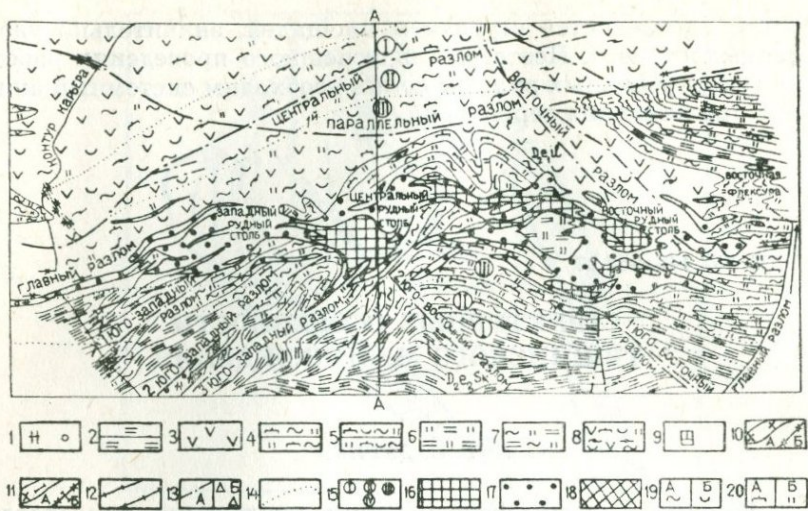


Рис. 1. Схематический геологический план одного из верхних горизонтов Тишинского месторождения. 1 — липаритовые порфиры; 2 — алевролиты и алевропелиты; 3 — андезит-базальтовые порфиры, их лавобрекчии и туфы; 4 — карбонат-серицит-кварцевые сланцы по тонкообломочным осадочным породам; 5 — карбонат-хлорит-серицит-кварцевые сланцы по тонкообломочным осадочным породам; 6 — кварциты и микрокварциты; 7 — серицитовые кварциты и микрокварциты; 8 — карбонат-хлорит-серицит-кварцевые сланцы и породы по андезит-базальтовым порфиритам, их лавобрекчиям и туфам; 9 — крупнокристаллическая вкрапленность сфалерита, галенита и халькопирита; 10 — кварцевые жилы: масштабные (А), немасштабные (В); 11 — кварцево-карбонатные жилы: масштабные (А), немасштабные (В); 12 — ориентировка полосчатости; 13 — зоны тектонических нарушений (А), зоны брекчирования (В); 14 — границы структурно-тектонических зон; 15 — структурно-тектонические зоны; 16 — сплошные полиметаллические руды; 17 — прожилково-вкрапленные полиметаллические руды; 18 — серноколчеданные руды; 19 — серицитизация (А), хлоритизация (В); 20 — карбонатизация (А), окварцевание (В).

По своим структурным особенностям Тишинское месторождение является примером сочетания структур закрытого и сквозного типа. Первые представляют собой серию пликативных, вторые — дизъюнктивных структур, тесно связанных между собой (рис. 1). Важнейшими структурами закрытого типа являются Западная центриклиналь, ряд изоклинальных, флексуно- и петлеобразных складок и Восточная флексура, которые осложняют общее субширотное простирание литологических комплексов месторождения. Погружение осей их крутое, близкое к вертикальному, за исключением петлеобразной складки в центральной части Главного рудного тела, которая ограничивает распростране-

ние оруденения Центрального рудного столба по восстанию (рис. 2). Погружение ее оси меняется от крутого, почти вертикального, до пологого.

Важнейшие структуры сквозного типа — Главный, Центральный, Восточный, 1-й и 2-й параллельные разломы, а также серия более мелких разломов юго-восточного и юго-западного простирания. Падение их крутое, почти вертикальное, с небольшими локальными отклонениями.

Относительно зоны Главного разлома и, следовательно, относительно пространственно приуроченного к нему Главного рудного тела отмечается определенного рода симметричная структурно-тектоническая зональность. Выделяются четыре зоны (рис. 1, 2): I — внешняя зона рассланцованных пород с плоскопараллельной ориентировкой сланцеватости; II — зона интенсивного развития микроскладчатости; III — зона клиновидно-блокового строения, характеризующаяся чрезвычайно сложным строением и состоящая из множества различных по размерам и форме блоков — клиньев, разделенных тектоническими трещинами (рис. 3, а); IV — зона дробления мощностью от нескольких десятков метров до первых десятков сантиметров. Данная зона является осевой частью выявленной структурно-тектонической зональности.

Рассмотрим вопрос о морфологии рудных тел. На Тишинском месторождении выделяются Основная рудная залежь, в которой сосредоточена главная масса полиметаллов, и Северо-Западная, представленная серией маломощных жильных тел небольшой протяженности. Основная рудная залежь состоит из Главного рудного тела и серии мелких параллельных тел. Падение рудных тел крутое, почти вертикальное. В плане Главное рудное тело имеет сложную жиллообразную форму с раздувами — рудными столбами,

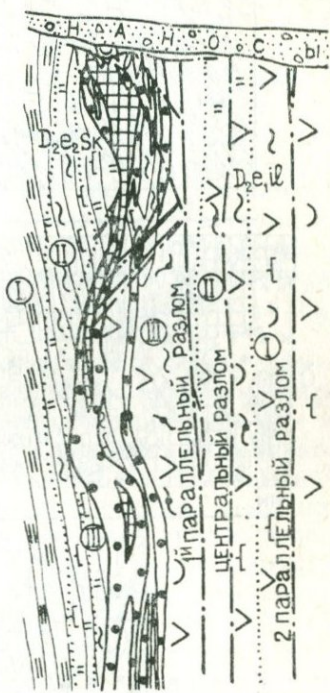


Рис. 2. Геологический разрез по линии А—А. Условные обозначения те же, что и на рисунке 1.

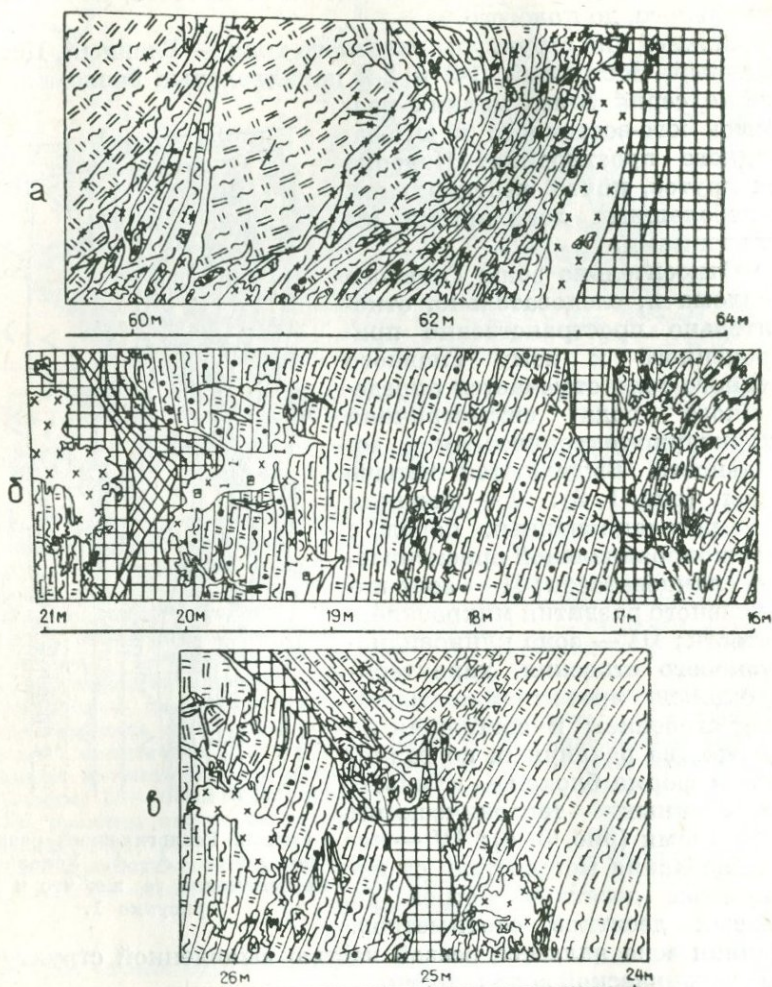


Рис. 3. Взаимоотношения рудных тел с вмещающими породами. *а* — зона клиновидно-блокового строения при ненарушенном контакте с полосчатыми сплошными полиметаллическими рудами, горизонт 5, орт 33; *б* — локальные проявления метаморфизма руд, в интервале 20—21 м виден небольшой изгиб сплошных полиметаллических руд с уничтожением полосчатости, горизонт 6, орт 35; *в* — взаимоотношение сплошных полиметаллических руд с небольшой складкой, горизонт 5, камера 9/3. Условные обозначения те же, что и на рисунке 1.

чередующимися с резкими пережимами. Выделяются три рудных столба: Западный, Центральный и Восточный (рис. 1). В процессе детальных исследований нами установлено, что сложность морфологии рудных тел и отдельных рудных столбов обусловлена сочетанием конкретных пликативных и дизъюнктивных структур. Западный рудный столб вписывается в серию изоклинальных складок, которые разбиты системой трещин скола и отрыва. Морфология Центрального рудного столба зависит от поведения сложной петлеобразной складки в сочетании с пересекающими ее Главным разломом и разломами юго-западного простирания. Морфология Восточного рудного столба определена конфигурацией серии складок, осложняющих Восточную флексуру в сочетании с Главным разломом и разломами юго-восточного простирания (рис. 1, 3, в). В соответствии с характером рудоконтролирующих сквозных структур от рудных столбов отходят жилообразные апофизы юго-западного, юго-восточного и субширотного простирания.

Кроме отмеченных крупных рудоконтролирующих структур закрытого и сквозного типов выделяется ряд элементарных мелких структур, способствующих образованию зон и участков прожилкового, прожилково-вкрапленного и вкрапленного оруденения. К данным структурам относятся участки повышенного и интенсивного рассланцевания, различно сочетающиеся с трещинами скола и отрыва, участки развития микроскладчатости и сочетания ее с трещинами скола, трещины надвигового типа и участки взаимно пересекающихся трещин в блоках жестких пород. Прожилки полиметаллического состава «приспосабливаются» к этому сложному тектоническому каркасу. Рудные тела и отдельные рудные прожилки по отношению к сланцеватости являются более поздними образованиями, характеризуюсь секущими контактами и выполняя трещины сланцеватости, сочетание трещин сланцеватости и скола, полости отслоения седловидной формы и взаимно пересекающиеся трещины в кварцитах и серицито-кварцевых породах. В результате проведенных микроструктурных исследований участков сплошных полиметаллических руд, контролируемых складчатыми формами, установлено, что ориентировка плоскостей двойникования в сфалерите в различных частях на крыльях и в замке складок относительно контактов и полосчатости выражена слабо. Какой-либо закономерной ориентировки двойниковых швов относительно главного направления дислокации не наблюдается. Очевидно, в данном случае пространственная ориентировка двойников сфалерита может считаться ориентировкой роста при кристаллизации, а не результатом

метаморфизма. Аналогична ориентировка осей кварца, сингенетичного с исследуемым сфалеритом. Никаких закономерностей в ориентировке оптических осей кварца относительно главного направления дислокаций не выявлено, а отмечается заметная зависимость пространственной их ориентировки от положения полости отслоения.

Анализ полученного материала не подтверждает положения о доскладчатом характере образования оруденения Тишинского месторождения. Внутри сложной структурной «постройки» Тишинского месторождения оруденение контролируется как пликативными, так и дизъюнктивными структурами. Основная масса сплошных полиметаллических руд приурочена к зоне Главного разлома, имеющего резко секущее положение по отношению ко всем пликативным структурам. Формирование рудных столбов обусловлено комбинацией пликативных и дизъюнктивных рудоконтролирующих структур. Залегая среди тектонитов, сами руды тектонитами не являются. Метаморфизм руд характеризует лишь тектонические подвижки (их время и интенсивность) между стадиями рудного процесса. После завершения полиметаллической стадии отмечаются локальные проявления метаморфизма, выраженные в небольших изгибах рудных тел (рис. 3, б) с образованием регенерированных жил кварцево-карбонатного состава с крупнокристаллическим сфалеритом, галенитом и халькопиритом. Ранее существовавшая полосчатость в сплошных рудах уничтожается. Это свидетельствует о том, что полосчатость не является результатом метаморфизма. В отдельных участках отмечаются локальные проявления дробления и расланцевания руд. Однако, очевидно, что сколько-нибудь заметного влияния метаморфизм руд на формирование современной морфологии рудных тел не оказал.

Учет всех выявленных структурных особенностей при дальнейшей разведке Тишинского месторождения, по нашему мнению, будет способствовать более рациональному размещению скважин и горных выработок.

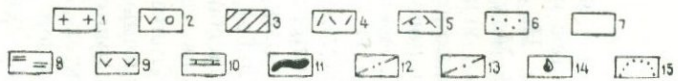
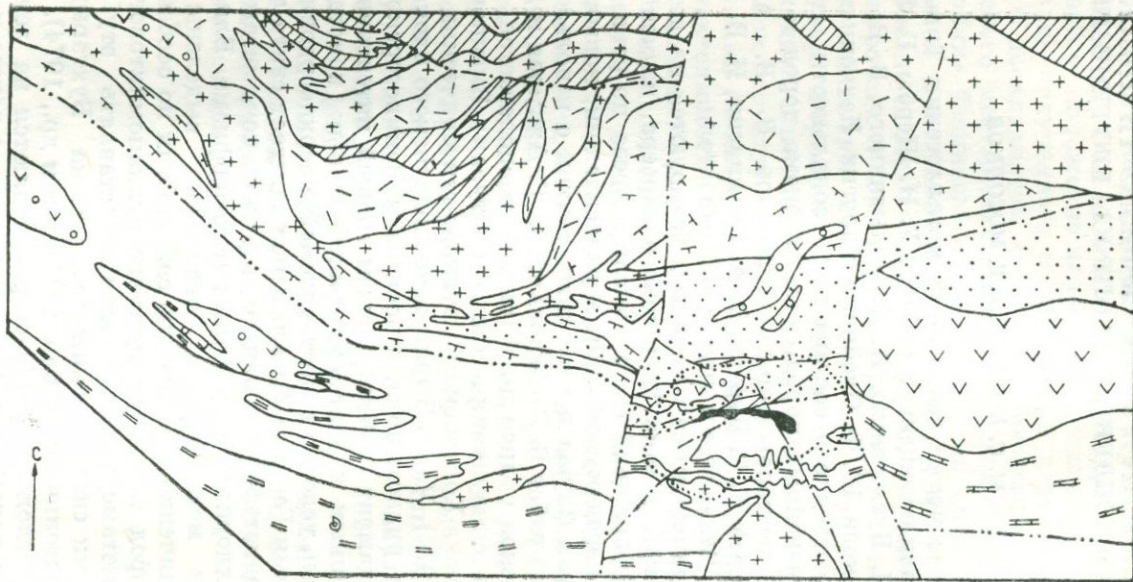
НОВЫЕ ДАННЫЕ ПО ГЕОЛОГИИ И МЕТАМОРФИЗМУ ТИШИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ И ВОПРОСЫ ЕГО ГЕНЕЗИСА

М. С. КОЗЛОВ, В. Т. МОСОЛКОВ

Основные черты геологии и металлогении Тишинского рудного поля освещены в работах Г. Н. Щербы, Г. Ф. Яковлева, Н. Л. Бубличенко, И. Я. Польшанного, В. В. Попова, В. В. Манькова, Ю. Ф. Олейника и других. Изучением структуры, вещественного состава руд, зональности гидротермально-измененных пород, метаморфизма пород и руд Тишинского месторождения занимались В. В. Авдонин, Д. Г. Ажгирей, Г. С. Дурнев, В. А. Верещагин, И. В. Покровская, В. Б. Чекваидзе и другие исследователи.

Изложенные ниже материалы базируются на детальной геологической съемке Тишинского карьера, изучении естественных обнажений (в том числе разреза по рекам Тихая и Ульба), передокументации керна скважин, новых сборах и пересборах фауны в известных точках с использованием результатов работ В. В. Авдонина, Д. Г. Ажгирея и других.

Тишинское рудное поле (рис. 1) располагается в двух различных синвулканических структурах: Змеиногорском и Зырянско-Холзунском вулcano-тектонических блоках (Козлов, 1974). Часть Зырянско-Холзунского блока, находящаяся в рудном поле, относится к Лениногорскому грабену. Фундамент грабена сложен толщей интенсивно метаморфизованных хлорит-эпидот-карбонатных кристаллических сланцев, условно сопоставляемой с верхнеордовикскими отложениями Горного Алтая. Выше залегает свита зеленых неизвестковистых алевролитов и песчаников, метаморфизованная в хлоритовой субфации метаморфизма. Близкие по составу и метаморфизму отложения выделены ранее Н. Л. Бубличенко в заводскую свиту. Судя по особенностям состава пород свиты (присутствие вулканомиктового материала) и метаморфизма, можно сопоставлять эту свиту с отложениями силура — нижнего девона Бухтарминского вулcano-тектонического блока (Козлов и др., 1974). Среднедевонские отложения района расчленяются на лениногорскую, крюковскую свиты верхнего эмса, а также на ильинскую и сокольную свиты эйфельского яруса. Лениногорская свита подразделяется на две толщи. Нижняя толща, в осно-



вании которой располагается горизонт алевролитов с прослоями гравелитов и конгломератов, сложена лавами, грубо-обломочными и глыбовыми туфами альбитизированных кварцево-полевошпатовых и полевошпатовых липаритовых порфиров с прослоями вулканомиктовых гравелитов, песчаников и алевролитов. Верхняя толща представлена ритмично чередующимися вулканомиктовыми конгломератами, песчаниками и алевролитами. В составе обломочного материала наряду с липаритовыми порфирами в подчиненном количестве присутствуют андезитовые порфиры. В крюковской свите основную роль играют алевролиты, преобладающие в нижней части свиты, и песчаники, слагающие ее верхнюю часть. Важной особенностью свиты является присутствие кремнистых алевролитов и песчаников, выполняющих горизонт мощностью около 100 м. Ильинская свита подразделяется на три толщи: нижнюю (смешанные туфы липаритовых и андезитовых порфиритов); среднюю (лавы, бомбовые и лапиллиевые туфы преимущественно андезитового состава) и верхнюю (туфы дацитовых и липаритовых порфиров, вулканомиктовые песчаники и гравелиты). В сокольской свите часто чередуются известняки и известковистые алевролиты, кверху известного разреза отдельные прослои пород становятся более мощными.

Часть Змеиногорского вулканотектонического блока, расположенная в рудном поле, представлена сравнительно пестрым литологическим комплексом, вмещающим Тишинское месторождение. Низы разреза сложены темно-серыми известковистыми алевролитами, содержащими подчиненные прослои мелкозернистых песчаников. Верхняя половина разреза состоит из известково-глинистых и углисто-глинистых алевролитов с линзами известняков, туфов, вулка-

Рис. 1. Схематическая геологическая карта Тишинского рудного поля (составили М. С. Козлов и Ф. Г. Давыдов с использованием материалов В. В. Авдониной, Д. Г. Ажгирея, Ю. Ф. Олейника и др.). 1—3 — среднедевонские интрузии экстрезивно-субвулканической фации: 1 — липаритовые порфиры, 2 — андезитовые порфиры, 3 — породы заводской свиты силурийско-нижнедевонского возраста (зеленокаменные песчаники и алевролиты); 4—8 — вулканогенно-осадочные комплексы верхнего эмса: 4—5 — лениногорская свита (4 — лавы и туфы липаритовых порфиров, 5 — туфы и вулканомиктовые породы), 6 — крюковская свита (песчаники и алевролиты), 7—8 — тишинская свита (7 — известковистые алевролиты, 8 — туфы липаритовых порфиров и вулканомиктовые породы); 9—10 — вулканогенно-осадочные комплексы эйфельского яруса: 9 — ильинская свита (лавы, туфы и вулканомиктовые породы андезитового и смешанного состава), 10 — сокольская свита (переслаивающиеся известковистые алевролиты и известняки); 11 — полиметаллические руды; 12 — Кедовско-Бутачихинский разрыв; 13 — прочие разрывы; 14 — местонахождение фауны; 15 — контур Тишинского карьера.

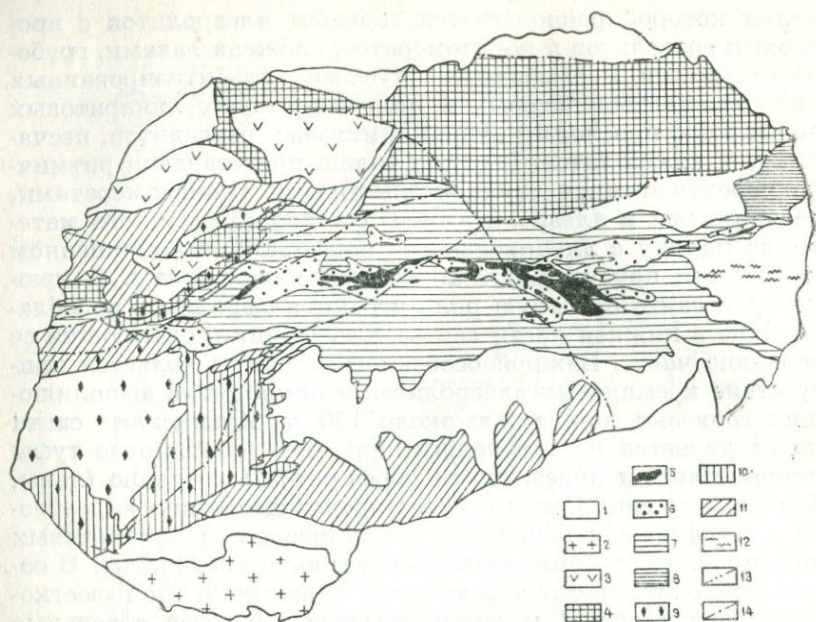


Рис. 2. Схематическая геологическая карта Тишинского карьера. 1 — умеренно измененные вулканогенно-осадочные породы верхнеэмского возраста; 2—3 — среднедевонские интрузии экструзивно-субвулканической фации: 2 — липаритовые порфиры, 3 — андезитовые порфириты; 4 — серицит-хлорит-пиритовый парагенезис I (среднедевонского) этапа; 5—11 — минеральные парагенезисы II (нижнекаменноугольного) этапа: 5 — полиметаллические руды, 6 — кварциты выщелачивания, 7 — кварц-серицит-доломитовые породы зоны умеренного выщелачивания, 8 — доломит-хлоритовые породы зоны отложения магнезия, 9 — анкеритизированные породы, 10 — серицитизированные породы, 11 — микроклиниты и псевдопорфиры зоны отложения калия; 12 — кварцево-жильные зоны; 13 — Кедровско-Бутачихинский разрыв; 14 — прочие разрывы.

номиктовых гравелитов, конгломератов и песчаников липаритового состава. Ранее эти отложения относили к успешной свите эйфельско-живетского возраста, параллелизуя их нижнюю часть с сокольной свитой. Однако собранный нами в 1974 г. комплекс табулят (*Thamnoporinae* sp., *Crassialveolites* sp., *Striatopora* sp., *Placocoenites* sp., *Coenites* sp., видов *Crassialveolites* cf. *crassus* (L e c.) и *Coenites* cf. *declivis* Weiss., рода cf. *Hillaepora*) позволил В. Н. Дубатолову, определявшему фауну, сделать вывод о злиховском (верхнеэмском или нижнеэйфельском) возрасте вмещающих отложений. Описанную толщу мы предлагаем назвать тишинской свитой. На основании этих данных можно сделать весьма важный вывод о близости возраста толщ, вмещаю-

сих месторождения Лениногорского рудного района Риддер-Сокольное и Тишинское.

Структуры. Главной структурой Тишинского рудного поля является Кедровско-Бутачихинский глубинный разлом, разграничивающий стратифицированные формации Змеиногорского и Зырянско-Холзунского вулканотектонических блоков (рис. 2). На современном эрозионном срезе глубинный разлом выражен системой разрывов, по одному из которых соприкасаются формации среднего девона Зырянско-Холзунского и Змеиногорского вулканотектонических блоков (за этим разрывом следует, по-видимому, сохранить название Кедровско-Бутачихинский). Система разрывов Кедровско-Бутачихинской зоны падает круто на север. Она фиксируется зонами расщепления, смятия, чешуйчато-блоковым строением и приразломной запрокинутой складчатостью также северного падения. В разделенных разломом частях вулканотектонических блоков, расположенных в рудном поясе, породы падают моноклинально на юг.

Системой субмеридиональных сбросов после формирования сложной структуры зоны смятия рудное поле было разбито на три пластины, которые последовательными ступенями опускаются на восток. В результате центральная (Тишинская) пластина, где размещается месторождение, находится ниже западной (Сигнальной) примерно на 400—500 м и располагается выше восточной (Ульбинской) на 700—800 м. Различия в степени эродированности пластин определяют видимую полноту разреза среднедевонских отложений, развитого в их пределах. Сбросы, разделяющие пластины, падают круто (под углами $80-85^\circ$) на восток и выражены системой притертых трещин, серицитизацией и окварцеванием вмещающих пород.

Разрывы еще более высокого порядка (подчиненные описанным), в частности разрывы северо-восточного и северо-западного плана, определяли положение и форму конкретных рудных тел Тишинского полиметаллического месторождения.

Этапы минерализации. В формировании Тишинского колчеданно-полиметаллического месторождения и связанных с ним гидротермалитов устанавливаются два этапа, разделенных периодом тектонических движений и метаморфизма.

Руды I этапа существенно серноколчеданные. На месторождении серноколчеданное оруденение ассоциирует с серицито-хлоритовым парагенезисом нерудных минералов, развивающимся преимущественно по тонкообломочным осадоч-

ным породам. Серноколчеданная рудная зона сложена микро- и мелкокристаллическим пиритом; очень редко встречаются реликтовые агрегаты радиального и концентрического строения, свидетельствующие о их первично колломорфном строении. Количество пирита в рудном теле колеблется от 10 до 50%. Серноколчеданное рудное тело располагается в северном борту Кедровско-Бутачихинского разрыва, в одной из тектонических чешуй мощностью около 200 м, прослеженной в Тишинской пластине на протяжении 1000 м. Пиритсодержащие породы смяты и рассланцованы. При рассланцевании руды приобретают полосчатость, нередко в двух направлениях. Плойчатый характер полосчатости наблюдается при понижении содержания пирита до 15—20%; в таких участках обогащенные пиритом полосы гофрированы, часто разорваны. В последнем случае распределение пирита напоминает структуру Млечного пути. В наиболее рассланцованных участках агрегаты пирита образуют резко уплощенные линзы, строго параллельные плоскостям рассланцевания. В агрегатах метаморфизованного тонкозернистого пирита нередко крупные (3—4 мм) порфиробластовые кристаллы пойкилобластовой структуры, свидетельствующие о метаморфической перекристаллизации серного колчедана.

Руды II этапа медно-полиметаллические. Основные рудные минералы — сфалерит, галенит, халькопирит, пирит; нерудные — кварц, хлорит, доломит, серицит. Главная полиметаллическая залежь Тишинского месторождения вместе с сопровождающими ее метасоматитами размещается в лежачем боку Кедровско-Бутачихинского разлома и ориентирована под углами 5—10° к его простиранию, примыкая к нему в западной части; многочисленные мелкие рудные тела находятся непосредственно в зоне разлома (рис. 2). Форма полиметаллической залежи контролируется разрывами северо-западного и северо-восточного простирания, смещающими Кедровско-Бутачихинский разрыв и серноколчеданные руды. Полиметаллические руды и сингенетичные им метасоматиты (кварциты, кварцевые жилы, калишпатолиты и др.) отчетливо наложены на динамосланцы. Массивные сплошные полиметаллические руды в ряде случаев цементируют брекчию интенсивно рассланцованных пород. Полиметаллические руды локализуются также в швах продольных разрывов, по которым соприкасаются листоватые хлорит-серицит-пиритовые динамосланцы с умеренно трещиноватыми алевролитами. Такие жилы, подчиняясь по простиранию в целом господствующей ориентировке анизотропии, в деталях располагаются под углом к рассланцеванию,

имеют секущие трещиноватость апофизы. В зальбандах тел отчетливо выражены околорудные метасоматические изменения боковых пород. Пострудные тектонические подвижки проявлены локально, в основном по дорудным и внутренним дизъюнктивам. Соответственно локально проявлен и метаморфизм руд. Наибольшей интенсивностью отличается метаморфизм пирита первой стадии, выразившийся в дроблении. Тонкие двойниковые полоски в кристаллах и крупные порфиробласты, свободные от вростков халькопирита, появляются в сфалеритах преимущественно в призальбандовых участках. В отличие от руд I, серноколчеданного, этапа в полиметаллических рудах, полосчатость которых развивается параллельно контакту, не устанавливаются признаки пластических деформаций даже тогда, когда контакт (и соответственно полосчатость руд) расположен под прямым углом к ориентировке плоскостей расщепления вмещающих пород.

Минеральные парагенезисы. Принципиальное значение при обсуждении генетических вопросов имеет минералогеохимическая характеристика взаимоотношений одновременных парагенезисов, свидетельствующая о существенном влиянии ранней серноколчеданной залежи на систему процессов минералообразования и рудоотложения II этапа.

При наложении минеральных парагенезисов II этапа на серноколчеданную залежь прежде всего наблюдается вынос пирита с уменьшением его количества от 30—50% в наименее измененных зонах до 2—3%. При этом мелкие кристаллы сохранившегося пирита часто окружены венчиками крупночешуйчатого мусковита. В переходных зонах пирит группируется в линзовидные мелкокристаллические агрегаты. Естественно предположить, что геологически одновременно происходящее в зоне полиметаллического рудообразования отложение пирита и других сульфидов имеет источником серы и железа древний метаморфизируемый объект. Это предположение подтверждается специфической горизонтальной зональностью состава руд месторождения и преимущественно встречной миграцией наиболее подвижных порообразующих элементов. Рудоносные флюиды, взаимодействующие с серными колчеданами I этапа, приносили свинец, цинк, медь и некоторые другие элементы руд, а также, по-видимому, магний. При этом по мере удаления от серноколчеданной залежи состав полиметаллических руд Тишинского месторождения меняется от свинцово-цинкового в западной его части до медно-цинкового и медноколчеданного в восточной. Магний входит в состав одного из главных нерудных минералов руд — доломита — и усиливает зональ-

ность руд, вызывая интенсивную хлоритизацию и доломитизацию вмещающих пород на восточном фланге месторождения. Напротив, избыток железа, образующийся при осаждении серы в полиметаллических сульфидных рудах, вызывает анкеритизацию известковистых алевролитов на западном фланге.

Отложение сульфидов приводит к интенсивному серно-кислотному выщелачиванию рудовмещающих алевролитов. Относительную инертность сохраняет лишь кремнезем: кварц входит в состав нерудного парагенезиса, а кварциты выщелачивания тесно пространственно связаны с медно-полиметаллическими рудами. Вынесенный из зоны рудоотложения кремнезем фиксируется на западном и восточном флангах месторождения в виде кварцевых и кварцево-карбонатных жил вдоль главных продольных разрывов.

Руды и кварциты выщелачивания окружены зоной пород умеренного выщелачивания. Для зоны характерны интенсивный вынос натрия, инертное поведение кремнезема, глинозема, железа и калия, привнос (как и во внутренней зоне)

магния. При этом отношение весовых количеств $\frac{K_2O + Na_2O}{MgO}$ меняется от 0,2—0,5 во внутренней части зоны до 0,8—1 — во внешней, переходной к вмещающим известковистым алевролитам (для которых это отношение колеблется в пределах 1—1,5).

Калий из зоны сернокислотного выщелачивания по дорудным разрывам мигрирует на запад, т. е. в направлении, встречном направлению фильтрации ионов бисульфида железа.

Интенсивное образование калиевых минералов (калиевого полевого шпата и серицита) происходит как непосредственно в зоне растворения серного колчедана I этапа, так и в наиболее проницаемом литологическом горизонте месторождения, сложенном относительно грубообломочными вулканогенными гравелитами и песчаниками. При этом в проявлении калиевого метасоматоза практически отсутствует избирательность, поскольку калишпаты и серицито-калишпатовые породы одинаково интенсивно замещают как серицит-хлорит-пиритовые метасоматиты I этапа и терригенно-вулканогенные породы тишинской свиты, так и субвулканические андезитовые порфириды. Особенностью замещения терригенно-вулканогенных пород является кварцевый порфиробластез, приводящий к формированию порфириподобных пород — псевдопорфиров. Содержание натрия и магния

в зоне отложения калия ничтожно. Отношение $\frac{K_2O + Na_2O}{MgO}$

колеблется от 3 до 11. Отчетливое проявление натрового метасоматоза, выраженного альбитовым порфиробластезом, установлено лишь в 1,5—2 км западнее месторождения.

Нами установлено, что ряд месторождений Рудного Алтая (Зыряновское, Риддер-Сокольное, Стрежанское, Греховское), как и Тишинское, формировался в два этапа. При этом на большинстве изученных объектов I, серноколчеданный, этап связан с девонскими вулканогенно-гидротермальными и гидротермально-осадочными процессами. Об этом свидетельствуют узкий стратиграфический интервал размещения наиболее крупных месторождений в рудных районах, ассоциация серноколчеданных руд с мощными хемогенно-эксталяционными образованиями (микрокварцитами, кремнисто-карбонатными, карбонатными и др.), специфические слоистые и градационные структуры и текстуры серноколчеданных залежей, приуроченных к девонским толщам, присутствие серноколчеданных рудокластов в туфах и конгломератах внутрирудных и надрудных толщ.

Рудообразование I и II этапов разделено периодом мощных тектонических подвижек и внедрения интрузий габбро-диабазов и габбро-диоритов (Зыряновское и Стрежанское месторождения), постсокольных андезитовых порфиритов на Риддер-Сокольном месторождении. Для многих месторождений выявлена тесная пространственная и временная связь рудоотложения II этапа с процессами порфиризации.

Приведенные данные о соотношении этапов формирования руд Тишинского месторождения и повторяемость этой закономерности на месторождениях Рудного Алтая позволяют рассматривать двуэтапность как важнейшую закономерность в генезисе полиметаллических месторождений*. Смысл ее заключается в химическом взаимодействии сульфидов железа с несulfидными растворами свинца, цинка и меди (Григорьев, 1948; Смирнов, 1968; Горжевский и др., 1971). Длительный же временной перерыв и перестройка структурного плана между этапами формирования месторождения предполагают наличие региональных ореолов миграции меди, свинца, цинка, неизмеримо больших по площади, чем расположенные среди них серноколчеданные залежи. Причиной возникновения подобных ореолов, по нашему мнению, является региональный метаморфизм (Козлов и др., 1972).

* Идея была выдвинута П. Н. Кобзарем в 50-х годах. *Ред.*

ВЫСТУПЛЕНИЯ

В. А. КОКШАРОВ, З. М. БАЕВА

Исследования показывают, что многие крупные кварц-альбит-порфиновые тела Лениногорского рудного поля, которые прежде считались эффузивами и девонскими субвулканическими интрузиями, приурочены к синорогенным разломам. К числу таких интрузий относятся Белолуговская, Познопаловская, Маячная, Риддерборская и Сокольная. Они характеризуются повышенным содержанием олова, молибдена, иттрия и циркона и низкими меди, свинца, цинка, серебра. Вероятность генерации полиметаллического оруденения магмой, давшей эти интрузии, нам представляется минимальной.

Перевод этих интрузивов из субвулканических (в смысле девонских) в синорогенные уменьшает масштабы девонского вулканизма и требует переоценки его металлогенической роли. При наблюдениях над пирокластическими породами не было замечено проявлений рудных процессов, которые можно было бы связывать с девонским вулканизмом, а геохимическими исследованиями не обнаружено в продуктах вулканических извержений повышенных концентраций меди, цинка и свинца.

Наши наблюдения приводят к выводу о том, что колчеданно-полиметаллическое оруденение рудного поля пространственно-парагенетически связано с комплексом малых интрузий. Дацитовые порфириты и альбит-порфиры этого комплекса обладают четкой халькофильной геохимической специализацией. Плагипорфириты, дацитовые порфириты и диабазы, возможно, являются внутрирудными. В одних случаях они рассекают руды и гидротермалиты, в других подвергаются гидротермальному метаморфизму и оруденению.

Определение калий-аргоновым методом возраста предрудного серицита Риддер-Сокольного, Тишинского и других месторождений (40 проб) дает вероятный интервал рудообразования 275—310 млн. лет, в среднем — 295 млн. лет. Это соответствует верхнему карбону — нижней перми.

Приведенные данные не исчерпывают проблемы соотношения магматитов и руд рудного поля. Они показывают, что эта проблема является весьма сложной, многогранной и требует углубленного изучения с учетом имеющихся данных.

Я хочу остановиться на тех выводах генетического плана, которые вытекают из опыта изучения метасоматических образований Тишинского месторождения.

1. Общеизвестно, что комплекс измененных пород этого месторождения является типичным представителем формации кварцево-серицитовых метасоматитов. В целом эти метасоматиты слагают крутопадающую пластообразную залежь с раздувами и пережимами, следующую вдоль контакта ильинской и сокольной свит. Однако какого-либо четкого стратиграфического положения залежь метасоматитов не занимает, и в направлении простираения и падения контакта двух свит зона максимального замещения нередко пересекает этот контакт, переходя из одной свиты в другую и рассекая флексуровидные складки, осложняющие контакт ильинской и сокольной свит. Следовательно, зона околорудно-измененных пород Тишинского месторождения выступает как образование, наложенное на складчатые структуры вмещающих толщ.

2. Главной чертой процесса изменения пород Тишинского месторождения является интенсивное гипогенное выщелачивание исходных сред с формированием поперечной (по отношению к структуре) метасоматической зональности. В целом же на Тишинском месторождении не наблюдается какого-либо подавляющего преимущества в размерах и интенсивности ореола изменений со стороны лежащего бока (в стратиграфическом отношении) по сравнению с висячим.

Формирование полиметаллических руд завершилось после главных этапов динамометаморфизма и, в частности, расланцевания в районе. Следует отметить, что и руды, и метасоматиты в отдельных участках несут на себе следы позднего дробления, будинажа и т. д.

Нельзя не обратить внимания на серьезно аргументированный материал И. В. Покровской, касающийся состава и строения 2-й Риддерской залежи, на объективные данные о распределении урана в рудах и вмещающих породах, данные Б. Л. Чепрасова о пострудных дайках и телах порфиритов и другие наблюдения. Создается впечатление, что Б. Л. Чепрасовым и И. В. Покровской были переоценены локально наблюдающиеся явления будинажа хрупких сульфидных масс и пластического течения вмещающих серицитолитов при относительно малоинтенсивных пострудных тектонических подвижках.

Конкретные и интересные факты, предложенные в докладах И. В. Покровской, О. А. Ковриго, Г. С. Дурнева, П. И. Хохлова, Б. Л. Чепрасова, В. А. Кокшарова, явились предметом оживленной дискуссии.

Вопрос о генезисе слоистых, валунчатых и брекчиевых руд 2-й Риддерской залежи не решается однозначно. Вполне конкурентоспособной является гипотеза об их гидротермально-метасоматическом происхождении. В пользу ее свидетельствуют следующие факты: а) рудовмещающие породы подверглись значительным гидротермальным изменениям (хлоритизации, фенгитизации, доломитизации); б) полосчатые руды локализируются в зонах послонных, косо секущих слоистость срывов, брекчирования, развитых в висячем боку рудоподводящего сброса; в) зональное строение валунчатых руд и метасоматический характер их контактов; г) наличие признаков метасоматического происхождения брекчиевых руд; д) сложная симметричная и асимметричная зональность слоистых руд, отчетливая стадийность рудоотложения, постепенные переходы от сливных руд к полосчато-вкрапленным; е) слоистые руды наследуют текстурный рисунок замещаемых прослоев известковистых алевролитов; ж) разнообразие текстур руд и широкое распространение текстур замещения; з) общность геохимических особенностей руд всех типов, особенно ранних слоистых и поздних сульфидно-серицитовых руд. Возраст серицитов в этих рудах пермский. Вряд ли имеются основания предполагать растянутость рудного процесса на 100 млн. лет в связи с общностью структурно-геохимических и термодинамических условий формирования всех типов руд.

Для решения вопроса генезиса слоистых руд необходимо объемное восприятие их масштабов, морфологии, струйчатости процесса рудоотложения, так как произвольные пересечения рудных зон не дают полной информации для решения генетических вопросов.

Что касается Тишинского месторождения, то здесь рудная структура создана многоактными тектоническими движениями с меняющимися планами деформации. Для рудолокализирующей структуры характерны поперечная симметричная зональность в проявлении различных видов деформаций и направленные изменения их от глубоких горизонтов к верхним.

Морфология рудных тел определяется структурной гетерогенностью вмещающих пород. В догидротермальный этап отмечаются многоэтапность и гетерогенность изменения по-

род, асимметричная зональность гидротермальных изменений от нижних горизонтов к верхним, а генеральный вектор направлен от нижней, западной части месторождения к верхней, восточной.

Перечисленные данные свидетельствуют об эпигенетическом характере оруденения по отношению к структуре месторождения и о неправомёрности применения к рудам Тишинского месторождения предположений об их метаморфизме.

Н. Н. БИНДЕМАН

Широта взглядов на генезис колчеданно-полиметаллических месторождений Рудного Алтая, на мой взгляд, в значительной мере объясняется методологией их изучения в прошлом. Многие исследователи Рудного Алтая в силу разных обстоятельств подробно изучали месторождения лишь одного-двух (реже больше) отдельных районов, узлов или полей. Доказав на добротном фактическом материале генезис изученных месторождений, эти исследователи распространяли свои взгляды и на другие рудные объекты Алтая. Как теперь выяснилось, это было неверным, поскольку колчеданно-полиметаллические месторождения Рудного Алтая имеют различные происхождение и возраст.

Так, можно уверенно говорить о девонском возрасте и гидротермально (эксгальционно)-осадочном генезисе 2-й Риддерской залежи Риддер-Сокольного месторождения или достаточно обоснованно предполагать связь крупнейшего рудного тела Николаевского месторождения с девонскими субвулканическими постройками. Вместе с тем все рудные тела многочисленных месторождений колчеданно-полиметаллической формации в Зырянском районе, по данным ряда исследователей, эпигенетичны к девонским вулканогенным породам и складчатым структурам. Эти рудные тела вписаны в ореолы околорудных метасоматитов, эндогенные ореолы рассеяния и вместе с ними накладываются на контактово-метаморфические породы в эндоконтактах массивов позднепалеозойских (змеиногорских) гранитоидов.

Можно считать, что исследователи различных рудных районов и полей Рудного Алтая в основном расшифровали происхождение изученных ими рудных объектов и тем самым внесли свой вклад в познание общих закономерностей генезиса колчеданно-полиметаллической формации. Есть все основания надеяться, что новый мощный импульс в изучении геологии и металлогении Рудного Алтая, подкрепляе-

мый расширением поисково-разведочных и эксплуатационных работ, приведет в ближайшие годы к созданию научно обоснованной теории генезиса алтайских колчеданно-полиметаллических месторождений.

Д. П. АВРОВ

Вопросы генезиса изученных полиметаллических месторождений Рудного Алтая должны рассматриваться с привлечением данных о геологическом строении сопредельных площадей. Так, например, детали строения слоистых руд 2-ой Риддерской залежи (И. В. Покровская, П. И. Хохлов), несущей богатую полиметаллическую руду, весьма сходны с деталями строения Калгутинского железорудного месторождения Горного Алтая (А. С. Калугин). И в том и в другом случае отмечается четкое флишеподобное чередование рудных и безрудных слоев в вулканогенно-осадочных толщах. Безусловно, необходим сравнительный анализ тех и других рудовмещающих толщ и, кроме того, нужно попытаться найти прямые временные соотношения полиметаллического и железорудного оруденения. Как известно, Лениногорский полиметаллический и Холзунский железорудный районы разделены всего лишь Белоубинским гранитным массивом.

В целом зона сопряжения Горного и Рудного Алтая, каледонид и герцинид, является районом, где можно и нужно рассчитывать на новые находки проявлений полиметаллов. В этом районе, несмотря на труднодоступность, и впредь предстоит еще интенсивнее разворачивать поисковые работы. Этого требуют необходимость оценки уже известных объектов (Осеннее и др.), выявленных к северу и северо-востоку от Лениногорска и в Южном Алтае, и поиски новых.

Говоря о девонском и верхнепалеозойском возрасте полиметаллического оруденения, нужно помнить, что структурный контроль и разрывная тектоника при поисках являются определяющими, так как главнейшие месторождения Рудного Алтая концентрируются вдоль крупнейших тектонических линейментов Северо-Восточной и Иртышской зон смятия, тяготея к оперяющим разломам.

П. Ф. СОПКО

Ознакомление с материалами о Лениногорском рудном районе и осмотр горных выработок Риддер-Сокольного и Тишинского месторождений дают убедительные доказательства

сложности формирования колчеданно-полиметаллических месторождений Рудного Алтая. Пластовые рудные тела 2-й Риддерской залежи Риддер-Сокольного месторождения залегают в осадочных породах и не сопровождаются заметными околорудными изменениями, которые наблюдаются только близ жилообразных рудных залежей, рассекающих лежащие ниже осадочной толщи вулканогенные образования. Для руд характерны слоистое строение, следы оползневых явлений и т. д. Все это может расцениваться как доказательство сингенетического происхождения основной части рудных тел и вероятного гидротермально-осадочного отложения руд.

На Тишинском месторождении рудные тела отчетливо контролируются структурными элементами деформационного происхождения (сланцеватостью, изгибами складок, разрывными нарушениями, наложенными на складчатость) и ассоциируют с гипабиссальными породами комплекса малых интрузий. Таким образом, можно достаточно уверенно говорить об эпигенетическом характере главной массы руд.

Гетерогенность формирования колчеданных месторождений Лениногорского района, как и других частей Рудного Алтая, при их обычной приуроченности к определенным вулканогенно-осадочным толщам требует обстоятельного фациального и палеовулканического анализа этих толщ и детального изучения структурных элементов первично вулканического и деформационного происхождения. Именно таким путем можно углубить представления об условиях размещения колчеданно-полиметаллического оруденения в рудных районах и рудных полях с использованием их как основы для прогнозной оценки и направления поисково-разведочных работ.

В. С. КУЗЕБНЫЙ

Лениногорский рудный район — типичный пример пространственного совмещения разновозрастного полиметаллического оруденения. Здесь выделяются полосчатые руды 2-й Риддерской залежи, которые, по данным Г. Н. Щербы и И. В. Покровской, имеют эксгальационно-осадочную природу и тесно связаны с девонским вулканизмом. Несомненно среднедевонским является оруденение Белоубинско-Южно-Алтайской зоны, сопровождающее ранние порфириновые интрузии. Оно в той или иной мере преобразовано (регенерировано) при становлении слюдяных гранитов Белоубинского массива (Старковское, Звездное и другие месторождения).

Тишинское месторождение и часть руд Риддер-Сокольного месторождения — более молодые, верхнепалеозойские образования. Вопрос об однотипности руд 2-й Риддерской залежи и главных руд Риддер-Сокольного месторождения, а также жильных пород рудного поля и эффузивов ильинской свиты остается открытым.

Многими лениногорскими геологами явно недооценивается роль в рудогенезе поздних малых интрузий, которые, как показывают детальные исследования, в одних случаях являются дорудными, в других — внутрирудными, а в третьих — послерудными. В дальнейшем при изучении месторождений района необходим комплексный анализ всех имеющихся данных, иногда на первый взгляд кажущихся противоречивыми.

И. В. ПОКРОВСКАЯ

Коротко отвечаю на критику Д. Г. Ажгиреем наших представлений о генезисе слоистых руд 2-й Риддерской залежи.

1. Утверждение о том, что оруденение сопровождается интенсивными гидротермальными изменениями, не подтверждается ни нашими данными (О. А. Ковриго), ни литологическими исследованиями (Д. Н. Гаджи), показавшими, что «изменения пород не выходят за пределы катагенетических преобразований».

2. Слоистые руды не располагаются «во фронтальной части интрузии флюид-порфиров», а сами руды, альбитофиры и алевропелиты являются нормальными членами стратиграфического разреза крюковской свиты на участке месторождения (по О. А. Ковриго).

3. Закономерная структурная позиция слоистых руд в висячем боку сброса 50—53 определена тем, что этот сброс являлся, по Б. Л. Чепрасову, конседиментационной структурой, влиявшей на распределение фаций и мощностей осадков, в том числе и слоистых руд.

4. Сходство формы и характера ограничений рудных и доломитовых прослоев свидетельствует не о замещении рудой доломитов, а скорее об одинаковых условиях осадконакопления. Против замещения говорит и более сложное внутреннее строение руд (метаколлоидные, обломковидные, ритмично-слоистые текстуры) в сравнении с доломитами.

5. Наличие структур замещения в слоистой руде не противоречит ее гидротермально-осадочной природе. Эти структуры появились в процессе диагенеза и эпигенеза рудного осадка.

6. «Зональное строение» рудных обособлений в горизонтах обломковидных руд обусловлено наличием узких оторочек халькопирита, фенгита и кварца, возникших в процессе регенерации. Первичная же зональность и полосчатость в рудных обломках срезаются их краями, что противоречит метасоматической природе этих обособлений (см. стр. 177). Наряду с этим в зоне долгоживущего сброса 50—53 имеются тектонические «валуны», образовавшиеся за счет дробления руд и обладающие в краевых частях метаморфической зональностью (Покровская, Ковриго, 1970).

Таким образом, признаки, якобы опровергающие гидротермально-осадочную природу слоистых и обломковидных руд, являются либо несостоятельными, либо относятся к числу конвергентных.

Н. Л. БУБЛИЧЕНКО

Лениногорск в известной мере является «законодателем мод» в области металлогенических гипотез, так как многие из них разрабатывались именно здесь и затем распространялись на весь Алтай. Сторонники «интрузивной» гипотезы, как это выяснилось на совещании, почти не собрали новых фактов для подтверждения ее правильности. «Вулканисты» же провели некоторые исследования и указали на явления, ранее не отмечавшиеся. Я имею в виду прежде всего изучение 2-й Риддерской залежи И. В. Покровской, тщательно проведенное, с логичными выводами, а также работы таких заслуженных исследователей, как М. Г. Хисамутдинов, Г. Н. Щерба, Г. Ф. Яковлев и другие.

«Секущие» руды, показанные в Тишинском карьере, оказались в действительности или тектонически зажатыми клиньями с хорошо выраженными плоскостями притирания и соответствующим минералообразованием или резко пережатой антиклиналью полосчатых руд в сланцах. «Вулканисты» продемонстрировали во 2-й Риддерской залежи тонко переслаивающиеся алевролиты с прекрасно выдержанной стратиграфической последовательностью, которая хорошо прослеживается на значительном расстоянии по простиранию.

В образцах (пришлифовках) руд, показанных мне во время совещания П. И. Хохловым, имеется несколько сечений створок брахиопод и поперечное сечение коралла (ругоза). Заметной перекристаллизации вещества раковины не отмечено, что указывает на очень низкую температуру осадкообразования. Алевролиты также не претерпели значитель-

ного метаморфизма. Возраст руд будет уточнен по найденным в них окаменелостям, а также другими, непалеонтологическими методами. Руды относятся к крюковскому (D_{2e1}) времени. Мнение о том, что руды также нижнекаменноугольные или верхнепалеозойские, т. е. разделение образования сходных по типу руд промежутком в 60—100 млн. лет, по видимому, неправдоподобно.

УДК 553.43(574.42)

ГЕОЛОГО-ГЕНЕТИЧЕСКИЕ КРИТЕРИИ РАЗМЕЩЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННОГО ОРУДЕНЕНИЯ В ПРИИРТЫШСКОМ РУДНОМ РАЙОНЕ

*В. С. КУЗЕБНЫЙ, В. М. ВОЛКОВ, Ю. Ю. ВОРОБЬЕВ,
И. Т. САХАРОВ, Н. И. СТУЧЕВСКИЙ, Э. В. ШТЕЙНБЕРГ,
Б. П. БЕДАРЕВ, Г. Г. СВЕЧНИКОВ*

Среди месторождений Прииртышского района различаются полиметаллические (Березовское, Белоусовское, Иртышское, Золотушинское и др.), медные, медно-цинковые (Николаевское, Орловское, Ново-Березовское, Сугатовское и др.) и проявления благородных металлов. Встречаются рудопроявления редкометальной и хромовой минерализации. Наиболее развиты гидротермальные месторождения цветных металлов, представляющие собой основу минерально-сырьевой базы горнорудной и металлургической промышленности района.

Основная масса месторождений и рудопроявлений цветных металлов сосредоточена на относительно небольших площадях, которые описаны в литературе под названием рудных узлов и полей (Пилипенко, 1915; Григорьев, 1934; Иванкин, 1957; Горжевский, Яковлев, 1957; Иванкин, Иншин, Кузевный, 1961). Выделяются Березовско-Белоусовское, Таловско-Рулихинское, Николаевское, Камышинское, Орловское и Золотушинское рудные поля, Орловско-Золотушинский и Сугатовско-Сургутановский рудные узлы.

Размещение полиметаллического, медного и медно-цинкового оруденения в пространстве определяется тесной взаимосвязью стратиграфо-литологических, структурно-тектонических, магматических факторов и особенностями проявления гидротермального метаморфизма.

Месторождения и рудопроявления в стратиграфическом разрезе распределяются неравномерно. Оруденение является сквозным по отношению к палеозойским отложениям и установлено на различных уровнях, начиная от ордовика и кончая наюрном — средним карбоном. Вместе с тем наблюдается определенная закономерность: количество рудопроявлений уменьшается от низов разреза к его верхам, резкий

перепад начинается с границы верхнего девона — нижнего карбона (рис. 1).

В разрезе палеозоя Алейского антиклинория многие месторождения и рудопроявления размещаются в длительно и унаследованно развивающихся центрах активного вулка-

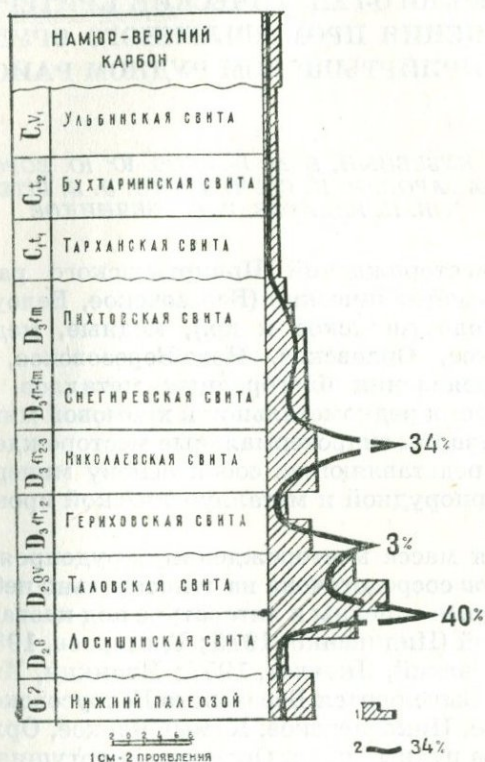


Рис. 1. Размещение медного и полиметаллического оруденения в стратиграфическом разрезе Рудно-Алтайской зоны (Алейская подзона). 1 — количество проявлений эндогенного оруденения; 2 — относительное количество концентрированных металлов (Cu, Pb, Zn) в процентах.

низма на уровнях лосишинской, таловской и гериховской свит девона. Несколько меньше их в разрезе нижнего палеозоя и верхнего девона. Первые стратиграфические уровни вмещают Орловское, Золотушинское, Сугатовское, Таловское, Камышинское, Рулихинское месторождения и представляют наибольший интерес для поисков промышленных руд. Ведущая роль в локализации оруденения принадлежит

фациально-литологическим и экранирующим факторам. Поэтому главная масса сульфидов концентрируется на контактах разнородных по составу и строению свит. На границы лосишинская — таловская и таловская — гериховская свиты приходится около 60% месторождений и рудопроявлений района и 43% относительного количества выявленных здесь руд цветных металлов (рис. 1). Не меньший интерес представляет и другой стратиграфический уровень разреза — николаевская и снегиревская свиты. Они сложены туфогенно-осадочными породами и вулканитами кислого состава, располагающимися между терригенно-базальтовой и андезитово-дацитовой толщами верхнего девона (соответственно гериховская и пихтовская свиты). Условия накопления руд здесь в общем близки к таковым таловской свиты. В разрезе верхнего девона (уровень николаевская — снегиревская свиты) находится около 34% концентрированных цветных металлов, в том числе Николаевское месторождение.

В Иртышской зоне смятия основная масса известных месторождений связана с иртышской (Иртышское месторождение и Глубочанские залежи Белоусовского месторождения) и шипулинской (Березовское, Перевальненское) свитами.

Эмпирические закономерности размещения оруденения в стратиграфическом разрезе Рудного Алтая впервые рассмотрены Н. Л. Бубличенко (1945, 1961), позднее — Д. И. Горжевским, Г. Ф. Яковлевым (1957), П. Ф. Иванкиным (1957) и другими геологами. Н. Л. Бубличенко выделил три главных рудоносных стратиграфических горизонта («узла»): лосишинский, николаевско-гериховский и пихтовский. Анализ имеющихся данных показывает зависимость положения рудоносных горизонтов не только от литолого-стратиграфических, но и от тектонических и магматических факторов. Так, месторождения лосишинского уровня, действительно, располагаются в туфогенно-осадочных отложениях эйфельского яруса (лосишинская свита), но они одновременно тесно связаны с дизъюнктивными структурами и ослабленными зонами, сопряженными с крупными глубинными разломами: Иртышским, Березовским, Шемонаихинско-Секисовским и другими. Многие месторождения находятся непосредственно в Иртышской зоне смятия (Березовско-Белоусовское рудное поле). Месторождения николаевско-гериховского «узла» ассоциируют с вулканогенно-осадочными породами франского яруса, но опять-таки известны лишь в мобильных тектонических структурах, сопряженных с Березовским, Шемонаихинско-Секисовским разрывами и Иртышской зоной смятия. За пределами этих структур месторождений нет. Месторождения пихтовского уровня размещаются в вулканитах фа-

мена всяческого бока Иртышской зоны смятия (Чудакское, Ново-Николаевское и др.).

Важную роль в стратиграфическом контроле оруденения играет положение благоприятных для метасоматического замещения частей разреза по отношению к нескрытым эрозией магматическим телам, а также мощность среднепалеозойских отложений и сквозность тектонических структур по отношению к последним (Кузубный, Попов, 1966). В общем случае при размещении рудоносных интрузий на уровне нижнего палеозоя и границы его с девоном оруденение концентрируется преимущественно в нижнем (лосишинском) «узле». И только по структурам сквозного типа оно «поднимается» до следующего благоприятного стратиграфического уровня девона. При расположении интрузивов в девонском разрезе оруденение накапливается в структурах николаевско-гериховского и пихтовского «узлов».

Опыт изучения промышленных месторождений Прииртышья показывает, что важнейшими породами — аккумуляторами медного, медно-цинкового и полиметаллического оруденения — являются туфы и туффиты, лавы, брекчиевые лавы кислого состава, карбонатсодержащие туфогенно-осадочные и другие породы, обладающие повышенной проницаемостью. Породами-экранами обычно служат пачки плотных кремнисто-глинистых алевролитов и сланцев, а также пластовые тела диабазовых порфиритов (Камышинское, Рулихинское и другие месторождения).

Важнейшую роль в пространственном размещении медного и полиметаллического оруденения играют региональные и крупные разрывные структуры: Иртышская зона смятия, Шемонаихинско-Секисовская ослабленная зона и Березовский разлом.

Иртышская зона смятия — главнейший региональный рудоподводящий канал. Крупные дизъюнктивы, сопряженные с зоной смятия, рассматриваются в качестве важнейших рудораспределяющих структур. Особенность зоны смятия заключается в том, что господствующими поверхностями структурной анизотропии в ней являются крутопадающие поверхности сланцеватости. Первичная анизотропия, связанная со слоистостью отложений, попавших в зону смятия, резко уменьшилась, а в зонах повышенного рассланцевания исчезла совсем (Иванкин, 1957). Зоны повышенного рассланцевания контролировали и локализовали повторные тектонические движения, а также внедрения магматических расплавов и связанных с ними постмагматических рудоносных растворов. В складчатых структурах Алейского антиклинория, примыкающих к зоне смятия, роль вторичной анизо-

тропии резко уменьшается и четко выделяются структурные элементы слоистого строения разреза — слоистость, ослабленные контакты пластов и горизонтов, которые нередко являются рудолокализирующими (Таловско-Рулихинское и Николаевское рудные поля, Орловское и другие месторождения).

Большое значение в размещении оруденения имеют также широтные глубинные разломы и дизъюнктивы субмеридионального простираения, разбивающие юго-западное крыло Алейского антиклинория и зону смятия на ряд тектонических блоков. Рудные поля и месторождения приурочены к узлам пересечения и сопряжения длительно развивающихся разрывных нарушений северо-западного и субмеридионального простираения с широтными глубинными разломами, выявленными по геолого-геофизическим данным. Рудолокализирующими структурами при этом служат определенные дизъюнктивы и зоны повышенного расщепления пород, вулканотектонические и складчатые структуры, полойные и межформационные срывы, флексуобразные изгибы слоистых пород и другие типы рудных «ловушек» (Иванкин, 1957; Горжевский, Яковлев, 1957; Воробьев, 1963; Волков и др., 1972). Как правило, промышленное оруденение накапливается в мобильных тектонических блоках, испытавших разнопеременные перемещения на протяжении всей герцинской истории развития района (Иванкин, Кузбный и др., 1966).

Вопрос о возрасте серноколчеданных, медных и полиметаллических месторождений района, как и всего Рудного Алтая, остается спорным. Большинство исследователей приходят к выводу о формировании главных промышленных руд Алтая после становления гранитоидов змеиногорского комплекса. При этом одни геологи считают полиметаллическое оруденение верхнепалеозойским, но докалбинским (Елисеев, 1938; Гармаш и др., 1956; Кузбный, Попов, 1966), другие — еще более молодым, посткалбинским (Иванкин, 1957; Воробьев, 1963). Существует также «эффузивная» гипотеза образования месторождений в девонское время (Дербилов, 1952; Вейц, 1953 а, б и др.). В последнее время Г. Н. Щерба (1968) развивает представление о генетической связи оруденения с остаточными постмагматическими очагами девонского вулканизма, а Г. Ф. Яковлев (1972) — о полигенности и полихронности месторождений Рудного Алтая. Имеющиеся в нашем распоряжении фактические материалы подтверждают первую точку зрения.

При сопоставлении продуктивности ареалов развития разновозрастных комплексов наблюдается закономерное

увеличение концентрации медного, медно-цинкового и полиметаллического оруденения во времени снизу вверх. Магматические комплексы раннего (доорогенного) и среднего (орогенного) этапов малопродуктивны. Наиболее продуктивны ареалы развития поздних малых интрузий, когда они совмещены в пространстве с таковыми более ранних рудоносных формаций (рис. 2).

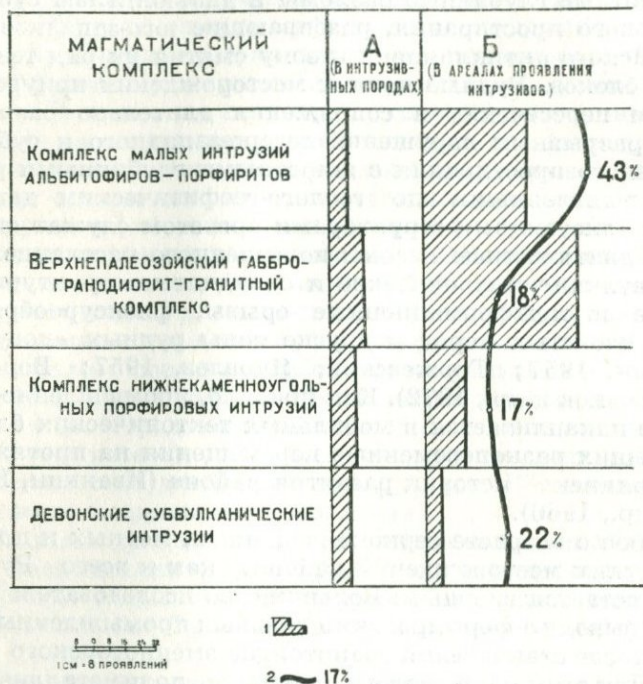


Рис. 2. Размещение медного и полиметаллического оруденения в интрузивных породах и ареалах проявления интрузивов Рудно-Алтайской зоны (Алейская подзона). 1 — количество проявлений эндогенного оруденения; 2 — относительное количество концентрированных металлов (Cu, Pb, Zn) в процентах.

На многих месторождениях (Орловское, Золотушинское, Николаевское, Камышинское, Березовское и др.) основное промышленное оруденение наложено на все интрузивные породы герцинского тектоно-магматического цикла, в том числе и на поздний комплекс малых интрузий альбитофиров-порфиритов, которые являются наиболее близкими к рудоотложению во времени. В частности, на Орловском месторождении по прямым соотношениям между верхнепалеозойскими осадочными образованиями и магматитами, с одной

стороны, и между интрузивными породами и оруденениями — с другой, установлена нижняя возрастная граница рудообразования, которая находится не ниже намюра — среднего карбона.

Из анализа всего имеющегося материала вытекают следующие основные поисковые критерии, которые должны быть положены в основу рациональных поисков медных и полиметаллических месторождений в Прииртышском рудном районе:

1. Наиболее перспективны на обнаружение промышленных скоплений меди, свинца и цинка среднедевонские и франские вулканогенно-осадочные образования вследствие их благоприятных для рудонакопления фациально-литологических свойств в сочетании с элементами пликативной и разрывной тектоники. Менее перспективны площади, представленные фаменскими, каменноугольными отложениями и особенно гранитоидами. Главными рудоносными свитами являются: в Алейской подзоне — лосишинская, таловская, гериховская, николаевская и снегиревская, а в Иртышской зоне смятия — шипулинская и иртышская.

2. Все крупные месторождения в этих свитах локализируются в сложных по строению вулканогенно-осадочных частях разреза, где преобладают кислые порфиоровые породы, пирокласты и туфогенно-осадочные образования (центры активного вулканизма). Особенно благоприятны для рудоотложения слоистые породы, отвечающие переходным фациям от вулканогенно-осадочных к существенно осадочным отложениям, а также углистые и известково-углистые осадки. Контакты между свитами, часто осложненные тектоническими срывами, более перспективны, чем сами свиты.

3. В размещении оруденения важную роль играет многоэтажное расположение руд в форме залежей межпластового и комбинированного типа. В Иртышской зоне смятия большое значение в рудолокализации имеет вторичная анизотропия толщ (зоны повышенного рассланцевания).

4. Определяющими в размещении рудных узлов, полей и месторождений являются тектонические факторы, в первую очередь крупные разломы, нарушившие все структурно-литологические ярусы. Разломы отделяют рудоносные блоки от безрудных площадей. Движения по этим разломам в среднем и верхнем палеозое определили первичную и вторичную анизотропию толщ. Рудные узлы, поля и месторождения, как правило, представляют собой обычно индивидуализированные блоки, ограниченные крупными разломами северо-западного и субмеридионального простирания. Мощности, состав отложений, структуры и характер магматизма в про-

дуктивных блоках в центрах активного вулканизма свидетельствуют об их колебательном тектоническом режиме в среднем и верхнем палеозое (длительно и унаследованно эволюционирующие вулкано-тектонические структуры). Широкое развитие внутривблоковой приразломной складчатости в комбинации с разрывными нарушениями в пестрых разрезах вулканогенно-осадочных пород обусловило высокую проницаемость таких участков для внедрения интрузий и рудоносных растворов.

Напротив, непродуктивными блоками и вулкано-тектоническими структурами являются те, которые испытали одностороннее поднятие (глубокая эрозия до уровня нижнего палеозоя, ранняя консолидация интрузии) или одностороннее погружение (значительные мощности девонских отложений, перекрытых каменноугольными осадками). При прочих равных условиях немаловажную роль играет близость или удаленность блока от региональных рудоконтролирующих структур — глубинных разломов. В связи с этим структуры, прилегающие к Орловскому, Николаевскому, Камышинскому, Рулихинскому месторождениям, и структуры Березовско-Белуосовского рудного поля по-прежнему остаются наиболее перспективными для поисков новых месторождений.

5. На всех крупных рудных полях и месторождениях рудовмещающие структуры представляют собой сложный взаимосвязанный комплекс тектонических, стратиграфических, магматических и фациально-литологических факторов, хотя по типу эти структуры различны. В Иртышской зоне смятия рудные тела приурочены к линейным узким зонам повышенного расланцевания и брекчирования пород. В нерасланцованных вулканогенно-осадочных породах Алейской подзоны рудолокализирующие структуры обычно представлены комбинированным типом, в котором крутопадающие дизъюнктивы сочетаются с тектонически осложненными плоскостями слоистой анизотропии разреза. В практике поисковых работ должно учитываться все многообразие рудолокализирующих структур. Особенно осторожно надо подходить к оценке небольших месторождений, занимающих секущее положение по отношению к вмещающим породам в пологих складчатых структурах. Такие месторождения могут быть индикаторами богатого и мощного оруденения в благоприятных для рудоотложения частях разреза на глубине.

6. Оруденение в Прииртышском рудном районе характеризуется многоэтапностью образования и большим разнообразием формационных и генетических типов месторождений. Ранние магматические комплексы сопровождаются мелкими месторождениями и рудопроявлениями. При поисках боль-

шое внимание должно уделяться тем участкам, где совмещаются главные рудоносные магматические комплексы геосинклинального и орогенного этапов развития района.

Важнейшим поисковым признаком медных и полиметаллических месторождений являются зоны гидротермального метаморфизма пород. На крупных колчеданных месторождениях широко развиты средне- и низкотемпературные околорудные изменения пород: окварцевание, серицитизация, хлоритизация, карбонатизация, пиритизация, баритизация. Для месторождений, залегающих в толщах эффузивно-пирокластических пород, характерны мощные зоны околорудных изменений, имеющие форму крупных неправильных пятен. Месторождениям Иртышской зоны смятия, напротив, свойственны относительно маломощные и протяженные ореолы измененных пород, отвечающие щелевидным путям движения растворов. На участках широких площадных ореолов пиритизированных вторичных кварцитов и кварцево-серицитовых образований промышленные скопления сульфидов цветных металлов, как правило, отсутствуют. Поля таких пород представляют поисковый интерес только в сочетании с проявлением локальных структур и сопровождающих их измененных пород.

Высоко- и среднетемпературные скарны в комбинации с локальными зонами средне- и низкотемпературных гидротермальных образований — эпидозитов, метасоматических кварцитов, эпидот-актинолитовых, хлорит-карбонатных, кварцево-серицитовых пород — сопровождаются обычно небольшими месторождениями цветных металлов. Аналогичный поисковый интерес представляют также зоны кварцито-пропилитовых изменений, тяготеющие к нижнекаменноугольным порфирировым интрузиям. С ними связаны лишь мелкие по размерам медноколчеданные месторождения (Сугатовское, Чудакское).

Большое внимание в практике поисковых работ должно уделяться эксплозивным и эксплозивно-гидротермальным брекчиям, приуроченным к рудоносным малоглубинным интрузиям гранитоидов, порфириров и порфиритов, а также геохимическим, геофизическим аномалиям и зонам гипергенных изменений.

Исходя из указанных поисковых критериев и признаков промышленных медноколчеданных и полиметаллических месторождений наиболее перспективными в Прииртышском рудном районе нужно считать площади Березовско-Белоусовского, Таловско-Рулихинского, Николаевского, Камышинского, Шемонаихинского и Орловского рудных полей, Самарского, Промежуточного и других участков.

ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ИРТЫШСКОГО КОЛЧЕДАННО-ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

И. Д. ВЕЛИГУРА

Иртышское месторождение расположено в Березовско-Белусовском рудном поле, представляющем собой блок рудно-алтайской глыбы, вовлеченный в зону Иртышского глубинного разлома. Рудовмещающие толщи претерпели интенсивный динамометаморфизм, вследствие чего породы рудного поля и месторождения оказались рассланцованными в той или иной степени.

Характеристика геологического строения рудного поля и месторождения дана в работах П. Ф. Иванкина (1957), В. М. Волкова и др. (1962), Ю. Ю. Воробьева (1963), Н. И. Стучевского (1960) и других исследователей. В последние годы в связи с разработкой Иртышского месторождения и детальным изучением рудного поля получен новый фактический материал, позволяющий уточнить геолого-генетические особенности Иртышского месторождения.

В строении рудного поля и месторождения участвуют динамометаморфизованные вулканогенно-осадочные образования шипулинской, иртышской и пихтовской свит среднего — верхнего девона. Они представлены рассланцованными липаритовыми и дацито-липаритовыми порфирами, андезитовыми, андезито-дацитовыми порфиритами и различными сланцами по углисто-глинистым, глинисто-кремнистым алевролитам, туффитам и другим осадочным породам.

Рудные тела Иртышского месторождения приурочены к зоне контакта существенно вулканогенной и вулканогенно-осадочной частей разреза, относимых соответственно к нижне- и верхнеиртышской подсвитам иртышской свиты.

В районе месторождения выделяются средне-верхнедевонские субвулканические интрузии (андезито-дацитовые порфириты и липаритовые порфиры) и верхнепалеозойский интрузивный комплекс (гранодиориты, плагиограниты и жильные тела диоритовых, диабазовых порфиритов и плагиогранит-порфиров). Широко проявлены разрывные нарушения, ограничивающие рудное поле и разбивающие его на ряд блоков. Основные направления их северо-западное, субширотное и субмеридиональное.

В структурном отношении участок Иртышского месторождения — моноклираль, осложненная мелкой складчатостью изоклинального типа. Общее простирание пород северо-западное ($310-320^\circ$), падение северо-восточное под углами $60-85^\circ$. На отдельных участках устанавливается вертикальное и юго-западное падение пород.

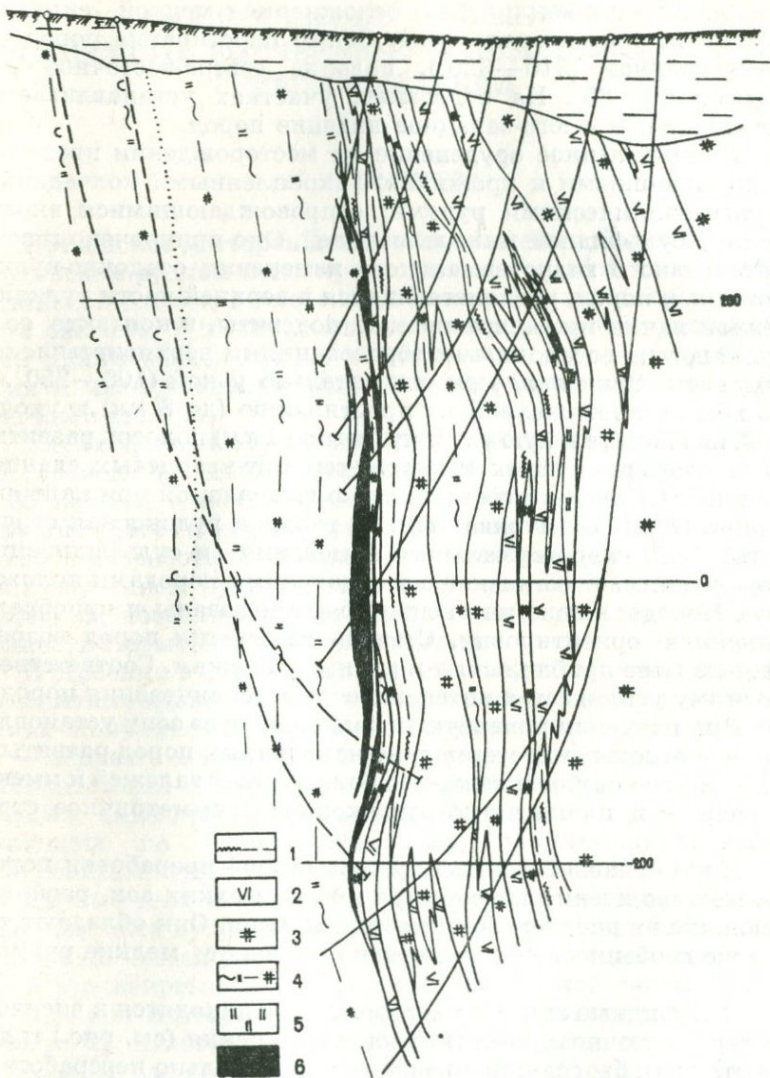
Промышленное оруденение на месторождении представлено сплошными и прожилково-вкрапленными колчеданно-полиметаллическими рудами, сопровождающимися вкрапленной сульфидной минерализацией. Оно приурочено к зоне интенсивного гидротермального изменения осадочно-вулканогенных пород, располагающейся в верхней части вулканогенной пачки нижнеиртышской подсыты, в контакте ее с вулканогенно-осадочными образованиями верхнеиртышской подсыты. Зона является относительно узкой ($100-250$ м), но весьма протяженной по простиранию (до 8 км) и уходящей на значительную глубину (свыше 1 км) полосой развития кварцево-серицитовых и хлорит-серицит-кварцевых сланцев по породам кислого состава, легко выделяемой при картировании. Она рассматривается как главная рудоносная структура. Зона гидротермального изменения и сульфидизации пород занимает согласное с вмещающими породами положение. Породы в зоне интенсивно рассланцованы и приобрели линейную ориентировку. Степень изменения пород возрастает по мере приближения к рудным залежам. Соответственно этому усиливается интенсивность рассланцевания пород.

При изучении поперечных разрезов через зону установлено, что ореолы гидротермально-измененных пород развиты в основном со стороны лежащего бока рудных залежей и имеют в разрезе и плане четко выраженное асимметричное строение.

Кроме главной зоны гидротермальной проработки пород на месторождении известен ряд более мелких зон, располагающихся висячем боку месторождения. Они обладают теми же особенностями и нередко вмещают мелкие рудные тела.

Сульфидные залежи месторождения находятся в висячем (северо-восточном) контакте зоны изменения (см. рис.) и являются как бы границей раздела между сильно переработанными гидротермальными процессами породами лежащего бока и слабоизмененной кровлей, состоящей из переслаивающихся динамометаморфизованных кислых вулканитов, туффитов и алевролитов.

На Иртышском месторождении выявлено множество рудных тел. Наиболее крупные из них — Основная и Юго-Восточная рудные залежи — представляют собой относительно



Геологический разрез через Иртышское месторождение. 1 — углисто-серичито-кварцевые сланцы; 2 — порфиры; 3 — рассланцованные липаритовые и липарито-дацитовые порфиры; 4 — кварцево-серичитовые сланцы по порфирам; 5 — кварциты; 6 — рудные тела.

компактные рудные тела лентообразной формы. Отношение средней мощности к ширине и длине составляет примерно 1:80:450. Результаты горных работ показывают, что форма рудных залежей осложнена разрывными нарушениями, апофизами, раздувами и пережимами.

Элементы залегания рудных тел в общем плане сходны с элементами залегания вмещающих их пород с незначительными отклонениями на отдельных участках.

Контакты рудных залежей, сложенных сплошными сульфидами, с вмещающими породами четкие, резкие. Сплошные руды нередко сопровождаются ореолами вкрапленных сульфидов, которые создают более сложные взаимоотношения рудных тел с вмещающими их породами.

Иртышское месторождение относится к типичным колчеданно-полиметаллическим и характеризуется отношениями меди, свинца и цинка 2:1:6. Основную массу сульфидов составляют пирит, халькопирит, сфалерит. На месторождении преобладают чрезвычайно тонкозернистые и однообразные по облику полиметаллические руды, описанные Ю. Ю. Воробьевым (1963). Они отличаются плотностью и однородностью рудной массы, кажутся сливными.

По взаимоотношению рудных и нерудных минералов и обломков пород выделяются брекчиевидная, прожилковая, массивная, пятнистая, полосчатая, сланцеватая и другие текстуры. Широко распространены брекчиевидная, массивная, полосчатая и сланцеватая текстуры руд. Брекчиевое и брекчиевидное сложение свойственно сильноокварцованным сплошным рудам. Руды, умеренно обогащенные пластичными минералами, обладают иногда одновременно полосчатостью и сланцеватостью. Полосчатые текстуры часто встречаются в рудах Иртышского месторождения. Руды полосчатого строения нередко приурочены к висячему боку рудных тел вблизи контактов их с вмещающими породами. В сплошных рудах полосчатость выражена очень четко и обусловлена чередованием полос с различными количественными соотношениями сульфидов. Часто полосчатость обусловлена различными гранулометрическими типами, что наблюдается в основном в пиритовых рудах. Интересным и важным фактом является то, что вкрапленники пирита в таких рудах часто представлены округлыми или овальными зернами. Во вкрапленных рудах полосчатость определена чередованием полос с разным количеством сульфидов и нерудных минералов или безрудных слоев и полос с вкрапленностью сульфидов. Сланцеватые текстуры в рудах распространены также широко. Обычно сланцеватость прямолинейная, но иногда на отдельных участках наблюдаются

микроскладчатость и плейчатость. Отчетливо сланцеватость проявлена в богатых серицитом пиритовых рудах, но нередко она встречается и в сплошных полиметаллических рудах. Характерной особенностью сланцеватой текстуры является то, что отдельные полоски (независимо от минерального состава) не выдержаны по мощности и крупности зерна. Иногда отмечаются полоски с весьма тонкозернистой структурой, наминающие слои альеролитов в песчанике. Сланцеватым рудам присущи крупные овальные выделения кварца, пирита — «очки», которые обволакивает тонкозернистый агрегат сульфидов. В «тенях давления» таких очков скапливается чистый халькопирит, образующий также гнезда, жилки. Детальное изучение руд показало, что халькопирит гнезд и прожилков постепенно переходит в халькопирит основной массы сплошной руды.

Сланцеватость и полосчатость руд обычно совпадают по направлению. Но иногда сланцеватость сечет полосчатость под углами $10-15^\circ$, что свидетельствует о наложении сланцеватости, возникшей в процессе динамометаморфизма пород, на колчеданно-полиметаллические руды.

На Иртышском месторождении отчетливо выражена поперечная (нормальная к плоскостям напластования) зональность оруденения. В большинстве разрезов она проявляется в том, что в висячем боку рудных залежей располагаются в основном полиметаллические руды, обогащенные свинцом, а иногда и барием. В лежащем боку сосредоточены существенно медные или медно-цинковые руды, отличающиеся низким содержанием свинца.

Наблюдаемые геологические особенности месторождения (условия залегания рудных залежей, взаимоотношения с окружающими горными породами, строение рудных залежей, текстурно-структурные особенности руд и другие критерии) свидетельствуют, по мнению автора, о гидротермально-осадочном происхождении его и о наличии последующего метаморфизма руд, выразившегося в рассланцевании их, перекристаллизации и регенерации.

НОВЫЕ ДАННЫЕ О ГЕНЕЗИСЕ НИКОЛАЕВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

М. А. ТОЙБАЗАРОВ

С 1964 г. Николаевское месторождение разрабатывается карьером. Геологической службой комбината при ежедневной документации забоев, а также при стереофотограмметрической съемке, проводимой в целях геологического картирования карьера, получен новый фактический материал который позволяет несколько иначе рассматривать вопрос о генезисе месторождения по сравнению с ранними представлениями (Тойбазаров, 1970 и др.).

В геологическом строении месторождения участвуют вулканы кислого и основного состава верхнедевонского возраста. В северной части карьера развиты вулканические образования кислого состава, объединенные под названием порфиров сопки Памятник. Фациальным анализом здесь выделены породы жерловой, экструзивной и лавовой фаций. Возраст их датируется верхним девоном.

Западная часть месторождения сложена характерными породами, которые нами названы «липаритовыми порфирами Запада». Всеми исследователями эти породы отнесены к пирокластическим образованиям снегиревской свиты. Порфиры слагают штокообразное тело кольцевого строения, которое подчеркивается различными текстурными рисунками пород. В центральной части субвулканического тела, в липаритах, макроскопически отсутствуют обломки, а периферийная часть его выполнена брекчиями, состоящими на 40—90% из обломочной фракции. Четкой границы между брекчиями и порфирами нет, наблюдаются только постепенные взаимные переходы. Количество и размер обломков увеличиваются от центра к краевой части субвулканического тела. Сортировка обломочного материала выражается лишь в более или менее четком разделении на три фракции: средней, крупнообломочные и глыбовые. Границы размеров обломков для разделения этих пород на три фракции во многом носят условный характер. Главными текстурными признаками в брекчиях являются слабая сортировка по крупности и форме литокластов, а также отсутствие их упорядоченной ориентировки. Ведущая роль среди обломков принадлежит осадочным породам, которые, судя по спорово-пыльцевым

анализам, относятся к осадочным комплексам березовской (эйфель), таловской (живет), каменевской (фран) свит.

Среди обломков встречены гидротермально-измененные породы, порфиры сопки Памятник с вкрапленностью и прожилками пирита, сплошные серноколчеданные руды, не характерные для месторождения сплошные полиметаллические руды, плагиогранит-порфиры, граниты. В них отсутствуют обломки основных пород пихтовской свиты.

Взаимоотношение «порфиров Запада» с вмещающими породами носит интрузивный характер. Наиболее вероятно, что генетически эксплозивные брекчии связаны со становлением субвулкана.

Венчает разрез палеозоя пихтовская свита, сложенная шаровыми лавами основного состава с прослоями осадочных пород. В межформационных конгломератах свиты обнаружены обломки серноколчеданных руд и оруденелых порфиров сопки Памятник.

Интрузивные породы представлены дайками интратрудных порфиров и пострудных плагиогранит-порфиров. Пространственное положение даек полностью согласуется с положением тектонического каркаса месторождения. Структура месторождения определяется сочетанием палеовулканических, пликативных и разрывных дислокаций.

Оруденение имеет полигенный характер. Формирование мощной рудной залежи происходило в два этапа, охватывающих отрезок времени от фамена до намюра. О таком длительном периоде становления залежи свидетельствуют следующие факты:

1. Обломки кристаллических руд первого этапа встречены в эксплозивных брекчиях и межформационных конгломератах пихтовской свиты. Эти породы имеют фаменский возраст.

2. В основании малоульбинской свиты ($C_{1n}-C_2$), в базальных конгломератах, Н. Л. Бубличенко (1956) обнаружил рудные гальки. Б. И. Вейц, А. К. Каюпов (1960) установили полную идентичность минералогического состава, текстур и структур рудных галек и руд месторождения.

Для того чтобы полнее и нагляднее показать генетические особенности месторождения, дадим детальное описание геологических процессов, проходивших в отрезке времени от фамена до намюра.

В нижнем фамене в узле сопряжения Карьерного разлома северо-восточного простирания и Николаевской ослабленной зоны северо-западного направления сформировалось лакколитообразное тело кварцевых альбитофиров (порфиры сопки Памятник). Продолжавшиеся в Карьерном разломе

тектонические подвижки имели пульсационный характер, о чем свидетельствует появление мощной зоны тектонически окатанных кварцевых альбитофиров. По своим физико-механическим свойствам порфиры сопки Памятник представляют собой «жесткие», почти не способные деформироваться пластически, т. е. склонные к хрупкой деформации, породы. Очевидно, эти свойства вулканитов определили внутреннее строение Карьерного разлома. В последующем зона разлома становится ареной процессов сульфидного метасоматоза. В первую стадию оруденения возникла огромная (по размеру и запасам) залежь серноколчеданных руд. Резкое преобладание сплошных серноколчеданных руд над вкрапленными также подтверждает факт пространственной приуроченности их к полости Карьерного разлома.

Интрарудные тектонические подвижки способствовали повсеместному интенсивному дроблению, катаклазу и милонитизации серного колчедана, а последующая тектоническая активность обусловила привнос медных (вторая стадия) и медно-цинковых (третья стадия) растворов. Такая последовательность в изменении состава рудных растворов привела к зональному строению залежи кристаллических руд. При движении от центра к периферии залежи наблюдается переход колчеданных медно-цинковых руд в колчеданные медные, которые сменяются серноколчеданными. Минералогический состав, структурно-текстурные особенности руд первого этапа указывают на то, что рудные растворы были истинными, с щелочной реакцией.

Следующие тектонические подвижки связаны с проявлением саурской фазы складчатости. Большая мощность зон брекчирования и дробления пород свидетельствует о значительной интенсивности тектонических движений. В этот период происходит смена плана тектонических деформаций — зарождается Надрудный надвиг — межформационный срыв на контакте взрывных брекчий и порфиров сопки Памятник. Надрудный надвиг сыграл решающую роль в рудогенезисе второго этапа. В физически ослабленной зоне локализуются метаколлоидные медно-цинковые руды (четвертая стадия). Они занимают пространство вдоль южного контакта лакколита, облегая кристаллические руды. В результате возникла подковообразная форма залежи. Рудные растворы в эту стадию характеризуются переменностью концентраций, температуры и насыщенностью полезными компонентами и, если учесть, что метасоматозу подвергались взрывные брекчии с различным литологическим составом и размером обломков, то станет объяснимым многообразие коллоидальных текстурно-структурных рисунков руд.

Этими факторами объясняется, очевидно, непостоянство в содержании полезных компонентов как по падению, так и по простиранию залежи.

Вдоль контактов кристаллических и метаколлоидных медно-цинковых руд прослеживается зона так называемых переходных руд. Здесь ранее катаклазированные кристаллические руды сцементированы более поздними колломорфным марказитом, пиритом, мельниковитом, халькопиритом и вюртцитом. Этот факт подтверждает стадийный характер рудогенеза, который изложен выше.

Неспокойная тектоническая обстановка обусловлена внедрением интрудной дайки порфиритов в ослабленной полости надрудного разлома и серии сближенных разломов северо-западного простирания. Эти дайки пересекают весь комплекс пород верхнего девона.

Завершается рудный процесс формированием метаколлоидных руд цинковой (пятой) стадии. Они плащом покрывают более ранние метаколлоидные медно-цинковые руды. Метасоматическому замещению подвергаются дайка порфирита, взрывные брекчии и метаколлоидные медно-цинковые руды. Рудные растворы цинковой стадии обладают характерным, только им присущим геохимическим обликом. Им свойственно повышенное содержание цинка, свинца, золота, серебра, кадмия, мышьяка, сурьмы, бария. Меди в них практически нет.

Рудные растворы второго этапа имели низкие температурные характеристики и коллоидальную природу. Реакция растворов кислая, о чем свидетельствует повсеместное развитие таких минералов, как марказит, вюртцит, мельниковит, гипс.

На близповерхностное формирование сульфидных метаколлоидных руд указывает присутствие в них значительного количества кислородных соединений свинца — англезита.

После становления рудной залежи план деформаций меняется. Развиваются дизъюнктивы северо-восточного простирания. Мощность их обычно не превышает 3—5 м. В них внедряются дайки плагиогранит-порфиоров. О пострудном характере этих даек можно косвенно судить по тому, что по ним наблюдается смещение Надрудного разлома.

ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ НИКОЛАЕВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

В. А. НАУМОВ

Вопрос о генезисе оруденения Николаевского месторождения в настоящее время является дискуссионным. Для объяснения условий формирования его предложены разные гипотезы, но большая часть исследователей относит это месторождение к позднему гидротермально-метасоматическому типу.

Согласно интрузивной гипотезе (Иванкин, 1957; Иванкин и др., 1961), оруденение парагенетически связано с верхнепалеозойским комплексом малых интрузий. С позиций эффузивной гипотезы (Вейц, 1953а) оруденение считается более древним и генетически связанным с процессами девонского вулканизма. Н. И. Воронцов (Воронцов, Воронцова, 1964) высказал мнение об эксгальационно-осадочном происхождении месторождения и сингенетичности его с образованием верхнедевонских вулканогенно-осадочных отложений.

На основании данных, полученных при детальном геологическом изучении действующего Николаевского карьера (В. В. Наумов, 1966—1974 гг.) и минералогических исследованиях (Е. А. Анкинович, 1970—1973 гг.), дополнены существующие представления и в несколько другом аспекте рассмотрен вопрос об особенностях условий формирования Николаевского месторождения.

Николаевское месторождение имеет гидротермально-метасоматический генезис, на что указывают структурно-тектурные особенности руд и многостадийность рудной минерализации; первичные ореолы рассеяния металлов, сопровождающие рудные тела; структурное положение, морфология и внутреннее строение рудных тел; залегание рудных тел на различных стратиграфических уровнях и в разных породах, а также наличие окolorудных изменений в лежащем и висячем боках рудной залежи, присутствие в рудах реликтовых обломков вмещающих пород (субвулканических липаритовых порфиров, туфов кислого состава снегиревской свиты).

Результаты исследования изотопного состава серы и соотношения основных изотопов S^{32} и S^{34} в рудообразующих сульфидах из разных типов руд и генераций минералов

свидетельствуют о магматическом источнике происхождения серы. Значения δS^{34} в сульфидах варьируют от +1,9 до +6,8 ‰, отношения S^{32}/S^{34} — от 22,07 до 22,18 (в среднем 22,13). С учетом небольших пределов колебаний δS^{34} и близких величин изотопных отношений S^{32}/S^{34} к среднему отношению этих изотопов в земной коре, мантии и метеоритах, соответственно равному 22,13 и 22,20 (Виноградов, 1959), Николаевское месторождение можно отнести к магмато-генно-гидротермальному типу.

Образование руд происходило в близповерхностных субвулканических условиях, на сравнительно небольших глубинах (500—1000 м), и характеризовалось резким падением градиентов температуры и давления. Эволюция рудообразующих растворов заключалась в том, что состав гидротермальных растворов неоднократно менялся с щелочного на кислый, истинные растворы переходили в коллоидные, колебался режим серы — кислорода, к концу рудного процесса повышался окислительный потенциал и снижалась температура образования руд.

Преобладание в составе рудной залежи сплошных руд указывает на то, что интенсивность рудообразования и концентрация растворов были высокими, вследствие чего при нарушении физико-химического равновесия растворов началось массовое отложение сульфидов. Оруденение сформировалось в результате метасоматического замещения вмещающих пород и путем выполнения открытых полостей.

В рудном процессе выделяются два этапа оруденения: ранний (колчеданный) и поздний (колчеданно-полиметаллический). На раннем этапе появились кристаллически-зернистые колчеданные руды, а на позднем — метаколлоидные колчеданно-полиметаллические руды. Колчеданный этап оруденения отделяется от колчеданно-полиметаллического длительным перерывом, во время которого происходили интенсивные тектонические деформации, сопровождающиеся дроблением и брекчированием кристаллически-зернистых колчеданных руд, образовывались магматогенные брекчии и внедрялись дайки порфиритов. Колчеданный этап рудообразования во времени и парагенетически связан с верхнедевонскими субвулканическими телами липаритовых порфириров. Колчеданно-полиметаллическое оруденение является более поздним по отношению к колчеданным рудам. В ходе изучения возрастных соотношений даек порфиритов с рудами выявлено, что внедрились они после отложения колчеданных руд, но до проявления позднего (колчеданно-полиметаллического) оруденения.

Представления исследователей Николаевского месторождения о возрасте оруденения различны.

Рудная галька и галька оруденелых пород в базальных конгломератах малоульбинской свиты впервые была обнаружена Н. Л. Бубличенко (1956), на основании чего был сделан вывод, что формирование месторождения закончилось ко времени накопления континентальных отложений малоульбинской свиты намюр-среднекарбового возраста. Изучая этот же фактический материал (кern скважин № 207 и 815), П. Ф. Иванкин и В. С. Кузбный (1960) сульфидное оруденение в конгломератах малоульбинской свиты считают обусловленным эпигенетическими гидротермально-метасоматическими процессами. На основании их данных оруденение на Николаевском месторождении не закончилось ко времени отложения пород малоульбинской свиты, и вопрос о верхней возрастной границе формирования данного месторождения остался открытым. Б. И. Вейц и А. К. Каюпов (1960) подтвердили выводы Н. Л. Бубличенко (1956) о завершении процессов рудообразования на Николаевском месторождении до начала верхнего палеозоя. Минералогический анализ рудных галек, проведенный Б. И. Вейц (1959), показал, что характер рудной минерализации (минеральный состав и структурно-текстурные особенности) аналогичен таковому николаевских руд метакolloидного типа.

Обломки сульфидной руды в породах кровли месторождения вблизи рудной залежи обнаружили также Н. И. Воронцов и М. К. Воронцова (1964), на основании чего они пришли к выводу о нижнефаменском возрасте оруденения.

В. А. Наумовым при детальном изучении рудовмещающих толщ месторождения в 1966—1974 гг. рудокласты были найдены в эксплозивных брекчиях. Рудные обломки сложены кристаллически-зернистыми серноколчеданными и медноколчеданными рудами. По минеральному, химическому составу, структурно-текстурным особенностям, изотопному составу серы и элементам-примесям рудокласты сопоставляются с рудами первого этапа оруденения.

На основании приведенных данных можно предположить, что формирование Николаевского месторождения было длительным во времени и полихронным: процессы рудообразования начались в верхнем девоне с появления кристаллически-зернистых серноколчеданных руд первого этапа и завершились до начала верхнего палеозоя (вероятно, на границе верхнего девона и нижнего карбона), когда сформировались колчеданно-полиметаллические руды метакolloидного типа.

Физико-химические условия рудоотложения на раннем и позднем этапах существенно отличались температурой, давлением и составом растворов. В ходе рудного процесса химизм гидротермальных растворов со временем менялся и происходило изменение режима серы — кислорода, кислотности — щелочности, состава и концентрации рудных и нерудных компонентов. В ранний этап рудообразования концентрация серы была наибольшей и из истинных растворов щелочного состава формировались кристаллически-зернистые серноколчеданные и медноколчеданные руды. В поздний этап оруденения образовались метаколлоидные колчеданно-полиметаллические руды. Они представлены минеральной ассоциацией марказит — вюрцит, реже другими сульфидными минералами (халькопирит, сфалерит, галенит). Широкое развитие марказита и вюрцита, а также колломорфных структур в метаколлоидных колчеданно-полиметаллических рудах указывает на коллоидный характер рудоносных растворов и их кислый состав.

Температурный режим рудообразования колебался в широких пределах. Наиболее высокие температуры минералообразования свойственны начальным стадиям. Характер процессов окolorудных гидротермальных изменений (серцитизация, хлоритизация, окварцевание), парагенетические ассоциации рудных минералов, структуры распада твердых растворов и данные декрепитационного анализа показывают, что температурные колебания в процессе рудообразования были достаточно широки — $320-100^{\circ}$. Месторождение формировалось в средне- и низкотемпературных условиях. Наиболее высокие температуры присущи раннему этапу оруденения. Колчеданные руды отлагались при более высоких температурах ($320-310^{\circ}$) по сравнению с метаколлоидными колчеданно-полиметаллическими рудами ($300-100^{\circ}$).

Структурно-геологическое положение месторождения, тесная сопряженность во времени и пространстве оруденения с базальтово-липаритовым вулканогенным комплексом верхнедевонского возраста указывают на временную и парагенетическую связь процессов вулканизма и рудообразования. Рудоотложение на Николаевском месторождении происходило не в период максимальных вулканических извержений, а в заключительные фазы вулканизма, когда завершилось накопление вулканогенных толщ. В это время внедрялись поздние субвулканические интрузии и активно поступали поствулканические гидротермальные растворы. Источником рудоносных растворов, по-видимому, служили долгоживущие магматические очаги, в результате деятель-

ности которых образовался контрастно дифференцированный базальтово-липаритовый вулканогенный комплекс и на заключительных этапах вулканизма сформировались субвулканические интрузии кислого и основного состава. Оруденение имеет тесную пространственную и структурную связь с субвулканическими телами липаритовых порфиров верхнедевонского возраста, на основании чего предполагается, что они являются производными общего для них магматического очага. Внедрение субвулканических интрузий липаритовых порфиров предшествовало рудоотложению. Оруденение эпигенетично и наложено на субвулканические липаритовые порфиры, но значительного разрыва во времени между ранним (колчеданным) этапом оруденения и их формированием не было.

Согласно классификациям В. И. Смирнова (1969) и В. Н. Котляра (1970), Николаевское месторождение относится к субвулканическому гидротермальному типу. Парагенетическая связь оруденения с субвулканическими телами кислого состава установлена в последние годы также на многих колчеданных и колчеданно-полиметаллических месторождениях Урала (Г. Ф. Яковлев, В. И. Старостин и др.), Кавказа (В. Н. Котляр и др.), Мугоджар (Ю. С. Белецкий, С. Г. Грешнер, Е. М. Медетов).

По геолого-структурным и генетическим особенностям, вещественному составу руд и условиям образования Николаевское месторождение является аналогом медноколчеданных месторождений Южного Урала (Блявинского, Комсомольского, Сибайского и др.).

УДК 553.061.11(584.4)

ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ КАМЫШИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Э. С. ПОНОМАРЕВ, В. С. КУЗЕВНЫЙ, Г. Д. ГАНЖЕНКО

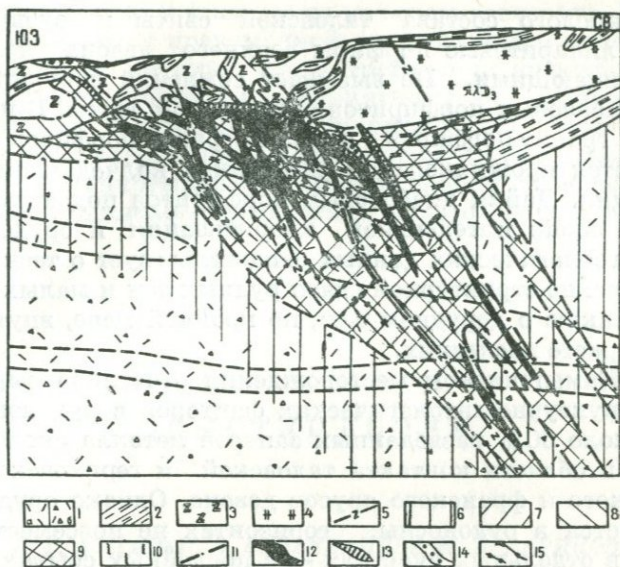
Камышинское месторождение размещается в юго-западном крыле Алейского антиклинория и характеризуется глыбово-складчатым строением. Блок рудного поля ограничен субмеридиональными разломами и ослабленной зоной

субширотного направления. Эти нарушения являются отражением древних расколов в складчатом основании нижнепалеозойского структурного этажа, активизация которых происходила неоднократно.

Месторождение приурочено к сложно дислоцированной девонской вулкано-тектонической структуре, расположенной на пересечении разломов, где происходило унаследованное развитие вулканических и интрузивных процессов на протяжении всего герцинского тектоно-магматического цикла. Дизъюнктивы контролируют размещение разновозрастных магматических пород, начиная от вулканитов и сопровождающих их субвулканических образований девона (кварцево-кератофировая формация) и кончая верхнепалеозойскими постгранитными малыми интрузиями (формация малых интрузий альбитофиров-порфиритов). Последние в основной массе дискордантны к вмещающим породам и складчатым структурам. В глубоких горизонтах месторождения (приблизительно 2 км) находятся гранитоиды.

Рудолокализирующая структура Камышинского месторождения представляет собой сопряжение крутопадающих зон трещиноватости с межпластовыми и послойными срывами и относится к типу комбинированных (см. рис.). В строении крутопадающих зон, которые распространены в вулканитах кислого состава таловской свиты (липаритовая подформация), четко проявляется зональность в залегании метасоматитов и руд. Внешняя часть зоны сложена продуктами прерудного среднетемпературного кислотного выщелачивания (минеральные ассоциации: кварц — серицит, кварц — серицит — пирит), внутренняя — метасоматитами щелочного средне-низкотемпературного магнезиально-железистого отложения (минеральные ассоциации: хлорит, хлорит — пирит, хлорит — серицит, хлорит — серицит — пирит), вмещающими вкрапленно-прожилковое оруденение медноколчеданного состава.

Рудоносные зоны межпластового типа вскрыты в разрезе гериховской свиты (терригенная базальтовая подформация) и на границе с таловской. Хлоритовые и серицито-хлоритовые метасоматиты сосредоточены преимущественно в лежащем боку зоны и развиты как по вулканитам, так и по осадочным породам. Всякий бок рудной зоны выполнен кварцитами по алевролитам и метасоматитами по диабазовым порфиритам. Минеральные ассоциации метасоматитов таковы: эпидот — пренит, калишпат — эпидот — карбонат — хлорит, карбонат — хлорит — пирит, реже эпидот — актинолит и эпидот — хлорит — пирит. Во фронтальной части колонны наблюдается ореол кварцевых и кварцево-



Особенности строения рудной зоны Камышинского месторождения (разрез I—I составлен с использованием материалов Шемонаихинской ГРП). 1 — лавы (а) и брекчиевые лавы (б) липаритовых порфиров таловской свиты; 2 — алевриты, туфопесчаники; 3 — диабазовые порфириты гериховской свиты; 4 — субвулканические липаритовые порфиры верхнего девона; 5 — диабазовые порфириты верхнего палеозоя; 6 — зоны кварцево-серицитового выщелачивания; 7 — кварциты зоны выщелачивания; 8 — зоны среднетемпературного изменения порфиритов; 9 — зоны магнезиально-железистого отложения; 10 — кварцевые и кварцево-карбонатные с баритом прожилки; 11 — границы зон метаморфизма; 12 — медноколчеданные руды; 13 — медно-цинковые руды; 14 — полиметаллические руды; 15 — прожилковая колчеданная и медно-колчеданная минерализация.

карбонатных с баритом жил и прожилков, сопутствующих и завершающих процесс рудоотложения. Зональность эндогенной минерализации проявляется в целом на месторождении и локально в рудных телах межпластового типа, где встречены все типы руд — от медноколчеданных до барит-полиметаллических. При доразведке месторождения выявлена сложная морфология рудных залежей, относимых к межпластовому типу. Полосчатость в них, как правило, круто ориентирована по отношению к слоистости в алеврититах и обычно параллельна падению даек диабазовых порфиритов.

По взаимоотношениям оруденения с магматическими породами определен его наложенный характер. Вулка-

ниты кислого состава таловской свиты и субвулканические липаритовые порфиры верхнего девона являются рудовмещающими. Не вызывает сомнений дорудный возраст диабазовых порфиритов гериховской свиты. В поздних дайках гранит-порфиров и плагиигранит-порфиров часто отмечается прожилковая и рассеянная колчеданная минерализация. Дайки диабазовых порфиритов подвергаются в рудных зонах интенсивной хлоритизации и оруденению. Сумма геологических данных свидетельствует о тесной пространственно-структурной связи рудных зон и малых интрузий, а также о дорудном или, по крайней мере, внутрирудном возрасте последних.

На Камышинском месторождении отчетливо выражена роль структурно-литологических факторов в рудолокализации. Около 60% разведанных запасов металла сконцентрировано в области контакта таловской и гериховской свит живетского и франского ярусов девона. Однако оруденение встречается в рудоносных горизонтах не повсеместно, а только в отдельных участках — в послонных срывах, зонах рассланцевания и дробления пород на крыльях приразломной синклинальной складки. Алевролиты и диабазовые порфириты являются геологическими и физико-химическими экранами для рудоносных растворов. Оруденение сосредоточено преимущественно в наиболее благоприятных для метасоматического замещения породах (алевролитах). В эффузивах таловской свиты проявились в основном хрупкие деформации пород, приведшие к формированию крутопадающих дизъюнктивов и зон трещиноватости. Последние были благоприятными для концентрации оруденения вкрапленно-прожилкового типа.

Гидротермально-измененные породы и оруденение обнаруживают на месторождении тесную структурную и парагенетическую связь с поздними дайками комплекса малых интрузий альбитофиров-порфиритов, образуя единую рудно-магматическую систему, что свойственно позднеорогенным колчеданным месторождениям и дополнительно подтверждает эпигенетический характер оруденения по отношению к разрезу девона и глубинности источника рудообразующих растворов. Это позволяет считать оруденение Камышинского месторождения верхнепалеозойским.

Эпигенетический характер оруденения, существенная закрытость системы рудоотложения и выдержанность продуктивных минеральных ассоциаций рудных тел жильного типа свидетельствуют о значительной глубине распростра-

нения оруденения в нижнем рудоносном горизонте. В связи с этим становится правомочной предпосылка о наличии на Камышинском месторождении третьего рудоносного горизонта, приуроченного к благоприятному для рудолокализации контакту таловской и лосишинской свит среднего девона, включая разрез последней. С этим стратиграфическим уровнем в Прииртышском рудном районе связаны Таловское, Золотушинское, Орловское и некоторые другие месторождения.

ВЫСТУПЛЕНИЯ

*Д. Г. АЖГИРЕЙ, В. Б. ЧЕКВАИДЗЕ, М. В. БАРИНОВ,
О. И. КОНДЮРИН*

1. Важной особенностью строения Березовско-Белоусовского рудного поля, определяющей размещение магматических пород, метасоматитов и руд, является чередование различно построенных и деформированных блоков пород, разделенных зонами повышенного расланцевания. Зоны пересекают складчатые структуры и нередко «растаскивают» их на отдельные фрагменты. В то же время руды, окolorудные метасоматиты и тела малых интрузий отчетливо контролируются зонами повышенного расланцевания и накладываются на интенсивно деформированные породы.

2. Малые интрузии кислого, среднего и основного состава, а также зоны метасоматитов и руд обычно группируются в рудно-магматические системы, вытянутые в направлении линейной ориентировки динамометаморфических сланцев. При этом ярко проявляется конформность рудных тел и малых интрузий. Корневые части рудно-магматических систем сосредоточены в узлах пересечения разноориентированных разломов, что подтверждается многочисленными геологическими и геофизическими данными.

3. На рудных объектах отчетливо выражена структурная зональность при движении от корневых к фронтальным частям рудолокализирующих структур. В указанном направлении разветвляются рудовмещающие разрывы, возрастает интенсивность пластических деформаций (вплоть до при-

фронтальной зоны, где происходило максимальное рудоотложение) и постепенно затухают складчато-разрывные деформации с переходом к зонам трещиноватости и брекчирования (во фронтальной зоне).

4. Структурной зональности нередко соответствует рудная зональность. Так, на примере Иртышского месторождения устанавливаются следующие закономерности. В прикорневой зоне представлены четко дифференцированные по составу рудные тела: медно-цинковые, свинцово-цинковые с неяснополосчатой, полосчатой и пятнистой текстурами. В прифронтальной зоне преобладают слабодифференцированные многокомпонентные полиметаллические руды массивной и брекчиевой текстуры. Наконец, во фронтальной зоне развиты моно- и биминеральные медноколчеданные и медно-цинковые руды, характеризующиеся вкрапленной, гнездово-прожилково-вкрапленной, сетчатой и петельчатой текстурами.

Приведенные данные свидетельствуют о ярко выраженной направленности процессов рудообразования в сквозных структурах.

Э. С. ПОНОМАРЕВ, Н. И. ЗАМЯТИН

Чтобы выяснить источник серы и условия формирования Камышинского месторождения, авторы проанализировали 54 мономинеральные пробы сульфидов из различных типов руд всех основных залежей. Вариации величин δS^{34} сульфидов руд (среднее $+3,6\%$) оказались близкими к метеоритному уровню. Эта особенность характерна для основных колчеданно-полиметаллических месторождений Рудного Алтая, что позволяет предполагать наличие гомогенного глубинного, верхнемантийного источника серы рудного вещества. Изотопные отношения серы между сульфидами разного минерального вида, находящимися в непосредственной ассоциации, свидетельствуют о значительных температурах рудоотложения. Отсутствие высоких и низких значений δS^{34} в сульфидах руды исключает контаминацию растворов осадочными сульфатами и сульфидами. В процессе рудоотложения проявилась тенденция к обогащению поздних генераций сульфидов легким изотопом S^{32} , что связано с повышением окислительного потенциала рудоносных растворов на поздних стадиях рудного процесса. Это подтверждается присутствием барита, свойственного поздним стадиям рудоотложения. В. А. и Л. Н. Гриненко в 1974 г. показали, что стратиформные медные и свинцово-цинковые месторожде-

ния обладают широким спектром значений изотопных отношений серы (соответственно от +13 до -18‰ и от +22 до -14‰), что связано с вовлечением в рудный процесс серы осадочных сульфатов и биогенной серы. Колчеданно-полиметаллические месторождения Рудного Алтая, как и колчеданные месторождения других провинций, обладают узким диапазоном вариаций изотопных отношений серы сульфидов, близких к метеоритному стандарту, вследствие чего, по нашему мнению, их нельзя объединить в одну группу со стратиформными месторождениями.

А. Н. БАРЫШЕВ, В. П. ЦЕТЛИН

Локализация Главного тела колчеданно-полиметаллических руд Николаевского месторождения контролируется поверхностью кровли верхнедевонского экстрозива кварцевых альбитофиров (порфиров сопки Памятник) на его юго-восточном фланге и корневой частью экстрозива. Последняя, в свою очередь, контролируется зоной разрывов северо-западного простираия. Относительно упомянутых элементов проявлена текстурно-структурная и вещественная зональность кварцевых альбитофиров и колчеданных руд, которая не отмечается для крупных разрывов северо-восточного простираия, не имеющих рудоконтролирующего значения.

Главное рудное тело сформировалось преимущественно путем гидротермально-метасоматического замещения экстрозива кварцевых альбитофиров и донных илов массивными рудами. На флангах отлагались слоистые, разделенные осадочными породами вулканогенно-осадочные руды, в которых на ранний кристаллический зональный пирит, снесенный с апикальной части Главного тела, нарастали микроколломорфные полиметаллические сульфиды и глобулярный фрамбоидальный пирит.

В перекрывающих рудное тело туфогенных брекчиях присутствуют обломки оруденелых порфиров, серноколчеданных, медноколчеданных, колчеданно-полиметаллических руд, кремнисто-пирит-гематитовых руд, рассеченных прожилком сфалерита, не выходящим за пределы обломка. Обилие обломков гематитсодержащих руд свидетельствует о деструкции фланга месторождения.

Девонский возраст толщи, вмещающей рудокласты, помимо ее стратиграфического положения характеризуется переходом выше в экстрозив флюид-порфиров, а также пересечением дайками субвулканических андезитовых порфири-

тов, петрохимически и петрографически аналогичных фаменским эффузивам пихтовской свиты.

Восточный фланг Главного рудного тела срезан шовной зоной Надрудного разлома юго-восточного падения и смещен к юго-западу вдоль серии швов, где фиксируются рудные тектонические блоки. Николаевское месторождение — представитель месторождений типа Куроко, ближайший аналог — Утинодаи-Ниси (Япония).

В. В. АВДОНИН

Рассматривая главнейшие особенности Тишинского месторождения, отметим в первую очередь многоэтапность его формирования. Достаточно отчетливо выделяются четыре этапа: ранний колчеданный, поздний полиметаллический, этап калиевого метасоматоза, этап динамотермального метаморфизма. В последнее время установлено наличие на месторождении руд вулканогенно-осадочного генезиса (медноколчеданных и полиметаллических) и, что особенно важно, получены доказательства гидротермально-осадочного формирования пород (микрокварцитов, доломитолитов, хлоритолитов), считавшихся некоторыми исследователями метасоматитами. Месторождение подверглось интенсивному преобразованию в результате проявления мощного процесса динамотермального метаморфизма (по Г. Н. Щербе). Недостаточный учет этого процесса приводит к неправильной интерпретации наблюдаемых взаимоотношений вмещающих пород и руд и к ошибочным выводам о молодом возрасте образования.

Содержащаяся в докладе Э. С. Пономарева и других трактовка структуры Камышинского месторождения как сочетания пологих согласных залежей с крутыми подводящими минерализованными зонами подтверждается нашими данными. Следует обратить внимание на то, что руды согласных залежей обладают многочисленными признаками вулканогенно-осадочного происхождения. В пользу древнего возраста этого месторождения, связи его с девонским вулканизмом свидетельствует и тот факт, что в околорудных кварцево-серицитовых породах не обнаружены следы глинистых минералов и смешанно-слоистых фаз, характерных для всех подобных месторождений и исчезающих при воздействии на эти породы термального метаморфизма. В данном случае такое воздействие было оказано гранитами, расположенными вблизи месторождения.

Закономерности размещения месторождений Прииртышского района определяются сочетанием литолого-стратиграфических, структурно-тектонических и магматических факторов. Недооценка роли структурного контроля оруденения приводит к «пластовой» увязке несомненно комбинированных рудных зон и неправильной оценке их перспектив на флангах и глубоких горизонтах (месторождение Камышинское). При добыче руд это вызовет неоправданные затраты сил и средств. Малые мощности зон гидротермально-измененных пород в висячих боках рудных тел по сравнению с лежащими являются закономерностью, но отнюдь не доказательством вулканогенной природы руд.

Отнесение скарновых месторождений Прииртышья в ряд метаморфизованных и регенерированных (Г. Ф. Яковлев, М. Г. Хисамутдинов) ничем не доказано. Гранитоиды не могут метаморфизовать и переотлагать руды, которые отчетливо наложены на роговики и послегранитовые малые интрузии (Таловское, Орловское, Шемонаихинское месторождения). Верхнепалеозойский возраст скарновых месторождений Рудного Алтая очевиден.

Что касается Николаевского месторождения, то увязка николаевского фаунистического горизонта в разных блоках рудного поля однозначно не решена. С этим связаны разногласия по стратиграфическому положению рудной залежи и роли Карьерного разлома в рудокализации. Рудокласты кристаллических руд (включая полиметаллические) встречаются не в стратифицированной надрудной толще, а в интрузивных (эксплозивных) брекчиях верхнепалеозойского (?) возраста. Метаколлоидные руды в таких брекчиях иногда выполняют роль цемента.

Последовательность формирования рудной зоны такова: 1) становление порфиров сопки Памятник и кристаллических медноколчеданных руд; 2) образование жильных гранит-порфиров и кристаллических полиметаллических руд; 3) образование эксплозивных брекчий, жильных диабазов и отложение метаколлоидных руд. Не исключено, что самые ранние руды являются девонскими. Вопрос о верхней возрастной границе оруденения дискуссионный, а весь материал, по которому он решался (кern малоульбинский свиты), ликвидирован. Поэтому необходимо вблизи скважин 207 и 815 пробурить еще одну скважину с отбором керна по всему разрезу верхнего палеозоя для детального изучения.

Совещание почти закончено и можно подвести некоторые итоги. Прошло оно в основном под знаком «вулканогенной» гипотезы, что, конечно, не означает ее безусловной доказанности, так как, например, явления регенерации руд оказались очень мало выясненными.

Изучая Николаевское месторождение, Н. И. Воронцов выдвинул идею о девонском сингенетичном возрасте руд. В 1954 г. ко мне поступили сведения о том, что на Николаевском месторождении эффузивно-туфовые породы переслаиваются с углистыми сланцами. Однако вскоре было установлено (В. Ф. Масленников, Э. Н. Шпигель и др.), что малоульбинская свита ($C_{1n}-C_2$) вскрыта буровыми скважинами в блоке, ограниченном надвигами, а не переслаивается с эффузивно-туфовыми породами девона.

В керне пород малоульбинской свиты оказались пачки мелкогалечных конгломератов. В нескольких гальках мы обнаружили рудную минерализацию, по заключению Б. И. Вейц, аналогичную таковой Николаевского месторождения. По нашему мнению, это определило верхнюю возрастную границу колчеданно-полиметаллического оруденения. По этому поводу было опубликовано сообщение (1954), вызвавшее возражения со стороны П. Ф. Иванкина и В. С. Кузубного (1960 г.). Им, в свою очередь, было выдвинуто возражение со стороны Б. И. Вейц и А. К. Каюпова (1960 г.). Позднее Н. И. Воронцов продемонстрировал образцы туфогенных пород снегиревской свиты с окатанными гальками окисленных и неокисленных руд и сообщил, что руды Николаевского месторождения девонские, а не домалоульбинские. Странники «интрузивной» гидротермальной гипотезы объяснили образование этих пород явлениями эксплозии, взрывов. М. А. Тойбазаровым и другими на совещании была продемонстрирована прекрасная коллекция таких пород.

УДК 553.41/44(574.15)

**СТРУКТУРНО-ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ
СТРАТИФОРМНЫХ ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ
МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЮЖНОГО АЛТАЯ**

Д. П. АВРОВ

В 1933 г. В. П. Нехорошев на основании эмпирических данных о поясовом, зональном распределении оруденения на Алтае показал, что полиметаллический пояс, объединявший известные к тому времени на Рудном Алтае месторождения, не заканчивается на широте Нарымской долины, а должен продолжаться на юго-восток, в Южный Алтай. Этот прогноз подтвердился. В конце 30-х — начале 40-х годов в хребтах Сарымсакты и Нарымском были обнаружены шлиховые ореолы рассеяния свинцовых минералов, а позже Алтайской экспедицией ВСЕГЕИ, трестом Алтайцветметразведка и Алтайской геофизической экспедицией открыт новый для Алтая рудный район. Этот район сразу привлек к себе внимание алтайских геологов необычным для Рудного Алтая типом минерализации. Выявленные рудопроявления и небольшие месторождения локализуются преимущественно в широко распространенных здесь карбонатных отложениях эйфельского яруса. Точки с полиметаллической минерализацией отмечаются также в интрузивных порфирах, в вулканогенных обломочных и тонкозернистых гидротермально-измененных терригенных породах. Однако количество этих точек незначительно по сравнению с рудопроявлениями в карбонатных породах. Так, к юго-западу от группы южноалтайских месторождений, в Курчумском хребте, где развиты преимущественно толщи вулканогенно-терригенных образований, количество точек с признаками рудной минерализации резко сокращается.

Особенностью группы южноалтайских месторождений является их пластообразный «стратиформный» тип (Смирнов, Горжевский, 1974). Вместе с тем рудовмещающие известняки, не говоря уже о вулканогенных и терригенных образованиях, имеют неширокий возрастной интервал и отнюдь не представляют собой единый горизонт, а слагают самостоятельные пачки и слои, занимающие различное стратиграфическое положение. Эти данные (Авров, 1958) были подтверждены результатами исследований, проведен-

ных геологами Кальджирской партии ВКТГУ. Б. А. Шелудько, В. П. Казазаев и др. к перспективным на «стратиформный» тип отнесли два стратиграфических уровня оруденения: 1) карбонатную подформацию среднекултабарской подсветы, вмещающую Южно-Алтайский рудный узел, рудопроявления участка Солонешный, а, по нашему мнению, также Усть-Сарымсактинское проявление и Пневское месторождение; 2) карбонатно-терригенную подформацию, отвечающую верхней толще верхнекултабарской подсветы, к которой приурочено месторождение Саралка-Булак. В последние годы названные авторы сюда же отнесли участок Эдельвейс, объединивший непрерывный ряд проявлений в карбонатных породах на южном фланге Никитинского месторождения, в районе месторождения Саралка-Булак и районе правобережья р. Аша.

Площадь выходов рудовмещающих карбонатно-вулканогенных толщ достигает нескольких сотен квадратных километров. Однако наиболее перспективными в отношении промышленного оруденения являются горизонты известняков, слагающие крылья Беркут-Аульской антиклинали. Площадь их выходов составляет первые десятки квадратных километров. Ширина выхода карбонатных отложений вдоль восточного крыла этой антиклинали колеблется от 1—1,5 км на водоразделе рек Саралка (Саркал) — Солонешная до 5—7 км вдоль водораздельного гребня, отделяющего реки Кызылсаир и Акжар от системы р. Становой. В южном направлении эта полоса вновь несколько сужается. Полоса в разной степени минерализованных карбонатных пород хр. Сарымсакты имеет длину около 20 км, а с учетом проявлений на левобережье р. Бухтармы (Канкай, Усть-Сарымсактинское — Пневка — Коробиха) — 40 км.

Вдоль западного крыла Беркут-Аульской антиклинали выходы карбонатных пород прослеживаются на расстоянии 6—7 км. От широтной долины р. Аша до верховьев р. Унго они срезаны крупным нарушением. Судя по приведенным данным, площадные параметры рудовмещающих карбонатных толщ сопоставимы с таковыми других районов распространения стратиформного типа оруденения в карбонатных породах (Центральный Казахстан, Атасуйский район, Южный Казахстан, Киргизия и др.), в которых выявлены промышленные руды. Роднит группу южноалтайских стратиформных месторождений с аналогичными месторождениями других районов не только пластообразная форма, но и сравнительно простой состав руд. Руды группы южноалтайских месторождений представлены в основном свинцом, менее цинком, ничтожным количеством меди. Минералогиче-

чески наряду с галенитом и слабозелезистым сфалеритом отмечаются блеклые руды, редко халькопирит, антимонит, висмутит. Жильные минералы — доломит, кальцит, кварц, барит, флюорит, серицит, хлорит и альбит.

Близкий состав рудных и жильных минералов имеют месторождения Каратау и стратиформные месторождения Центрального Казахстана. Определенная аналогия может быть установлена и в морфологии рудных тел на известных южноалтайских месторождениях и месторождениях других рудных районов Центрального и Южного Казахстана (Амирасланов, 1957; Бузмаков и др., 1975). Сульфидные руды и там и здесь в основном приурочены к трещинным зонам, вытянутым согласно с простираем пород. Рудные скопления на Южном Алтае в рудных интервалах чаще располагаются в секущих, ориентированных перпендикулярно к напластованию пород прожилках, образующих густую сетку, реже по тонким нитевидным трещинкам, согласным с напластованием. Богатые руды часто имеют брекчиевидную текстуру. Наряду с трещинно-прожилковыми рудами, зонами с более или менее равномерной вкрапленностью рудных минералов в известняках отмечаются кварцево-жильные штокверки с редкими, но крупными гнездами галенита и блеклых руд (северный фланг Южно-Алтайского месторождения и район среднего участка Никитинского месторождения).

Аналогия с типичными стратиформными месторождениями заключается также в отсутствии четких границ рудных тел в рудоносных горизонтах. Е. И. Бузмаков и др. (1975) приводят убедительные данные, свидетельствующие о наложенном характере полиметаллического оруденения для группы Ушкатынских месторождений Центрального Казахстана. Действительно, породы грабен-синклинали, вмещающей Ушкатынское рудное поле, слагают складки с крутым падением крыльев от 85—90 до 60—50°. Складчатые структуры осложнены многочисленными разрывными нарушениями с амплитудой смещения от десятков до сотен метров. Рудные тела на месторождении Ушкатын III локализируются в осложненном сбросом восточном крыле синклинали меридионального простираения. При этом распределение сульфидных руд контролируется зонами дробления, часто согласными с простираем пород. На основании этого и других рассматриваемых примеров Е. И. Бузмаков и др. (1975) приходят к выводу о гидротермально-метасоматическом способе образования полиметаллических руд. При этом авторы специально подчеркивают, что отмечающееся в вулканогенно-кремнисто-карбонатной формации верхнего

девона — нижнего карбона железомарганцевое оруденение имеет согласное с вмещающими породами залегание. Рудные пласты с этой минерализацией участвуют совместно с вмещающими породами в складчатости. Полиметаллическое оруденение наложено как на вмещающие кремнистые и карбонатные породы, так и на железомарганцевые руды. Эти примеры убеждают нас в первостепенной или равнозначной роли структурного и литологического контроля как для рассматриваемого случая, так и для группы южноалтайских месторождений. Действительно, максимальное число проявлений и месторождений Южного Алтая контролируется целой серией нарушений, осложняющих крылья Беркут-Аульской антиклинали. Особенно интенсивно дислоцированы породы восточного крыла этой антиклинали, где слагающие его известняки, алевролиты и туфогенные породы смяты в опрокинутые к юго-западу и надвинутые одна на другую мелкие складки. Все это привело к образованию здесь зоны повышенной проницаемости, обеспечившей перенос и отложение рудных масс гидротермальными растворами. Подтверждения прямой генетической связи южноалтайских месторождений, приуроченных к карбонатным породам, с порфирированными интрузиями в последние годы получено не было. Очевидно, металлогеническая роль и значение этих интрузий для данного района оказались преувеличенными (Нурбаев, 1961). Наблюдающееся пространственное совмещение отдельных тел порфирированных интрузий и местоположения точек рудопроявлений объясняется тем, что распространение и тех и других контролируется единой системой разломов. На западном крыле Беркут-Аульской антиклинали складчатые дислокации несколько менее интенсивны, однако здесь проходит крупный глубинный разлом, залеченный интрузивами Белорецко-Маркакольского габброидного пояса. Вдоль него распространены проявления рудноалтайского типа, составляющие с южноалтайскими, по нашему мнению, единую рудоносную полосу. Помимо месторождений в карбонатных породах на восточном крыле Беркут-Аульской антиклинали богатые руды отмечаются в силикатных породах («туфогенных конгломератах»), по данным одних исследователей (Авров, 1958), и в телах порфирированных интрузивов с эруптивным строением — по данным других (Нурбаев, 1961). Так или иначе наличие оруденения в силикатных породах еще больше расширяет возможность обнаружения объектов, заслуживающих промышленного освоения. По характеру оруденения все южноалтайские месторождения являются гидротермальными. Первоначальным источником свинца, возможно, служила рассеянная,

сингенетичная с девонским осадконакоплением минерализация, претерпевшая при последующих процессах целый ряд трансформаций, приведших к мобилизации и переотложению рудного вещества. Вслед за открытием на Южном Алтае в начале 50-х годов характеризуемого типа оруденения была предпринята попытка разведать и освоить часть южно-алтайских месторождений. Однако в то время она оказалась безуспешной. В последние годы вновь проводились работы по доизучению и опознанию характеризующихся объектов. В результате прогнозные запасы данной группы месторождений возросли в несколько раз, но все еще не были найдены возможности доразведать и оценить хотя бы наиболее интересные объекты этой территории. Вовлечение в сферу промышленного освоения месторождений Южного Алтая — задача весьма актуальная.

УДК 550.812:553.43'44(235.222)

КРИТЕРИИ ПОИСКОВ ПРОМЫШЛЕННОГО ОРУДЕНЕНИЯ В ЗОЛОТУШИНСКОМ РУДНОМ РАЙОНЕ

М. П. АСТАФЬЕВ, А. Ф. ЧЕРНЫХ, А. В. ФАЛЕЙЧИК

Золотушинский рудный район располагается в северо-западной части колчеданно-полиметаллического пояса Рудного Алтая, который представляет собой классическую область широкого проявления древнего (девонского) вулканизма, приведшего к накоплению мощных вулканогенных отложений кварцево-кератофировой (базальто-липаритовой, D_2-D_3fr) и андезито-дацитово-дацитовой (D_3fm) формации. Все известные здесь промышленные месторождения и основная масса рудопроявлений размещаются в вулканогенно-осадочных разрезах девона.

Вопрос о возрасте и генезисе полиметаллического оруденения на Рудном Алтае — очень сложный и дискуссионный. Сложность этого вопроса подчеркивается тем обстоятельством, что до сих пор не выработано надежных научно обоснованных критериев для поисков новых месторождений. В результате геологи-практики вынуждены пока руководствоваться в своей работе в основном набором тех эмпи-

рических геологических признаков и предпосылок, которые являются характерными для месторождений того или иного рудного района. Необходимо подчеркнуть, что решение вопроса о генезисе месторождений в значительной степени могло бы повысить эффективность поисковых работ.

На наш взгляд, существование различных точек зрения на генезис месторождений объясняется присутствием отдельных черт, характерных как для сингенетического, так и эпигенетического рудообразования, обусловленных длительной историей образования алтайских месторождений, значительной ролью последующих процессов в формировании их облика.

Не останавливаясь на разборе общеизвестных представлений, отметим, что имеющийся фактический материал, полученный в ходе разведки и эксплуатации месторождений, а также проведения поисковых работ в Золотушинском рудном районе, позволяет авторам склониться в сторону гидротермально-метасоматической гипотезы рудонакопления, связанного со сложной историей формирования девонских образований. Основанием для этого служат следующие данные. Все промышленные месторождения и подавляющее большинство рудопроявлений располагаются на трех стратиграфических уровнях: среди эйфельских отложений, на контакте нижней и верхней подсвит березовской свиты (уровень «лосишинского» горизонта); среди туфогенно-осадочных отложений верхней части верхнеберезовской подсвиты (на контакте эйфеля и живета) и среди отложений каменевской свиты франского яруса. Масштабность оруденения находится в прямой зависимости от интенсивности и масштабности вулканической деятельности, что четко иллюстрируется приуроченностью всех промышленно ценных месторождений к контакту березовской и таловской свит среднего девона, где вулканогенно-туфогенные породы наиболее распространены. Установлено, что самым благоприятным для рудолокализации является не только уровень верхней части верхнеберезовской подсвиты, но и нижняя часть каменевской свиты верхнего девона, где вулканогенные образования развиты довольно широко.

Стратиграфическое положение промышленных месторождений — Золотушинского и Ново-Золотушинского (и Орловского) — выражено достаточно четко. Они имеют близкое геологическое положение — размещаются на контакте березовской и таловской свит среднего девона, в области, где перемежаются различные по литологическому составу и физико-механическим свойствам породы.

Снизу вверх по разрезу девонских отложений отмечается

достаточно четкая общая зональность руд: переход существенно медных и медно-цинковых в колчеданно-полиметаллические и последних — в существенно полиметаллические. Эта же зональность наблюдается и на каждом месторождении независимо от его стратиграфического уровня.

Висячий бок рудных залежей, как правило, представлен сплошными (иногда «развалуненными») и вкрапленными полиметаллическими рудами. В лежащем боку рудной зоны широко распространено прожилковое существенно медное и медно-цинковое оруденение. Рои прожилков переходят в крупные, вертикально падающие жилы, которые могли служить подводными каналами для рудных растворов.

Независимо от текстурных особенностей руд медь как по площади, так и в разрезе месторождений (Золотушинского и Ново-Золотушинского) распределена очень равномерно.

Баритовые руды, слагающие иногда самостоятельные линзообразные тела, установлены в висячем боку и на выклинивании (по падению и восстанию) рудных залежей (Золотушинское месторождение) или равномерно распределены среди сплошных колчеданно-полиметаллических руд (Ново-Золотушинское месторождение).

Максимальная концентрация оруденения (Золотушинское месторождение) отмечается там, где рудные растворы непосредственно соприкасались с лавобрекчиями таловской свиты. В этих же участках оруденение прослеживается в более верхних горизонтах лав таловской свиты. Это позволяет предполагать, что отложение руд шло в участках выхода возгонов при высокой скорости выпадения руд из растворов, вследствие чего образовались сплошные руды; возможно, еще слабо диагенезированные образования таловской свиты могли служить той областью разгрузки гидродинамической системы, в которой гидротермальные растворы отложили максимальное количество полезного груза — руды.

Все известные месторождения и рудопроявления четко фиксируются генетически связанными с ними комплексными эндогенными геохимическими аномалиями, размеры которых значительно превышают размеры рудных тел и рудопроявлений. Зоны разломов, а также области распространения вулканических образований в различных свитах отчетливо фиксируются наличием комплексных геохимических аномалий с повышенным содержанием элементов-индикаторов. Области развития глубинных разломов, как правило, сопровождаются аномальным содержанием олова.

Региональный метасоматоз, связанный, вероятно, с

экспалациями девонского вулканизма, так же как и зоны метасоматитов, сопровождающих рудные зоны, встречается среди девонских отложений до уровня нижнего контакта снегиревской свиты верхнего девона. Зоны околорудного изменения пород (метасоматитов) широко развиты (до 100—150 м) в лежащем боку рудных зон, тогда как в висячем мощность их составляет, как правило, первые метры.

Все месторождения и рудопроявления Золотушинского рудного района пространственно приурочены к малоглубинным субсогласным телам кварцевых (липаритовых) порфиров, верхней границей распространения которых является контакт каменной свиты и снегиревской свиты верхнего девона. На контакте с кварцевыми порфирами вмещающие породы, как правило, хлоритизированы, сами же кварцевые порфиры преимущественно серицитизированы. Парагенетическая связь субвулканических кварцевых порфиров с гидротермально-метасоматическим оруденением указывает на единство процессов их образования и имеет важное значение при направлении поисков.

Субвулканические кварцевые порфиры часто сопровождаются магматогенными взрывными брекчиями, тесная пространственная связь которых может свидетельствовать об их одновременном становлении. И те и другие практически всегда имеют аномальное содержание меди, свинца и цинка. На Ново-Золотушинском месторождении зоны магматогенных брекчий являются вмещателем промышленных руд.

Полиметаллическое оруденение достаточно четко накладывается как на малоглубинные интрузивные кварцевые порфиры, так и на дайки диабазовых порфиритов.

Характерная особенность размещения известных месторождений и рудопроявлений состоит в том, что подавляющее их большинство концентрически располагается вокруг вулканических построек девонского возраста. Например, меридиональное простирание пород на Золотушинском месторождении сменяется к югу на юго-восточное и далее на восточное. Таким образом, рудоконтролирующий контакт березовской и таловской свит (вместе с месторождениями и рудопроявлениями) находится на одинаковом расстоянии от Кировской вулканической постройки, как бы облекая ее с западной и южной сторон. Аналогичная закономерность отмечается для Титовско-Гериховского и Сургутановского рудных полей.

На фоне моноклиналиного залегания (Золотушинское рудное поле) на контакте указанных свит наблюдаются дополнительные поперечные складки, оси которых имеют севе-

ро-восточное и северное погружение, т. е. сходятся в направлении вулканической постройки. Ново-Золотушинское месторождение тяготеет к одному из радиальных разломов, осложняющих Кировскую палеовулканическую структуру. Наиболее интенсивная концентрация руд характерна для крутых флексуобразных перегибов и мелких антиклинальных складок (Золотушинское месторождение).

Расположение рудных полей и месторождений контролируется разрывными нарушениями, взаимопересечение которых, как правило, определяет их блоковое строение. При этом послонные зоны срыва и дробления были благоприятными для рудоотложения. На Золотушинском рудном поле достоверно установлены пострудные нарушения. Следы пострудной тектоники проявились в виде незначительного (Золотушинское месторождение) катаклаза рудных минералов и разрывов сплошности даек профиритов. В зоне Гериховского разлома среди глиноподобной массы встречены округлые обломки сплошной полиметаллической руды размером до $1,5 \times 2$ см. Эти факты свидетельствуют о том, что разрядка тектонических напряжений происходила и после образования руд.

Следует подчеркнуть, что установленные геолого-генетические особенности месторождений и практика проведения поисковых работ позволили определить для Золотушинского рудного района достаточно четкие поисковые критерии: наличие палеовулканических построек, зон метасоматитов (кварцево-серицитовых и железо-магнезиально-кальциевых), контакта вулканических образований с туфогенно-осадочными отложениями и благоприятных локальных структур (комбинации разрывных нарушений и складчатости).

В заключение отметим, что необходимо разработать и научно обосновать многолетний план проведения геолого-разведочных работ для каждого рудного района с тем, чтобы геологи достаточно четко представляли себе сроки надежного опоискования отдельных перспективных площадей, детальных поисков и разведки отдельных рудных узлов, рудных полей с применением всех доступных на сегодня методов поисков: бурения, геофизики, геохимии и т. д. Решение этого вопроса позволило бы в наиболее перспективных рудных районах интенсифицировать поисково-разведочные работы, достаточно точно определять последовательность их опоискования, начало и окончание детальных разведок месторождений и, следовательно, планировать вовлечение их в эксплуатацию.

Н. Л. БУБЛИЧЕНКО

89% месторождений и рудопроявлений с установленными запасами располагаются в девоне. Из них 51% находится в эйфеле (низы лосишинской свиты), 19% — в верхнем девоне, главным образом во франском ярусе и в Иртышской зоне, 19% — в верхах живетского и в живетско-франских слоях. На долю карбона приходится 6% рудопроявлений, 5% — на нижний и верхний палеозой и на гранитоиды, но все месторождения в нижнем карбоне, нижнем и верхнем палеозое малозначащие.

Фонд «пастушеских» поисков исчерпан, а принцип прошлого столетия: «ищи руду около руды», все еще довлеет над прогнозами и в результате осуществляется «примирение» двух гипотез — «интрузивной» и «эффузивной». Я коснусь вопроса в региональном аспекте. Если верить в существование стратиграфического контроля, то целеустремленные поиски с применением геохимических, геофизических и прочих методов следует направить по простиранию известных, благоприятных для оруденения стратиграфических подразделений. Это будут не очень широкие полосы, наверное, не более 3 км шириной, но протягивающиеся на значительное расстояние. Так, должны быть изучены лосишинские слои и крюковско-сокольские в Змеиногорско-Тарханской и Колывано-Риддерской зонах, николаевские, гериховские слои в Змеиногорско-Тарханской зоне, белоусовские слои в Иртышской зоне и некоторые другие.

Стратиграфия и палеонтология являются основой при геологическом картировании. Без знания этих дисциплин нельзя решать и вопросы генезиса колчеданно-полиметаллических руд. Вот почему в ИГН АН КазССР надо возобновить (это сейчас отчасти осуществляется) изучение стратиграфии, взаимоотношения руд и вмещающих осадочно-вулканоген-

ных толщ, а также стратиграфического контроля в оруденении, что было в недавнее время неоправданно прекращено. Подобные исследования следует усилить и в других геологических организациях.

В. М. ЧЕКАЛИН

В Таловском рудном поле разведаны два месторождения (Степное и Таловское) в основном полиметаллических и в подчиненном количестве барит-полиметаллических руд. Кроме того, в этом районе установлен ряд рудопроявлений и перспективных площадей.

Промышленное оруденение локализуется в вулканогенно-осадочной толще верхней части верхнеживетского подъяруса. Пространственно оно тесно связано с эффузивными и субвулканическими фациями среднего и верхнего девона и тяготеет к периферическим частям вулканотектонических прогибов (кальдер) и длительно развивавшимся разломам.

Тела сплошных и вкрапленных полиметаллических руд залегают согласно с вмещающими породами. Прожилковое оруденение распространено преимущественно в лежащем боку рудных тел. Барит-полиметаллическое промышленное оруденение Степного месторождения занимает резко секущее положение по отношению к полиметаллическому и структуре месторождения.

Гидротермально-измененные породы главным образом развиты в центральной части и лежащем боку рудной зоны. Возраст их, по данным калий-аргонового метода (11 определений), равен 360—380 млн. лет.

Возраст минерализованных и часто непосредственно контактирующих с рудной зоной субвулканических порфириновых образований по 15 определениям калий-аргоновым методом колеблется от 330 до 380 млн. лет.

Оруденение, гидротермальные изменения и геохимические ореолы отсутствуют в породах нижнекаменевской подсвиты, соответствующей нижней — средней части франского яруса верхнего девона.

Дайковые образования в рудной зоне месторождений не установлены.

Данные массового замера трещиноватости на Степном месторождении свидетельствуют об участии в складчатости в равной степени полиметаллических руд и вмещающих пород.

Итак, полиметаллическое оруденение в рассматриваемом районе генетически связано с девонским вулканизмом. При

этом сплошные руды (с учетом обломков их во вкрапленных рудах и данных декрепитации) образовались одновременно с осадконакоплением. Вкрапленное оруденение является гидротермально-метасоматическим и приурочено к девонским субвулканическим интрузиям кислого состава. Современные структуры месторождений сформировались при более поздних деформациях. На эти структуры и полиметаллическое оруденение наложена барит-полиметаллическая минерализация. Верхняя возрастная граница полиметаллических руд — верхний девон, барит-полиметаллических, вероятно, верхний девон — нижний карбон.

А. Н. БАРЫШЕВ

Ново-Золотушинское месторождение расположено в пределах эйфельского стратовулкана и генетически с ним связано. Стратовулкан локализуется в вулканотектонической депрессии на границе с поднятием. Вулкан состоит из крутопадающей жерловины, представленной полифировыми крупнопорфировыми кварцевыми альбитофирами и находящейся на сочленении разрывов восток-северо-восточного и северо-западного простирания крутопадающих даек этих альбитофиров северо-западного простирания и силлов, сочленяющихся с жерловиной; растекающегося экструзивного купола альбитофиров; брекчий, среди которых выделяются магматогенные в контактах жерловины, вулкано-колювиальные («нижние» брекчии), заполняющие барранкосы, пластообразные вулканогенно-осадочные «нижние» брекчии, переслаивающиеся с «верхними». Эйфельский стратовулкан захоронен под алевролитами и кислыми лавовыми покровами верхнего эйфеля (таловской свиты).

Колчеданное оруденение представлено пластообразными телами массивных руд, подстилающими их прожилково-вкрапленными и гнездовыми рудами, обломками руд среди всех типов брекчий, слоистыми вкрапленными вулканогенно-осадочными рудами среди «верхних» брекчий. Колчеданные тела сохранились только в вулканотектонической депрессии и у южного края поднятия, где они частично эродированы. Эрозионные процессы на поднятии совместно с вулканическими извержениями и разрушением вулканического аппарата обусловили накопление «нижних» и «верхних» брекчий. В «верхних» брекчиях проявлены слоистость и асимметричная ритмичность.

Формирование вулканического аппарата и колчеданного оруденения многоэтапное. Первый этап фиксируется по на-

лично обломков руд и альбитофиров в «нижних» брекчиях, второй — по метасоматическому замещению «нижних» брекчий рудой и выше — по формированию пластообразных тел массивных колчеданов, третий — по разрушению колчеданов, накоплению «верхних» брекчий с обломками руд и альбитофиров, появлению среди них слоистых вулканогенно-осадочных руд с глобулярным фрамбоидальным пиритом и сульфидами полиметаллов, прорыву пластообразного тела массивных колчеданов и «верхних» брекчий жерловиной альбитофиров и прекращению их растекшимся экструзивным куполом. На продукты эйфельского вулканизма и колчеданного оруденения частично наложены более поздние гидротермальные процессы.

П. Ф. СОПКО

В докладах И. Т. Сахарова, М. А. Тойбазарова, Э. С. Пономарева, М. А. Астафьева и других геологов по Прииртышскому, Золотушинскому и Рубцовскому районам освещены сложные и во многом дискуссионные вопросы образования и размещения колчеданно-полиметаллических месторождений северо-западной части Рудного Алтая. Очень интересны данные о Николаевском медноколчеданном месторождении — наиболее близком по структурно-морфологическим и минералого-геохимическим особенностям, а также по структурному, магматическому и литологическому контролю к колчеданным месторождениям Урала. Все изложенные материалы свидетельствуют о длительном формировании проявлений колчеданно-полиметаллического оруденения на Рудном Алтае и о неприменимости к ним какой-либо универсальной концепции образования месторождений во времени и в пространстве.

Определенная часть руд, с нашей точки зрения, концентрировалась в процессе активного вулканизма гидротермально-метасоматическим, иногда гидротермально-осадочным путем, другая отлагалась после внедрения субвулканических тел, когда завершилась вулканическая деятельность. Некоторые месторождения или часть руд в них могли появиться, по видимому, еще позже, при внедрении нижнекаменноугольных или верхнепалеозойских магматических образований. Значит, вероятен отрыв некоторой части оруденения от накопления рудовмещающих толщ, вполне допустимый для такой сложной по развитию колчеданноносной провинции, как Рудный Алтай, где, очевидно, неоднократно возобновлялись процессы тектоно-магматической активизации. Возможно,

часть наложенного оруденения связана и с регенерацией месторождений. Однако бесспорные признаки значительного перемещения вещества при регенерации или мобилизации его из вмещающих пород пока отсутствуют, если не считать интересных материалов Ю. И. Демина о влиянии верхнепалеозойского Белоубинского гранитного массива на полиметаллические месторождения. В основном же процессы регенерации проявлялись, видимо, только в контурах ранее сформировавшихся месторождений и рудных тел.

В. А. КУЗНЕЦОВ

Мы убедились в том, что геологами Рудного Алтая выполнена громадная работа по исследованию генезиса и закономерностей размещения колчеданно-полиметаллических месторождений. Рудный Алтай — одна из наиболее хорошо изученных рудных провинций. Многие работы по геологии месторождений Рудного Алтая являются крупным вкладом в науку о рудообразовании. Необходимо отметить особенно большой вклад геологов Казахстана.

В ходе совещания и при непосредственном знакомстве с рядом месторождений были выявлены чрезвычайно сложное строение и многоэтапность формирования колчеданно-полиметаллических месторождений Рудного Алтая.

У нас, сибирских ученых, сложилось впечатление, что две известные концепции генезиса колчеданно-полиметаллических месторождений Рудного Алтая (вулканогенная и плутоническая) не исключают, а дополняют одна другую. Крайние, односторонние позиции в этом вопросе, развиваемые некоторыми исследователями, представляются ошибочными. Есть все основания считать, что имеются как среднедевонские, так и более поздние колчеданно-полиметаллические месторождения, среди которых могут быть выделены месторождения различных формационных типов. Для образования крупных промышленных месторождений необходимо сочетание ряда факторов, в том числе совмещение производных как девонских, так и более поздних наложенных процессов магматизма и эндогенной минерализации, вероятно, связанных с деятельностью длительно существующих глубоких магматических и других рудогенерирующих очагов в зонах глубинных разломов. Потоки гидротермальных рудообразующих растворов, по-видимому, не только приносили многие компоненты руд из подкоровых глубин, но, вероятно, могли мобилизовать рудное вещество и из толщ земной коры, в том числе из девонских вулкано-

генно-осадочных толщ, относительно обогащенных некоторыми металлами.

Мне кажется, что только с учетом всех этих факторов могут быть установлены закономерности размещения колчеданно-полиметаллических месторождений и разработаны научно обоснованные прогнозы на новые, в том числе не вскрытые на современной земной поверхности рудные месторождения.

Г. Ф. ЯКОВЛЕВ

В моих выступлениях подчеркивалось, что алтайские месторождения являются сложными и отнюдь не моногенными и одноэтапными, как это считалось ранее. В связи с этим нужно выяснить этапность и стадийность образования руд, метасоматитов и эндогенных геохимических ореолов, длительно полигенно и полихронно развивавшихся колчеданно-полиметаллических месторождений Рудного Алтая. В связи с приуроченностью их к вулканогенной базальтово-липаритовой формации девона надо провести детальный палеовулканический анализ с целью выявления рудоносных вулканических структур и выделения тех фаций (жерловые и прижерловые, промежуточной и удаленной зон), которые в конкретном рудном районе и поле благоприятны для локализации оруденения.

Необходима новая систематика алтайских месторождений, среди которых могут быть выделены первичные вулканогенные (гидротермально-осадочные и гидротермально-метасоматические), преобразованные (метаморфизованные, регенерированные и др.) и, возможно, новообразованные (появление последних обусловлено мобилизацией рудного вещества, рассеянного в вулканитах и других породах, породообразующих минералах и т. д.). Должны быть изучены геологические, геохимические и термодинамические условия, приводящие к мобилизации или, наоборот, рассеянию рудного вещества, что наблюдается, например, в зонах теплового воздействия орогенных интрузий.

Учет новых дополнительных геологических предпосылок и поисковых критериев позволит более успешно прогнозировать новые перспективные рудоносные площади.

Совещание создано по инициативе Научного совета по рудообразованию АН КазССР. Продуманная его организация позволила осмотреть ключевые обнажения в основных районах Рудного Алтая, познакомиться с материалами, обсудить спорные вопросы сложной проблемы генезиса колчеданно-полиметаллических месторождений.

Зырянский район. Здесь нам не показали примеров наложения полиметаллического оруденения на складчатые структуры, о чем утверждают местные геологи. Наоборот, в карьере мы видели рассланцованные рудные тела, что свидетельствует о более древнем (девонском) возрасте оруденения. Коллективами многих научных учреждений здесь исследуются метасоматиты, геохимия, минералогия, однако комплексного изучения рудных месторождений района по единой программе все же нет, отсюда нет и практических результатов. Даже сторонники послескладчатой гипотезы предлагают разные, иногда противоположные схемы метасоматической зональности. Положение таково, что требуется незамедлительное объединение сил и координация научных исследований с целью повышения продуктивности научных работ и выявления всех ресурсов.

Лениногорский район. После личного осмотра все убедились в том, что слоистые руды 2-й Риддерской залежи седиментные и синхронные с эйфельскими алевролитами. На Тишинке мы видели синскладчатые нарушения рудных тел. Все это не вызывает сомнений в доскладчатом возрасте полиметаллического оруденения Лениногорского района и связи его с девонским вулканизмом. Следует обратить особое внимание на проявления в пластовых рудах остатков гравитационных тектур: оползаний, просадок на нижних поверхностях рудных слоев и настоящих оползневых брекчий, скучиваний сульфидного рудного материала. Все эти явления додиагенетические, раскрывающие природу изменения форм рудных скоплений в условиях подводной сейсмичности горячих вулканических сооружений. Меньшим изменениям подверглись гидротермально-метасоматические руды.

Специальное исследование руд 2-й Риддерской залежи с позиции постскладчатой концепции П. И. Хохлова только подтвердило наши прежние выводы и данные И. В. Покровской и О. А. Ковриго, что и было проверено в самом руднике. Это решающий факт.

Имеющиеся секущие тела представляют собой либо корневые части пластовых залежей (подводящие каналы), либо

продукт позднейшей регенерации оруденения (Тишинка). Метасоматические руды все являются «секущими», но они не только не выходят за пределы девонского разреза, но даже локализируются в узком интервале «продуктивных» горизонтов. Интересно, что сохраняется отмеченная нами ранее вертикальная многоэтажная зональность типов руд, причем они обычно не переходят друг в друга по простираанию.

Таким образом, настоящее рабочее совещание показало полную обоснованность вулканогенной гипотезы происхождения колчеданно-полиметаллических месторождений Рудного Алтая. Это — наше общее главное достижение. С удовлетворением следует отметить высокий уровень подготовки геологов-практиков на местах. Используя поисковые критерии вулканогенной гипотезы, они, несомненно, еще найдут новые месторождения и переоценят многие из уже изученных. Следует вовлечь в орбиту поисков и девонские вулканические депрессии на площадях рудных узлов. Нужно готовиться к поискам глубоко залегающих руд. Перспективы Рудного Алтая еще достаточно велики.

В качестве примера пластовых седиментных руд следует сохранить целики уникальных руд 2-й Риддерской залежи как музейную ценность.

Нужно упорядочить геологические исследования на Рудном Алтае, создать на месте координационный совет.

А. К. Каюпов, выступая на совещании, неверно представил историю развития взглядов на становление современной вулканогенной гипотезы, особенно моих, выхватил из контекста давних печатных работ (1951—1954 гг.) отдельные фразы и не упомянул основных работ и выводов, полученных в 1965 — 1975 гг.

В моих статьях, опубликованных в 1954, 1957 гг. и позже, а также в монографии (1957 г.) еще тогда отмечалось и доказывалось наличие вулканогенного полиметаллического оруденения в Лениногорском рудном поле. Однако А. К. Каюпов об этом сознательно умалчивает. Другое дело, что в то время, по имевшимся тогда данным, я считал основные рудоконцентрации поствулканическими, хотя и не связанными с гранитоидами. Что же касается структурного контроля, то основные рудолокализирующие структуры являются вулканотектоническими, синхронными вулканизму, что мной, кстати, и подчеркивалось. Впервые были выделены вулканокупольные структуры (1954 г.).

Именно на материалах изучения Лениногорского рудного поля (1950—1953 гг.) была показана ошибочность интрузивной гипотезы. Последующие работы (1960—1970 гг.) послужили основой для создания вулканогенной гипотезы.

Если братья судить о чужих взглядах, то надо быть объективным. А. К. Каюпов упорно, в течение многих десятилетий отстаивал интрузивную гипотезу, что препятствовало развитию других представлений.

Впереди еще много нерешенных вопросов по закономерностям образования и размещения месторождений. В этом деле нам очень помогают такие рабочие совещания, поэтому нужно сделать их регулярными и проводить один раз в четыре-пять лет. Следующее необходимо провести в 1979 г. для обобщения накопленных материалов и постановки новых задач на очередную пятилетку.

В. С. КУЗЕВНЫЙ

Совещание было организовано на высоком уровне, с демонстрацией и обсуждением новых конкретных материалов по рудным районам, полям и месторождениям. К сожалению, не было доклада, суммирующего основные положения современных воззрений сторонников интрузивной гипотезы образования алтайских месторождений. Не было также докладов по темам «Магматические формации и оруденение», «Палеотектонические условия формирования алтайских месторождений» и другим, имеющим прямое отношение к рассматриваемой проблеме. Заслушанные доклады отражают высокую степень изученности месторождений и оставляют самое приятное впечатление.

Хотелось бы подчеркнуть необходимость для дальнейших исследований более полного учета имеющихся фактических материалов. Это касается прежде всего соотношений оруденения с поздними малыми интрузиями, проблемы рудокластов, природы и возраста порфирировых интрузий, учета степени дифференцированности всех рудоносных магматических формаций (а не одной базальтово-липаритовой) и соотношений в них калия и натрия, метаморфизма и регенерации руд.

Настала пора уточнить вопросы терминологии: что вкладывать в понятия «стратиформные», «эпигенетические», «регенерированные» месторождения и другие термины. Тогда мы будем лучше понимать друг друга, меньше будет недоразумений и ненужных споров. Необходимо создать на Рудном Алтае междуведомственный совет по координации всех научных исследований, проводившихся на этой территории.

В последние годы по Рудному Алтаю получен большой новый фактический материал и проведены глубокие теоретические исследования, например, В. С. Кузбным — по изучению развития магматизма, Д. Г. Ажгиреем — по Белоубинско-Южно-Алтайской зоне, И. В. Покровской и О. А. Ковриго — по 2-й Риддерской залежи, Г. Н. Щербой, Г. Ф. Яковлевым и многими другими геологами — по изучению рудных полей и месторождений для обоснования широкого развития процессов вулканогенного рудообразования. Большой материал собран в результате многолетнего коллективного труда по созданию прогнозных карт. Весь накопленный материал существенно укрепляет позиции как сторонников связи процессов рудообразования с девонским вулканизмом, так и сторонников эпигенетичности ряда промышленных месторождений по отношению к вмещающим толщам.

Что дал нам опыт изучения колчеданно-полиметаллических месторождений в других рудных районах и, в частности, на территории Сибири? Сейчас мы можем с полным основанием утверждать, что в класс колчеданно-полиметаллических месторождений входят месторождения различных генетических типов и рудных формаций, как это отмечал ранее В. И. Смирнов. Установление ведущей роли гидротермально-осадочных (эксталяционно-осадочных) процессов в формировании таких месторождений, как Жайрем (Казахстан), Озерное (Западное Забайкалье), Холоднинское (Северное Прибайкалье), снимает с повестки дня дискуссионный вопрос о возможности образования сингенетичных вулканогенных месторождений. В ряде районов установлены стратиформные гидротермально-осадочные залежи колчеданно-полиметаллических руд среди терригенных и терригенно-карбонатных толщ (Филизчай на Кавказе, Линейное на Енисейском кряже). Достаточно обоснована рядом исследователей и группа гидротермально-метасоматических вулканогенных месторождений. Это позволило нам выделить среди месторождений юга Сибири формацию вулканогенных колчеданно-полиметаллических месторождений с субформациями: 1) субвулканических гидротермально-метасоматических месторождений; 2) субмаринных гидротермально-осадочных рудных залежей в вулканогенно-осадочных отложениях; 3) субмаринных гидротермально-осадочных рудных залежей в терригенных и терригенно-карбонатных отложениях, удаленных от очагов вулканизма.

Наряду с этим изучение месторождений Салаирского кря-

жа позволило нам выделить формацию плутоногенных колчеданно-полиметаллических месторождений, которая эпигенетична по отношению к вмещающим их вулканогенно-осадочным толщам, имеет посткладчатый характер и, как правило, связана с глубинным подкоровым базальтоидным магматизмом, проявленным в форме самостоятельных малых интрузий в зонах смятия. Подобные месторождения мы наблюдаем, очевидно, и в зонах смятия Рудного Алтая.

Полигенность колчеданно-полиметаллических месторождений на Рудном Алтае установлена достаточно четко. Основной задачей сейчас является критический пересмотр всех имеющихся материалов по рудным полям и отдельным площадям, получившим ранее отрицательную оценку с позиций той или иной генетической концепции, и определение ведущего механизма рудообразования для отдельных рудоносных площадей. Выявление слоистых гидротермально-осадочных колчеданно-полиметаллических руд на Стрежанском месторождении в Лениногорском районе, в частности, резко повышает перспективность Белоубинской зоны на поиски новых месторождений этого типа.

Подобный разносторонний подход к вопросам генезиса колчеданно-полиметаллических месторождений Рудного Алтая и оценке его перспектив, глубокий формационный анализ этой сложной конвергентной группы месторождений позволит использовать опыт, накопленный сторонниками различных генетических концепций.

ДАЛЬНЕЙШИЕ ЗАДАЧИ В ИЗУЧЕНИИ ГЕОЛОГИИ И МЕТАЛЛОГЕНИИ РУДНОГО АЛТАЯ

(заключительное слово)

А. А. АБДУЛИН

В работе нашего совещания принимали участие более 200 человек из 18 организаций. Такое представительство объясняется, во-первых, интересом к обсуждаемой проблеме и, во-вторых, интересом к Рудному Алтаю — региону с крупнейшими месторождениями полиметаллов.

Совещание ставило целью обсудить проблему генезиса и возраста оруденения. В течение 10 дней было заслушано 33 доклада и множество оригинальных выступлений, основанных на новейших данных и, что главное, сопровождавшихся осмотром соответствующих объектов. Сделано это потому, что вопрос о генезисе месторождений — весьма сложный и решается он не на основе единичных фактов, а на основе учета всех имеющихся сведений. Поэтому отвлеченные кабинетные споры о генезисе руд без непосредственного осмотра объектов на месте, были бы спорами чисто схоластическими, не дающими никакой пользы ни для теории, ни для практики.

Заслушав и обсудив многочисленные интересные и содержательные доклады и выступления геологов Восточно-Казахстанского и Западно-Сибирского геологических управлений и горнодобывающих предприятий Рудного Алтая и сотрудников ряда научно-исследовательских геологических учреждений и вузов (ИГН АН КазССР, ЦНИГРИ, ВСЕГЕИ, МГУ, ИГГ СО АН СССР и др.) и посетив подземные горные выработки и рудные карьеры на ряде полиметаллических месторождений в данном регионе, мы получили представление о проводящихся здесь сложных и многогранных работах, которые направлены на раскрытие богатств недр этого замечательного края.

Наши впечатления о геологических, металлогенических и других исследованиях и о степени разработанности про-

блемы генезиса алтайских полиметаллических месторождений сводятся к следующему.

Современные представления о таких фундаментальных вопросах геологии Рудного Алтая, как стратиграфия, тектоника, магматизм, метаморфизм, металлогения, геохимия, геофизическая характеристика и т. п., создались благодаря упорному творческому труду многих поколений советских геологов. Геолого-геофизические, металлогенические, минералого-геохимические и другие исследования достигли большой широты, особенно после Второй выездной научно-технической сессии Академии наук КазССР, проведенной в 1947 г. совместно с Министерством цветной металлургии СССР в г. Усть-Каменогорске.

За последние 15—20 лет на Рудном Алтае вырос замечательный коллектив научно, теоретически и методически подготовленных кадров геологов.

По линии производственных и научно-исследовательских организаций накоплен поистине громадный объем информации по всем кардинальным вопросам геологии данного региона, в том числе и по генезису полиметаллических месторождений.

Несмотря на огромный поток разнообразной геологической информации, до сих пор однозначного решения проблемы генезиса алтайских месторождений цветных металлов не получено. Это свидетельствует о весьма сложной истории геолого-металлогенического развития Рудного Алтая, что, в свою очередь, предопределило полигенность и полихронность здесь медно-полиметаллической минерализации.

На основании имеющихся данных представляется весьма значительной роль региональных тектонических структур в пространственно-хронологическом размещении осадочных, магматических (вулканических, плутонических) и рудных формаций, а в локальных рудных районах, полях — особенно вулкано-тектонических структур, в том числе и центров извержений, вулканических депрессий и т. д.

В составе промышленной категории месторождений предполагается присутствие как эпигенетических, гидротермально-метасоматических, так и гидротермально-осадочных руд.

Очень сложными и дискуссионными остаются вопросы о количестве этапов рудообразования в рассматриваемом регионе, о временных пределах формирования главных промышленных типов месторождений.

На наш взгляд, представляется интересной развиваемая отдельными исследователями в течение многих лет идея о

том, что все формационно-генетические и структурно-морфо-генетические типы руд цветных металлов на Рудном Алтае не моложе раннего карбона и что все перспективные в промышленном отношении объекты заключены в разрезе среднего палеозоя (девона и раннего карбона), а орогенные (верхнепалеозойские) осадочно-магматические формации, по всей вероятности, мало перспективны на поиски алтайского типа месторождений.

Весьма интересным, конечно, является обсуждение роли вулканических процессов в металлогении. По этому вопросу еще существуют разногласия, касающиеся не только Казахстана, но и других районов. До сих пор спорен вулканогенный генезис ряда крупных месторождений колчеданов и полиметаллов, хотя они распространены и, возможно, генетически связаны с вулканической деятельностью. В пользу этого на осмотренных нами объектах, например, свидетельствуют: а) пространственное совмещение вулканогенно-осадочных пород с рудами; б) наличие оруденения, парагенетически связанного с дифференцированной базальтово-липаритовой, базальт-андезит-дацитовой формацией девона; в) синхронность рудоотложения.

В связи с изложенным, очевидно, сохраняют свое значение и в дальнейшем все ранее установленные поисковые критерии: стратиграфо-литологические, структурно-тектонические и магматические (вулканогенные субвулканические и гипабиссальные интрузии, дайки и т. д.), минералого-геохимические, предрудные и околорудные метасоматиты.

Из общих недостатков следует отметить отсутствие должной координации и полного комплексирования исследований как по отдельным рудным полям, так и в целом по Алтаю.

Для создания научно-геологической основы прогнозирования глубоко залегающих промышленных месторождений на Рудном Алтае необходимо еще больше усилить работы по литолого-фациальному и формационному анализу магматических образований среднего и верхнего палеозоя, особенно таких его хронологических уровней, к которым тяготеют уже известные промышленные месторождения, а также по изучению тектонического режима развития Рудного Алтая и прежде всего районов распространения потенциально рудоносных осадочно-магматических формаций путем составления палеотектонических и палеомагматических схем.

Учитывая важное значение руднично-геологических материалов для решения многих кардинальных вопросов геологии и металлогении, в том числе и вопроса о генезисе руд,

необходимо резко усилить эти исследования как производственными, так и научно-исследовательскими организациями.

Реализация большой программы научно-тематических исследований на Алтае требует укрепления кадрами материально-технической и лабораторной базы всех научно-геологических организаций, в том числе и Алтайского отдела ИГН АН КазССР, которые находятся здесь и работают по тематике Рудного Алтая и которые нуждаются в помощи со стороны партийных и советских органов Восточно-Казахстанской области, а также со стороны ВКТГУ и его местных экспедиций и горнодобывающих предприятий.

Мы питаем большую надежду, что такая помощь будет оказана и нашему Алтайскому отделу — единственной научно-исследовательской ячейке на Рудном Алтае.

В заключение необходимо отметить, что, несмотря на то, что по некоторым вопросам, обсуждаемым на совещании, еще продолжаются споры (а они, несомненно, будут и в дальнейшем), участники совещания едины в своей главной цели — приложить все усилия к тому, чтобы как можно полнее раскрыть богатства недр Казахстана.

**РЕШЕНИЕ СОВЕЩАНИЯ
ПО ГЕНЕЗИСУ АЛТАЙСКИХ
КОЛЧЕДАННО-ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ
МЕСТОРОЖДЕНИЙ**

(принято 3 сентября 1975 г.)

Совещание проводило свою работу с 25 августа по 3 сентября 1975 г. в Усть-Каменогорске, Зырянске, Лениногорске, Усть-Таловке и на некоторых главнейших месторождениях. В совещании приняли участие более 200 представителей научных и производственных организаций ИГН АН КазССР и его Алтайского отдела, ВКТГУ, ЗСТГУ, Казмингео, Казминцветмета, ЦНИГРИ, ИГГ СО АН СССР, ИМГРЭ, Института геологии Башкирского филиала АН СССР, МГУ, КазВИРГа, ВИТРа, ВСЕГЕИ, УКСДИ, ВНИИЦветмета, КазИМСа, Казгипроцветмета, горнообогатительных комбинатов Рудного Алтая.

Обсудив представленные доклады и сообщения и осмотрев некоторые месторождения Рудного Алтая (Зырянское, Греховское, Риддер-Сокольное, Николаевское), участники совещания приняли ряд решений по Рудному Алтаю в целом и по отдельным рудным районам.

Рудный Алтай — важнейшая минерально-сырьевая база цветной металлургии Советского Союза. Несмотря на длительную интенсивную разработку месторождений полиметаллических руд, потенциальные возможности этого района далеко не исчерпаны. Главный резерв открытия новых месторождений заложен в не выходящих на эрозионный срез рудных объектах. Поэтому важнейшей задачей геологической службы является дальнейшая разработка геолого-генетических критериев поисков скрытого оруденения.

В последние годы усилиями геологов минерально-сырьевая база Рудного Алтая значительно расширена и укреплена.

Действующие и строящиеся горнорудные предприятия имеют относительно высокую обеспеченность разведанными запасами (Орловское, Николаевское, Ново-Золотушинское и

другие месторождения). Наряду с этим на некоторых действующих предприятиях (Зыряновский и Лениногорский комбинаты, Белоусовский рудник) положение с сырьевой базой острейшее.

Геологические организации Восточного Казахстана провели большие геологоразведочные работы для выполнения Директив XXIV съезда КПСС по девятому пятилетнему плану разведки минерально-сырьевых ресурсов в районах действующих горнорудных предприятий.

В последнее время Восточно-Казахстанским и Западно-Сибирским территориальными геологическими управлениями на Рудном Алтае открыты новые медно-полиметаллические месторождения (Стрежанское, Гусляковское, Юбилейно-Снегирихинское, новые залежи на Белоусовском месторождении, Таловское, Рубцовское). Расширены перспективы Зыряновского, Греховского, Иртышского, Шубинского, Покровского, Шемонаихинского и других месторождений. Пятилетний план прироста запасов свинца и цинка выполнен. Одновременно с разведкой в перспективных районах в широких масштабах проводятся поисковые, поисково-съёмочные работы. Геологическими управлениями и научно-исследовательскими институтами (ИГН АН КазССР, ЦНИГРИ, МГУ, КазВИРГом, КазИМСом, ИМГРЭ, МГРИ, ВСЕГЕИ) осуществлены специальные крупномасштабные прогнозно-металлогенетические исследования, позволяющие повысить целенаправленность поисковых работ. Внедрены эффективные геофизические методы (ИСПК, ГИМ, МПФ, глубинный заряд).

Научно-исследовательскими институтами проведено изучение стратиграфии, тектоники, магматизма, вещественного состава руд и гидротермалитов, геохимии и генезиса месторождений. Полученные данные учитывались при оценке перспектив известных месторождений, рудных полей, прилегающих к ним площадей и, естественно, способствовали проведению рациональных поисковых работ.

Необходимо отметить, что достигнутые в последние годы положительные практические результаты не привели к коренному улучшению обстановки с сырьевой базой на Рудном Алтае. Все еще низка эффективность работ. В последние десять лет здесь не выявлено ни одного крупного месторождения. Недостаточны глубинность и эффективность геофизических и геохимических исследований. Не проводится глубинное геологическое картирование рудных районов, полей и месторождений и количественное прогнозирование. Все еще малы объемы и низка эффективность тематических исследований. Недостаточно изучаются веществен-

ный состав и структурно-генетические условия формирования месторождений на основе фактического материала эксплуатационных работ. Проводящиеся в настоящее время исследования разрознены, так как ведутся различными учреждениями. Единый план изучения Рудного Алтая отсутствует. Основные теоретические вопросы рудообразования остаются еще во многом невыясненными. Это приводит к существованию множества гипотез о генезисе и возрасте промышленных месторождений, а также к неопределенности поисковых критериев при прогнозировании.

К настоящему времени по генезису полиметаллических руд Алтая существуют две основные гипотезы — плутоническая и вулканогенная. Каждая из этих гипотез имеет по нескольку вариантов. Согласно первой из них промышленные месторождения постскладчатые, связаны с поздними интрузиями — гранитоидами или с малыми интрузиями различного состава. По второй гипотезе промышленное оруденение связано с девонским вулканизмом, синхронно с ним и подверглось более поздним изменениям.

В последние годы получены данные, свидетельствующие о многообразии оруденения: в структурно-формационных зонах процессы рудоотложения проявились разновремено. Основные промышленные месторождения на Алтае в генетическом отношении принадлежат к колчеданно-полиметаллической рудной формации. На некоторых рудных полях в результате палеовулканического анализа установлена пространственная близость центров активной вулканической деятельности в девоне, колчеданно-полиметаллических месторождений и ореолов рудной минерализации, приуроченной к вулканитам и скоплениям малых интрузий, сопровождающихся ореолами рудной минерализации.

Промышленные месторождения тяготеют к разрезам базальтово-липаритовой (кварцево-кератофировой) формации среднего и верхнего девона, к определенным ее фациям и вулканическим структурам, к узлам пересечения и сочленения разрывов разного направления, послойным срывам и зонам повышенного расщепления, дислокациям и т. п. Связи оруденения с магматизмом многообразны. Наиболее интересны в практическом отношении участки совмещения разновозрастных рудоносных формаций.

Прочитанные участниками совещания доклады, дальнейшая дискуссия и осмотр ряда месторождений в карьерах и подземных горных выработках позволяют высказать мнение о том, что ранние этапы оруденения связаны с девонским вулканизмом и представлены как вулканогенно-осадочными образованиями, так и в основном гидротермально-

метасоматическими рудами серноколчеданного и полиметаллического состава.

На поздних этапах оруденения чаще всего формировались полиметаллические и барит-полиметаллические руды. В генетическом отношении они могут быть плутоногенными и ассоциировать с малыми интрузиями каменноугольного и верхнепалеозойского возраста. Вместе с тем не исключено их возникновение в связи с процессами метаморфизма, регенерации и мобилизации раннего рудного вещества.

Важными поисковыми признаками промышленного оруденения являются зоны гидротермального метаморфизма (пирит-кварц-серицитовые, кварц-карбонат-хлоритовые, хлорит-доломитовые, кварцево-баритовые, микрокварцитовые), продуктивные геохимические ореолы и геофизические аномалии.

Совещание рекомендует следующие основные направления геологических исследований и виды работ на Рудном Алтае:

1. Организовать геологическую пересъемку перспективных районов и рудных полей Рудного Алтая с упором на рудоносные вулканогенные девонские образования, палеотектонические и палеовулканические реконструкции. Эти карты должны стать основой для дальнейших прогнозов и поисковых работ. В первую очередь сосредоточить работы на тех месторождениях, на которых ведется интенсивная разработка, геологоразведочными работами не обеспечивается прирост убывающих запасов.

2. В области стратиграфии и палеонтологии провести дальнейшую разработку детальных стратиграфических схем для главных рудных районов и полей с целью уточнения геологических карт и выяснения приуроченности оруденения к определенным стратиграфическим подразделениям; продолжить изучение состава и стратиграфического положения рудовмещающих толщ.

3. В области петрографии и литологии обратить особое внимание на фациально-литологический анализ вулканогенных и осадочных толщ девона и выявление связей оруденения с группами литофаций, на уточнение возрастных соотношений магматических пород между собой, с гидротермальными рудами и установление их петрогеохимических особенностей, на глубинные исследования околорудно-измененных пород и их генетическую систематику в поисковых целях.

4. В области метаморфизма усилить изучение генети-

ческих типов метаморфизма и метасоматоза, миграцию вещества при метаморфизме.

5. В области структур рудных полей и месторождений провести комплексный морфогенетический анализ, исследование вулкано-тектонических структур и других геологических образований до экономически рентабельных глубин (1—1,5 км) с использованием методов кернометрии опорно-параметрического бурения до глубины 2 км.

6. В области генезиса месторождений рассмотреть вопросы генезиса и возраста конкретных месторождений с учетом комплекса современных методов исследований количественного вещественного состава руд и вмещающих пород, их зональности и соотношений руд и пород, выяснить этапность и стадийность образования руд, метасоматитов и эндогенных ореолов, термобарометрию, провести массовый изотопный анализ свинца и серы, определить абсолютный возраст, выполнить петрофизическое исследование, объемный анализ и геологическое моделирование рудных полей, осуществить экспериментальные работы по рудообразованию.

7. В области геохимии провести углубленное изучение процессов рудообразования и разработать критерии и оценки рудоносности аномалий и ореолов по единой методике, глубже внедрить физико-химические методы исследований.

8. В области геофизики осуществить дальнейшее совершенствование и внедрение новых методов для уточнения строения глубоких частей рудных полей и месторождений.

9. По Зыряновскому рудному району:

а) ВКТГУ совместно с ИГН АН КазССР, ЦНИГРИ, ИМГРЭ и другими научно-исследовательскими организациями продолжить изучение месторождений Зыряновского рудного района;

б) с целью определения глубины распространения промышленного оруденения предусмотреть бурение опорно-параметрических скважин до глубины 2 км на Зыряновском и Греховском рудных полях;

в) расширить работы по исследованию влияния вулканизма и осадконакопления на формирование промышленного оруденения.

10. По Лениногорскому рудному району:

а) научным организациям совместно с ВКТГУ и Минцветметом продолжить обобщение новых материалов по месторождениям района с целью разработки закономерностей локализации руд и процессов рудообразования;

б) ИГН АН КазССР продолжить изучение геохимии, ми-

нералогии и литологии месторождений Лениногорского района;

в) Лениногорскому полиметаллическому комбинату сохранить вскрытые подземными горными выработками участки слоистых руд 2-й Риддерской залежи.

11. По Прииртышскому рудному району:

а) усилить тематические исследования по вопросам генезиса и оценки перспектив рудоносности района для производства рациональных поисков промышленных месторождений;

б) усилить комплексирование тематических работ, проводимых по району различными научными организациями (АО ИГН АН КазССР, МГУ, ЦНИГРИ) и производственными предприятиями ВКТГУ (Прииртышская ГРЭ) и МЦМ КазССР;

в) провести в ближайшее время комплексные геолого-геохимические исследования по объемному картированию и геологическому моделированию промышленных месторождений района с оценкой глубоких горизонтов и флангов;

г) выполнить в ближайшие годы бурение глубоких параметрических скважин на главных рудных полях района.

12. По Золотушинскому, Змеиногорскому и Рубцовскому рудным районам:

а) ЗСТГУ совместно с научными организациями продолжить исследования метасоматитов на наиболее перспективных площадях этих районов;

б) продолжить изучение вулканогенных формаций девона и связи их с оруденением.

Совещание считает целесообразным:

1. Создать междуведомственный совет по координации научных геологических исследований на Рудном Алтае и приступить к составлению общей программы работ.

2. Образовать комплексный институт геологических наук АН КазССР на Алтае.

3. Провести исследования по сопоставлению колчеданных месторождений Алтая с месторождениями других колчеданносных провинций СССР.

4. Опубликовать труды настоящего совещания.

Совещание считает результаты Первого Алтайского совещания по генезису колчеданно-полиметаллических месторождений весьма важными для науки и практики.

Необходимо проводить подобные совещания регулярно, один раз в четыре года. Следующее совещание организовать в 1979 г.

ЛИТЕРАТУРА

Авдонин В. В. О роли динамотермального метаморфизма на Тишинском колчеданно-полиметаллическом месторождении. — «Доклады АН СССР», 1974, т. 219, № 6.

Авдонин В. В., Войтков Д. М., Гриненко Л. Н., Демин Ю. И. Изотопный состав серы сульфидов различных групп месторождений Лениногорского района (Рудный Алтай). — «Геология рудных месторождений», 1972, № 3.

Авров Д. П. Особенности полиметаллического оруденения в хребте Сарым-Сакты (Южный Алтай). — «Информационный сборник ВСЕГЕИ», 1958, № 5.

Аксенов В. С., Ермолаев К. Ф., Хохлов П. И. К вопросу о механизме формирования послонных (слоистых) полиметаллических руд Риддер-Сокольного месторождения. — В кн.: Тезисы докладов Всесоюзного семинара по экспериментам и моделированию в структурообразующих процессах рудогенеза. Новосибирск, 1973.

Акчурина В. Н., Бульничков В. А., Зубков Ю. Д., Иванкин П. Ф., Петренко И. Л., Потапов А. А., Рабинович К. Р., Соколова Н. И. Атлас морфоструктур рудных полей (железо, полиметаллы, медь, золото и олово). Л., «Недра», 1973.

Амирасланов А. А. Основные типы месторождений свинца и цинка. М., Госгеолтехиздат, 1957.

Барнс Х. Л., Чаманский Г. К. Растворимость и перенос рудных минералов. — В кн.: Геохимия гидротермальных рудных месторождений. М., «Наука», 1970.

Бедарев Б. П., Гинатулин А. М., Кузубный В. С., Сахаров И. Т. Возрастные соотношения вмещающих пород и руд в структурах одного из рудных полей Алтая. — «Советская геология», 1974, № 5.

Безмертная М. С. К вопросу о сингенетичности алтайских полиметаллических руд и вмещающих их пород. — «Труды ВАГТ», 1957, вып. 3.

Белькова Л. Н., Огнев В. Н., Семенов А. И. Две гипотезы о генезисе полиметаллического оруденения на Алтае. — «Известия АН СССР. Серия геол.», 1954, № 1.

Билибин Ю. А. О роли батолитов в золотом оруденении в СССР. — «Доклады АН СССР», 1945, т. 50.

Биндеман Н. Н. Особенности размещения полиметаллических месторождений в стратиграфическом разрезе среднепалеозойских отложений Рудного Алтая. — «Геология и геофизика», 1972, № 2.

Биндеман Н. Н. Новые данные о геологическом строении Зыряновского рудного узла и перспективы обнаружения новых полиметаллических месторождений. — «Разведка и охрана недр», 1973, № 10.

Биндеман Н. Н., Солтан С. А., Вдовин А. С. Стратиграфические и литологические закономерности локализации полиметаллических месторождений в Зыряновском рудном районе (Рудный Алтай).— «Геология рудных месторождений», 1972, № 2.

Ботвинкина Л. Н. Слоистость осадочных пород. М., Изд-во АН СССР, 1962.

Бубличенко Н. Л. К стратиграфии и металлогении Рудного Алтая. «Известия КазФАН СССР. Серия геол.», 1945, № 4—5.

Бубличенко Н. Л. О верхней возрастной границе полиметаллического оруденения Рудного Алтая.— «Вестник АН КазССР», 1956, № 10.

Бубличенко Н. Л. Стратиграфический контроль в металлогенических процессах на Рудном Алтае.— «Труды АГМНИИ», 1961, т. X.

Бузмаков Е. И., Щибрик В. И., Рожнов А. А. и др. Стратиформное железомарганцевое и полиметаллические месторождения Ушкатынского рудного поля (Центральный Казахстан).— «Геология рудных месторождений», 1975, № 1.

Буров П. П., Курек Н. Н. Риддерская группа полиметаллических месторождений на Алтае.— «Цветные металлы», 1939, № 3—6.

Вейц Б. И. Особенности минералогического состава, структур и текстур некоторых месторождений Рудного Алтая.— «Известия АН СССР. Серия геол.», 1945, № 6.

Вейц Б. И. Явления метаморфизма в рудах Лениногорского месторождения.— «Известия АН СССР. Серия геол.», 1949, вып. 11.

Вейц Б. И. К вопросу о генезисе полиметаллических месторождений Рудного Алтая.— «Известия АН КазССР. Серия геол.», 1953а, вып. 16.

Вейц Б. И. О генетической связи полиметаллического оруденения Рудного Алтая с девонским вулканизмом.— «Известия АН КазССР. Серия геол.», 1953б, вып. 17.

Вейц Б. И., Болгов Г. П., Петровская Н. М., Покровская И. В., Рыбакиева Н. А., Тащинина М. В. Минералогия полиметаллических месторождений Рудного Алтая. Т. 1—3. Алма-Ата, Изд-во АН КазССР, 1957—1959.

Вейц Б. И., Каюпов А. К. О верхней возрастной границе алтайских полиметаллических месторождений.— «Вестник АН КазССР», 1960, № 7 (184).

Венцловайте Е. И., Шатагин Н. Н. Вопросы генезиса Корбалихинского и Зареченского полиметаллического месторождений на Рудном Алтае.— «Известия АН СССР. Серия геол.», 1969, № 9.

Виноградов А. П. Изотопы свинца и их геохимическое значение. М., Изд-во АН СССР, 1955.

Виноградов А. П. Химическая эволюция Земли. М., Изд-во АН СССР, 1959.

Вистелиус А. Б., Белоусова В. Т. О применении коэффициента корреляции при исследовании парагенезисов минералов в терригенных отложениях.— «Доклады АН СССР», 1947, т. LV, № 4.

Волков В. М., Воробьев Ю. Ю., Иванкин П. Ф., Стучевский Н. И. Опыт и методика крупномасштабного прогнозирования в Березовско-Белоусовском рудном поле.— «Труды АГМНИИ АН КазССР», 1962, т. XII.

Волков В. М., Гинатулин А. М., Сахаров И. Т., Чекалова К. А. Орловское рудное поле на Рудном Алтае. Алма-Ата, «Наука» КазССР, 1972.

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

Воронцов Н. И., Воронцова М. К. Об эффузивно-осадочной природе

Николаевского колчеданного месторождения Рудного Алтая.— «Труды СНИИГГИМС», 1964, вып. 35.

Гаврилина К. С., Литвинович А. Н. Явления расланцевания в пиритах из сланцев Тишинского месторождения на Рудном Алтае.— «Известия АН КазССР. Серия геол.», 1969, № 6.

Галдин Н. Е. К вопросу о применимости эффузивной гипотезы к объяснению генезиса некоторых полиметаллических месторождений Рудного Алтая.— «Известия АН КазССР. Серия геол.», 1953, вып. 17.

Гашеева Г. М., Силицин В. М. Рудная зональность и зоны смятия Алтая.— «Записки ВМО», 1941, т. XX, № 2.

Гармаш А. А., Сафонов Г. А., Сидоренко З. В. Новые данные о возрастных соотношениях диабазовых даек и полиметаллического оруденения Змеиногорского месторождения на Алтае.— «Материалы ВСЕГЕИ. Новая серия», 1956, вып. 19.

Гончарова Т. Я. Закономерности размещения колчеданных руд в вулканогенных комплексах.— «Вестник МГУ», 1970, № 1.

Горжевский Д. И. К вопросу о происхождении некоторых типов полиметаллических месторождений Алтая.— «Геологический сборник Львовского ГУ», 1956, № 2—3.

Горжевский Д. И. Сравнительная характеристика свинцово-цинковых месторождений Сихотэ-Алиня и других районов СССР.— В кн.: Закономерности размещения полезных ископаемых. Т. X. М., «Наука», 1973.

Горжевский Д. И., Комар В. А., Яковлев Г. Ф. Структурно-фациальные зоны Рудного Алтая.— «Советская геология», 1955, № 48.

Горжевский Д. И., Королев Г. Г., Крейтер И. В. О возможном источнике металлов при образовании полиметаллических руд алтайских месторождений.— В кн.: Международный геохимический конгресс. Тезисы докладов. Т. 1. М., 1971.

Горжевский Д. И., Яковлев Г. Ф. Некоторые закономерности размещения полиметаллических месторождений Рудного Алтая.— «Труды ВАГТ», 1957, вып. 3.

Григорьев И. Ф. Основные черты металлогении Рудного Алтая и Калбы.— В кн.: Большой Алтай. Т. 1. М., Изд-во АН СССР, 1934.

Григорьев Д. П. Закономерности образования сульфидов меди в колчеданных месторождениях Среднего Урала.— «Записки ВМО», 1948, № 1.

Демин Ю. И., Брызгалова Г. С., Кропачев С. М., Сухарев Н. Г., Яковлев Г. Ф. Геологическая обстановка полигенного оруденения в Белоубинской зоне (Рудный Алтай).— «Известия вузов. Геология и разведка», 1976, № 3.

Демин Ю. И., Красс М. С., Яковлев Г. Ф. Опыт исследования динамики становления магматических тел в рудных районах методом объемного моделирования на ЭВМ.— «Вестник МГУ. Серия геол.», 1976, № 1.

Демин Ю. И., Ловчук В. В. Температурный режим формирования Белоубинского гранитного массива и вопросы генезиса полиметаллической минерализации Старковского рудного поля (Рудный Алтай).— «Геология рудных месторождений», 1971, № 4.

Дербинов И. В. К вопросу о фациях порфировых интрузий и генезисе полиметаллических месторождений Западного Алтая.— «Известия АН СССР. Серия геол.», 1952, № 5.

Дербинов И. В. О тектонических и палеогеографических условиях полиметаллического рудообразования в Рудном Алтае.— «Труды СНИИГГИМС», 1962, вып. 25.

Дмитриев В. П. Геологическое строение и размещение оруденения на Корбалихинском месторождении.— «Вестник Западно-Сибирского геологического управления», 1963, № 2.

Дударев А. Н. Анализ геолого-геофизических условий эндогенного рудообразования. Новосибирск, «Наука», 1975.

Елисеев Н. А. О месторождениях вольфрамита в Рудном Алтае.— «Известия ВГРО», 1932, т. I, вып. 36.

Елисеев Н. А. Геологический очерк Калбы. М., Изд-во АН СССР, 1936.

Елисеев Н. А. Петрография Рудного Алтая и Калбы.— В кн.: Петрография СССР. Сер. I. Региональная петрография. Вып. 6. М.—Л., Изд-во АН СССР, 1938.

Еремин Н. И., Золотарев В. П., Сорокинский М. Г. Эндогенная зональность сфалеритовой и теннантит-тетраэдритовой минерализации в рудных телах Гусляковского месторождения на Рудном Алтае.— «Геология рудных месторождений», 1975, № 1.

Иванкин П. Ф. К вопросу о рудоносных структурах эндогенных месторождений.— «Разведка недр», 1951, № 3.

Иванкин П. Ф. По поводу статьи Л. Н. Бельковой, В. Н. Огнева, А. И. Семенова «Две гипотезы о генезисе полиметаллического оруденения на Алтае».— «Известия АН СССР. Серия геол.», 1954, № 5.

Иванкин П. Ф. О некоторых вопросах генезиса полиметаллических руд Алтая.— «Известия АН КазССР. Серия геол.», 1954, № 134, вып. 18.

Иванкин П. Ф. Полиметаллические месторождения Прииртышья. М., Госгеолтехиздат, 1957.

Иванкин П. Ф. Морфология глубоководных магматогенных рудных полей. М., «Недра», 1970.

Иванкин П. Ф., Иншин П. В., Кузбный В. С. Рудные формации Рудного Алтая. Алма-Ата, Изд-во АН КазССР, 1961.

Иванкин П. Ф., Кузбный В. С. О верхней возрастной границе и глубине формирования оруденения Николаевского месторождения.— «Вестник АН КазССР», 1960, № 1.

Иванкин П. Ф., Кузбный В. С., Воробьев Ю. Ю. и др. О блоковом строении северо-западной части Рудного Алтая и особенностях тектонического положения главных рудных узлов.— «Советская геология», 1966, № 11.

Иванкин П. Ф., Халтурин И. И. О закономерностях размещения эндогенного оруденения в Прииртышском районе Алтая.— «Советская геология», 1955, № 43.

Каюпов А. К. К вопросу о генезисе полиметаллического оруденения Зырянского района.— «Известия АН КазССР. Серия геол.», 1954, вып. 18.

Каюпов А. К. О возрасте полиметаллического оруденения на Алтае.— «Известия АН КазССР. Серия геол.», 1956, вып. 24.

Каюпов А. К. О возрастных соотношениях полиметаллического и редкометального оруденения на Алтае.— «Известия АН КазССР. Серия геол.», 1959, вып. 1.

Каюпов А. К. Основные черты геологии и металлогении Зырянского района и некоторых его рудных полей. Алма-Ата, Изд-во АН КазССР, 1964.

Каюпов А. К. Зырянский рудный район.— В кн.: Геология СССР. Т. XLI. М., «Недра», 1974.

Каюпов А. К., Ким В. А., Никитина Л. Г., Флеров Е. А. Геология Зырянского полиметаллического месторождения. М., Госгеолтехиздат, 1957.

Ковриго О. А., Покровская И. В. Конкреции 2-й Риддерской залежи Риддер-Сокольного месторождения.— «Литология и полезные ископаемые», 1975, № 1.

Козлов М. С. Девонская базальт-андезит-липаритовая серия Юго-

Западного Алтая: геология и геотектоника. — «Геология и геофизика», 1974, № 8.

Козлов М. С., Кленина Л. Н., Подковыркин Г. В., Давыдов Ф. Г. Первые находки фауны силура и нижнего девона на Рудном Алтае. — «Доклады АН СССР», 1974, т. 214, № 6.

Козлов М. С., Титов В. И., Азов В. С. О метаморфогенном образовании полиметаллических месторождений рудноалтайского типа (на примере месторождений Рудного Алтая). — «Геологический журнал», 1972, т. 32, вып. 2.

Котляр В. Н. Основы теории рудообразования. М., «Недра», 1970.

Кузубный В. С. Особенности возрастных взаимоотношений и некоторые вопросы петрологии интрузий северо-западной части Рудного Алтая. — «Труды ИГН АН КазССР», 1966, т. 17.

Кузубный В. С., Попов В. В. Рудоносность магматических формаций Рудного Алтая (состояние вопроса и пути его дальнейшего изучения). — «Известия вузов. Геология и разведка», 1966, № 10.

Курек Н. Н., Буров П. П. Риддерская группа полиметаллических месторождений. М., Изд-во АН СССР, 1934.

Левоник Б. С. О некоторых рудоносных структурах эндогенных месторождений. — «Разведка недр», 1950, № 4.

Летников Ф. А., Нарсеев В. А. Термостатирование природных систем и его роль в геологических процессах. — В кн.: Физико-химическая динамика процессов магматизма и рудообразования. Новосибирск, «Наука», 1971.

Любецкий В. Н. Глубинное строение и районирование Иртыш-Зайсанской складчатой системы по геофизическим данным. — «Известия вузов. Геология и разведка», 1965, № 12.

Малеев Е. Ф. Вулканокластические горные породы. М., Госгеолтехиздат, 1963.

Маньков Б. В. Структурные особенности Тишинского полиметаллического месторождения на Рудном Алтае. — «Геология и разведка», 1969, № 9.

Мягков В. Ф. О закономерностях в изменении тесноты связей и зависимостей между содержаниями компонентов в зональных рудных телах. — «Доклады АН СССР», 1968, т. 182, № 1.

Наумов В. А. О полосчатых текстурах руд колчеданно-полиметаллических месторождений Иртышской зоны смятия в Рудном Алтае. — «Записки ВМО», 1959, т. LXXXVIII, вып. 5.

Наумов В. А. Структурные условия локализации оруденения на Николаевском колчеданно-полиметаллическом месторождении (Рудный Алтай). — «Геология и разведка», 1973, № 6.

Наумов В. А. Геолого-структурные особенности и закономерности локализации оруденения Николаевского колчеданно-полиметаллического месторождения (Рудный Алтай). Автореф. канд. дис. Алма-Ата, 1973.

Наумов Г. Б., Рыженко Г. О., Ходаковский И. Л. Справочник термодинамических величин для геологов. М., Атомиздат, 1971.

Нехорошев В. П. К насущным проблемам алтайского комплекса. — «Проблемы советской геологии», 1933, № 7.

Нехорошев В. П. Новые данные по геологии Большого Алтая. М., Изд-во АН СССР, 1936.

Нехорошев В. П. Зоны смятия и зональность оруденения Алтая. — «Проблемы советской геологии», 1938, № 3.

Нехорошев В. П. Зоны смятия Рудного Алтая. — В кн.: Материалы по геологии Рудного Алтая. М., Изд-во АН СССР, 1940.

Нехорошев В. П. Современное состояние вопроса о происхождении полиметаллических руд Алтая. — Информационный сборник ВСЕГЕИ, 1955, № 1.

Нехорошев В. П. Основные гипотезы происхождения полиметаллических месторождений Рудного Алтая и поисковые критерии.— «Материалы ВСЕГЕИ. Новая серия», 1956, вып. 8, ч. 1.

Никольский А. П., Великая Н. Н. О медно-пирротиновом оруденении на Алтае.— «Материалы ВСЕГЕИ. Полезные ископаемые», 1946, № 3.

Никольский А. П. Проявление редкометального оруденения в полиметаллической зоне Рудного Алтая.— Там же.

Никольский А. П. Гранитоиды Алтая и Калбы.— «Советская геология», 1948, т. 31.

Никольский А. П. О некоторых вопросах генезиса гидротермальных месторождений.— «Советская геология», 1955, т. 43.

Нурбаев З. М. Генетические типы эндогенного оруденения в восточной части Южного Алтая. «Известия АН СССР. Серия геол.», 1961, № 1.

Обручев В. А. Выступление в прениях.— В кн.: Большой Алтай. Т. II. М., Изд-во АН СССР, 1936.

Овчинников Л. Н. Аспекты и методы изучения эндогенного рудообразования.— «Известия АН СССР. Серия геол.», 1965, № 6.

Овчинников Л. Н., Баранов Э. Н. Эндогенные геохимические ореолы колчеданных месторождений.— «Геология рудных месторождений», 1970, № 2.

Овчинников Л. Н., Баранов В. Д. О некоторых закономерностях размещения колчеданно-полиметаллических месторождений Рудного Алтая (по геолого-статистическим данным).— «Геология рудных месторождений», 1973, № 6.

Овчинников Л. Н., Баранов В. Д. Проблема стереометаллогении.— В кн.: Проблема металлогении и рудогенезиса. Алма-Ата, 1974.

Овчинников Л. Н., Баранов В. Д., Лутков Р. И. Вертикальный размах и зональность колчеданного оруденения Алтая, Урала и Кавказа.— «Доклады АН СССР», 1974, т. 218, № 4.

Овчинников Л. Н., Вороновский С. Н. Абсолютный возраст колчеданно-полиметаллических месторождений Рудного Алтая.— В кн.: Геолого-радиологическая интерпретация несходящихся значений возраста. М., «Наука», 1973.

Округин В. М. Температурные условия образования руд Стрежанского месторождения (Рудный Алтай). [Тезисы Всесоюзного совещания по термобарогеохимии]. Ростов-на-Дону, 1973.

Пилюпенко П. П. Минералогия Западного Алтая.— «Известия Томского университета», 1915, кн. 62.

Покровская И. В., Ковриго О. А. О вулканогенно-осадочном происхождении слоистых полиметаллических руд Риддер-Сокольного месторождения.— «Геология рудных месторождений», 1970, № 3.

Попов В. В. Вулканизм, тектоника и полиметаллическое оруденение Лениногорского района. Алма-Ата, 1968.

Попов В. В. Вопросы генезиса полиметаллических месторождений Лениногорского района (Рудный Алтай).— «Советская геология», 1973, № 10.

Попов В. В. Генезис колчеданно-полиметаллических месторождений на Рудном Алтае и геологические основы их поисков.— «Советская геология», 1973, № 11.

Попов В. В. О двух концепциях происхождения колчеданно-полиметаллических месторождений Рудного Алтая.— «Советская геология», 1975, № 3.

Поспелов Г. Л. Геологические предпосылки к физике рудоконтролирующих флюидопроводников.— «Геология и геофизика», 1963, № 4.

Принципы и методы прогнозирования медноколчеданного и полиметаллического оруденения (на примере Рудного Алтая). М., «Недра», 1972.

Ревакин П. С., Кузевный В. С., Борцов В. Д. Применение геофизических методов при изучении особенностей глубинного строения и размещения полиметаллических месторождений Прииртышского Рудного Алтая.— В кн.: Геофизические методы при крупномасштабном прогнозировании сульфидных месторождений. Л., «Недра», 1970.

Сидоренко З. В. Отношение полиметаллического оруденения к дайкам основных пород в месторождениях северо-западной части Рудного Алтая.— «Бюллетень МОИП. Отд. геол.», 1956, № 4.

Сидоренко З. В. Влияние фактора глубинности на формирование алтайских полиметаллических месторождений и распределение их в стратиграфическом разрезе.— «Известия АН КазССР. Серия геол.», 1964, № 5.

Смирнов В. И. Колчеданные месторождения.— В кн.: Генезис эндогенных рудных месторождений. М., «Недра», 1968.

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

Смирнов В. И. Фактор времени в образовании стратиформных рудных месторождений.— «Геология рудных месторождений», 1970, № 6.

Смирнов В. И. Соотношение сингенетических и эпигенетических процессов при формировании рудных стратиформных месторождений цветных металлов.— В кн.: Минеральные месторождения. М., «Наука», 1972.

Соколов В. А. Взаимоотношения алтайских зон смятия с биотитовыми гранитами. М., Изд-во АН СССР, 1936.

Старостин В. И., Яковлев Г. Ф., Авдонин В. В., Гончарова Т. Я., Зубкова В. А., Маньков Б. В., Олейник Ю. Ф. Тектоно-вулканические структуры на Тишинском рудном поле (Рудный Алтай).— «Советская геология», 1973, № 7.

Стучевский Н. И. О стратиграфии северо-западной части Иртышской зоны смятия.— «Труды АГМНИИ АН КазССР», 1960, т. VIII.

Тащинина М. В., Чепрасов Б. Л. О своеобразных эруптивных брекчиях на Алтае.— «Известия АН КазССР. Серия геол.», 1955, вып. 21.

Тойбазаров М. А. К вопросу о возрасте оруденения Николаевского месторождения.— В кн.: Материалы Второй республиканской научно-теоретической конференции молодых геологов Казахской ССР. Усть-Каменогорск, 1970.

Трофимова Л. А., Покровская И. В., Сыромятников Н. Г. Изучение распределения урана методом осколковой радиографии в полиметаллических рудах в связи с их генезисом.— «Доклады АН СССР», 1975, т. 225, № 5.

Усов М. А. Фации и циклы тектогенеза Западно-Сибирского края. Томск, 1936.

Усов М. А. Главнейшие геохимические эпохи Западно-Сибирского края.— В кн.: Труды XVII сессии Международного геологического конгресса. М., 1937.

Хисамутдинов М. Г. Этапы изменения вмещающих пород Зыряновского месторождения.— «Материалы ВСЕГЕИ. Новая серия», 1956, вып. 19.

Хисамутдинов М. Г. Геологические формации и металлогения полиметаллического пояса Алтая. Автореферат докт. дис. Л., 1972.

Хисамутдинов М. Г. Магматические формации вторичных геосинклиналей и связанные с ними полиметаллические месторождения.— В кн.: Магматические и метаморфические комплексы Казахстана. [Тезисы 2-го Казахстанского петрографического совещания]. Алма-Ата, 1974.

Хисамутдинов М. Г., Демидова Т. Я. Очерк металлогении Юго-Западного Алтая.— «Советская геология», 1965, № 4.

Хохлов П. И., Щерба Г. Н. О возрастном соотношении золотого и редкометалльного оруденения на Южном Алтае.— «Известия АН КазССР. Серия геол.», 1974, № 6.

Чекваидзе В. В., Шатагин Н. Н. О путях движения минерализующих растворов при формировании Корбалихинского полиметаллического месторождения.— «Геология рудных месторождений», 1970, № 1.

Чепрасов Б. Л., Покровская И. В., Изюмский С. И., Ковриго О. А. Послерудные диабазовые дайки Риддер-Сокольного месторождения (Рудный Алтай).— «Записки ВМО», 1969, т. ХСVIII, вып. 5.

Чепрасов Б. Л., Покровская И. В., Ковриго О. А. О полигенном характере оруденения Риддер-Сокольного месторождения.— «Геология рудных месторождений», 1972, № 6.

Чернов В. И. Вулканогенные формации и порфировые интрузии Рудного Алтая. М., «Наука», 1974.

Шадлун Т. Н. Об особенностях строения колчеданных руд некоторых месторождений.— «Известия АН СССР. Серия геол.», 1951, № 5.

Шялов Л. И., Ковриго О. А., Покровская И. В., Шилов В. И., Лебедев В. П., Мясичев В. В. Изотопный состав свинца Риддер-Сокольного и Тишинского месторождений (Рудный Алтай).— «Геохимия», 1971, № 2.

Шипулин Ф. К. Соотношение интрузий и оруденения в Зырянском районе на Рудном Алтае.— «Доклады АН СССР», 1958, т. 119, № 3.

Щерба Г. Н. Отзыв на статью Б. С. Левоника «О некоторых рудосных структурах эндогенных месторождений». — «Разведка недр», 1951, № 1.

Щерба Г. Н. Вулканокупола из района Лениногорска.— «Известия АН КазССР. Серия геол.», 1954, вып. 18.

Щерба Г. Н. О двух гипотезах образования полиметаллических месторождений Рудного Алтая.— «Известия АН СССР. Серия геол.», 1954, № 5.

Щерба Г. Н. Геология Лениногорского рудного поля.— В кн.: Полиметаллические месторождения Рудного Алтая. М., Госгеолтехиздат, 1957.

Щерба Г. Н. Некоторые глубинные подвижные зоны Юго-Западного Алтая.— «Известия АН КазССР. Серия геол.», 1957, вып. 2 (27).

Щерба Г. Н. Месторождения атасуйского типа.— «Геология рудных месторождений», 1967, № 5.

Щерба Г. Н. Проблема генезиса колчеданно-полиметаллических месторождений Рудного Алтая.— «Советская геология», 1968, № 6.

Щерба Г. Н. Еще раз о генезисе руд Лениногорского района.— «Советская геология», 1974а, № 7.

Щерба Г. Н. Вулканогенная гипотеза генезиса колчеданно-полиметаллических месторождений Рудного Алтая.— «Советская геология», 1974б, № 9.

Щерба Г. Н., Покровская И. В., Ковриго О. А. Некоторые особенности вулканогенного рудообразования на примере месторождений Алтая и Центрального Казахстана.— «Труды ИГГ Уральского научного центра СССР», 1973, вып. 102.

Яковлев Г. Ф. Об образовании различных подтипов алтайских полиметаллических месторождений.— «Известия вузов. Геология и разведка», 1959, № 2.

Яковлев Г. Ф. Тектонические закономерности размещения полиметаллических месторождений Рудного Алтая.— В кн.: Закономерности размещения полезных ископаемых. Т. V. М., Изд-во АН СССР, 1962.

Яковлев Г. Ф. О генезисе и возрасте алтайских колчеданно-полиметаллических месторождений.— «Вестник МГУ. Серия геол.», 1972, № 2.

Яковлев Г. Ф., Старостин В. И. Тектонофизический анализ полей колчеданных месторождений.— В кн.: Доклады советских геологов на Международном геологическом конгрессе, XXIV сессия. М., Изд-во АН СССР, 1972.

Яковлев Г. Ф., Яковлева Е. Б. Рудоносные флюидопорфировые комплексы Юго-Западного Алтая.— «Вестник МГУ. Серия геол.», 1973, № 2.

Яковлев Г. Ф., Хисамутдинов М. Г., Демин Ю. И. Полигенность и полихронность колчеданно-полиметаллических месторождений Рудного Алтая.— «Геология рудных месторождений», 1975, № 3.

Яцимирский Н. Б., Васильев В. П. Константы нестойкости комплексных соединений. М., Изд-во АН СССР, 1959.

УДК 553.44+553.43(574.42)

Состояние сырьевой базы Рудного Алтая и роль научных гипотез в эффективном направлении поисково-разведочных работ. Трубинов Л. М. «Проблемы генезиса колчеданно-полиметаллических месторождений Рудного Алтая». Алма-Ата, «Наука» КазССР, 1977, с. 8—14.

Приводится краткая характеристика состояния сырьевой базы горнодобывающих предприятий цветной металлургии Зырянского, Лениногорского и Прииртышского рудных районов. Отмечается важная роль вопроса о генезисе рудноалтайских месторождений, длительность дискуссионного состояния этого вопроса, недостаточный объем исследований связи оруденения с вулканизмом. В целях дальнейшего развития представлений о генезисе месторождений предлагается приступить к выделению участков, перспективных по одним рудогенетическим концепциям и бесперспективных по другим, с последующей проверкой данных рекомендаций.

УДК 553.43(574.4)

Развитие основных руководящих идей и направления поисково-разведочных работ на Рудном Алтае. Ажгирей Д. Г. и др. «Проблемы генезиса колчеданно-полиметаллических месторождений Рудного Алтая». Алма-Ата, «Наука» КазССР, 1977, с. 14—24.

Рассмотрено развитие основных идей, определявших в последние десятилетия направление поисково-разведочных работ на Рудном Алтае. Суммированы закономерности размещения колчеданно-полиметаллического оруденения, факторы рудолокализации и особенности формирования месторождений в различных рудных районах. Даны новые рекомендации по поискам месторождений.

УДК 553.435'44.065(235.222—14)

Основные гипотезы о генезисе колчеданно-полиметаллических месторождений Рудного Алтая. Каюпов А. К. «Проблемы генезиса колчеданно-полиметаллических месторождений Рудного Алтая». Алма-Ата, «Наука» КазССР, 1977, с. 25—39.

В статье критически рассматриваются гипотезы о происхождении колчеданно-полиметаллических месторождений Рудного Алтая. Детально анализируются фактические данные, положенные в основу «интрузивной» и «эффузивной» концепций и их разновидностей, вскрываются их сильные и слабые стороны. Автор на основе собственных многолетних исследований приходит к выводу о формировании основных структур, региональных разломов и зон смятия, а также впервые выделенного им саурского комплекса гиабиссальных интрузивных пород габбро-плагиогранитной формации в саурскую (визейскую) фазу варисского тектогенеза. Гидротермальные изменения пород и эндогенная рудная

минерализация медного и полиметаллического состава наложены на конседиментационные и саурские структуры. Полиметаллическое оруденение на Рудном Алтае генетически не связано ни с эффузивами девона и нижнего карбона, ни с интрузивами саурского комплекса, а находится с ними в парагенетическом родстве и имеет нижнекарбонный возраст. В заключение дается ряд практических рекомендаций.

УДК 553.444.067.001

Вулканогенная гипотеза происхождения колчеданно-полиметаллических месторождений Рудного Алтая. Щербатова Г. Н. «Проблемы генезиса алтайских колчеданно-полиметаллических месторождений». Алма-Ата, «Наука» КазССР, 1977, с. 39—48.

Справедливость вулканогенной гипотезы вытекает из следующих основных факторов: ассоциированности руд и девонских вулканитов базальтово-липаритовой формации, однотипности деформаций и метаморфизма руд и вмещающих пород и, наконец, наличия стратифицированных синхронных седиментных рудных залежей. Рудоотложение было неоднократным, а его продолжительность не выходила за рамки времени девонского вулканизма. Основные руды образовались как седиментным, так и в основном метасоматическим путем. В карбоне и перми они подверглись метаморфизму и частичной регенерации. Менее значимое оруденение сопровождается и последевонские магматические комплексы.

УДК 553.44;553.067

Первичные и преобразованные вулканогенные колчеданно-полиметаллические месторождения Рудного Алтая. Яковлев Г. Ф. и др. «Проблемы генезиса колчеданно-полиметаллических месторождений Рудного Алтая». Алма-Ата, «Наука» КазССР, 1977, с. 49—61.

Проанализирована структурно-формационно-фациальная приуроченность алтайских месторождений к базальтово-липаритовой формации среднего девона — франа, обусловленная ее петрохимическими особенностями и внутренним строением (фациальными, региональными и локальными вулканическими структурами, которые являются дополнительными поисковыми критериями). Приведены основные черты вулканогенных месторождений, подчеркнуты те преобразования, которые они претерпели при метаморфизме и регенерации и в связи с этим изменили свой первичный облик. Показана значительная роль в формировании последевонских месторождений полиметаллических, барит-полиметаллических и других руд процессов мобилизации рудного вещества, рассеянного в вулканитах и других породах. Намечена длительная и сложная история образования алтайских колчеданно-полиметаллических месторождений — их полигенность и полихронность.

УДК 533.2(571.15)

Спорные вопросы и роль регенерации в рудообразовании на Рудном Алтае. Хисамутдинов М. Г. «Проблемы генезиса

колчеданно-полиметаллических месторождений Рудного Алтая». Алма-Ата, «Наука» КазССР, 1977, с. 61—66.

Концепция регенерации полиметаллических руд и ремобилизации рассеянной рудной минерализации, генетически связанных с девонской кварцево-кератофировой формацией (под влиянием позднейших гидротермально-метасоматических процессов), разрешает острые противоречия между представлениями сторонников «эффузивной» и «интрузивной» гипотез происхождения алтайских месторождений, обогащает арсенал поисковых критериев. Правильность концепции подтверждается закономерным размещением оруденения, подчиняющимся внутреннему строению девонской рудоносной формации, зависимостью пометального состава руд от петрохимического состава рудовмещающих пород и вместе с тем приуроченностью рудных тел ряда месторождений к несомненно верхнепалеозойским структурам.

УДК 550.4:553.43'44.06(235.222—14)

Геохимические аспекты генезиса алтайских колчеданно-полиметаллических месторождений. Овчинников Л. Н., Баранов В. Д., Баранов Э. Н., Головин А. А. «Проблемы генезиса колчеданно-полиметаллических месторождений Рудного Алтая». Алма-Ата, «Наука» КазССР, 1977, с. 66—81.

Минералого-геохимические черты и закономерности размещения месторождений колчеданной формации Рудного Алтая во многом определяются глубинными процессами, в том числе условиями зарождения, длительного развития и дифференциации базальтоидного магматического очага, находившегося ниже поверхности Конрада. Геохимические данные указывают на конечную эпигенетичность полиметаллического оруденения по отношению к надрудным толщам пород, складчатости и раннеорогенным интрузивным комплексам.

Ил. 6.

УДК 549.324.31+553.2(574.42)

Минералого-геохимические данные и проблема генезиса полиметаллических месторождений Рудного Алтая. Литвинович А. Н., Цвинев Э. А., Инин В. Д., Гаврилина К. С. «Проблемы генезиса колчеданно-полиметаллических месторождений Рудного Алтая». Алма-Ата, «Наука» КазССР, 1977, с. 81—90.

На основании изучения внутреннего строения, а также содержания и соотношения элементов-примесей в пиритах из пород и рудных зон Зырянского рудного района и Тишинского месторождения делается вывод о том, что основные полиметаллические месторождения в указанных районах сформировались после того, как были рассланцованы горные породы, вмещающие руды. Физико-химические условия образования сульфидных руд большинства главных месторождений Рудного Алтая наиболее отчетливо изменялись в вертикальном направлении, что противоречит гипотезе о гидротермально-осадочном происхождении руд и прежде всего крутопадающих залежей. Особенности распре-

ления основных (медь, цинк, свинец, сера, железо) и редких (кадмий, селен, теллур, мышьяк, сурьма, висмут) рудообразующих элементов свидетельствуют о том, что в рудных зонах рудоносные растворы обычно пропитывали большие объемы горных пород и «стягивались» к тектонически ослабленным участкам, где формировались сплошные сульфиды и богатые руды. Приводятся соображения о формах привноса металлов к месту их отложения.

Ил. 2.

УДК 550.8.053:553.444(574.42)

Геохимические данные и проблема возраста колчеданно-полиметаллического оруденения Рудного Алтая. Р е в я к и н П. С. «Проблемы генезиса колчеданно-полиметаллических месторождений Рудного Алтая». Алма-Ата, «Наука» КазССР, 1977, с. 90—95.

На основе интерпретации гравитационного и магнитного полей Прииртышского района Рудного Алтая и изучения закономерностей изменения физических параметров пород в объеме рудолокализирующих структур излагаются новые данные о пространственном положении рудно-магматических систем колчеданно-полиметаллических месторождений по отношению к гранитоидным интрузиям габбро-гранодиорит-гранитной формации. Приводятся доказательства более молодого возраста оруденения по сравнению с интрузиями этой формации.

Ил. 2.

УДК 553.44.044(571.15)

Теоретические основы составления карт прогноза по Рудиному Алтаю. И в а н к и н П. Ф., Г о р ж е в с к и й Д. И., Ф и л а т о в Е. И. «Проблемы генезиса колчеданно-полиметаллических месторождений Рудного Алтая». Алма-Ата, «Наука» КазССР, 1977, с. 95—101.

Степень геосинклинальной переработки срединных массивов, в которых возникают зоны развития колчеданно-полиметаллических месторождений, полихронность и полигенность этих месторождений необходимо учитывать при прогнозировании скрытого оруденения. Для зон, возникающих в условиях слабой геосинклинальной переработки срединных массивов, в том числе и для остаточных поднятий Рудного Алтая, важное значение имеет палеореконструкция блоковой тектоники неглубоко располагающегося фундамента массива, учет относительной кратковременности и прерывистости процессов вулканизма и рудообразования. Напротив, для краевых остаточных поднятий и глубоких прогибов Рудного Алтая необходимы формационно-фациальный анализ вулканогенно-осадочных отложений мощного сингеосинклинального чехла, под которым во многих участках глубоко захоронен фундамент массива, изучение глубинного строения рудных районов, морфологии гранитоидных батолитов, разобщающих на обособленные блоки потенциально рудоносные вулканогенные формации.

Табл. 1.

Закономерности размещения, строения и образования полиметаллических месторождений Алтая и перспективы расширения его рудной базы. К е н А. Н. «Проблемы генезиса колчеданно-полиметаллических месторождений Рудного Алтая». Алма-Ата, «Наука» КазССР, 1977, с. 102—112.

Колчеданно-полиметаллические месторождения Рудного Алтая находятся на крыльях конседиментационных антиклинориев, в кольцевых металлогенических зонах эллиптической формы. Поперек этих зон от центров наблюдается смена гематитовых, баритовых, барит-золото-серебряных месторождений свинцово-цинковыми, медно-цинковыми и существенно медными. Все полиметаллические месторождения Алтая приурочены к единой рудоносной поверхности, вписывающейся в складчатые структуры девонских толщ и совпадающей с границей бескислородных сульфидных руд и баритовых руд с сульфидами, сульфатами, самородными элементами и окислами. Рудообразование происходило до складчатости при пологом залегании пород девона. С этих позиций выявлен ряд закономерностей, позволяющих дать прогнозные оценки конкретных участков.

УДК 553.44+553.53(574.42)

О природе порфировых образований Рудного Алтая в свете генезиса алтайских полиметаллических месторождений. К а ю п о в А. К. и др. «Проблемы генезиса колчеданно-полиметаллических месторождений Рудного Алтая». Алма-Ата, «Наука» КазССР, 1977, с. 112—121.

Среди рудноалтайских порфировых пород, во многих случаях тесно ассоциирующих с полиметаллическим оруденением, выделены магматогенные и метаморфогенные. В класс магматогенных включены вулканогенные и интрузивные породы, обладающие рядом характерных особенностей, указывающих на прямую связь с магматическим очагом. Порфировые породы метаморфогенного класса («псевдопорфиры») рассматриваются как гидротермально-метасоматические образования, возникшие путем так называемой «порфиризации». Дана детальная характеристика особенностей пород этого класса, особенности их формирования и их связи с оруденением.

УДК 553'3/'9+553.078(574.42)

Геология, критерии поисков полиметаллических руд Зырянского рудного района (Ревнюшинская структура). С о л т а н С. А. и др. «Проблемы генезиса колчеданно-полиметаллических месторождений Рудного Алтая». Алма-Ата, «Наука» КазССР, 1977, с. 122—128.

Рассмотрены особенности геологического строения Ревнюшинской антиклинали и основные критерии поисков полиметаллического оруденения. Приведены новые данные о перспективах рудных полей района. Сделаны выводы о постскладчатом возрасте промышленного оруденения.

Закономерности размещения и особенности формирования полиметаллических месторождений в Зырянском рудном районе. Каюпов А. К. и др. «Проблемы генезиса колчеданно-полиметаллических месторождений Рудного Алтая», Алма-Ата, «Наука» КазССР, 1977, с. 129—141.

Промышленные полиметаллические месторождения Зырянского района являются полигенными, полихронными и относятся к группе псевдостратиформных. Выделены три типа оруденения: 1) локализованное в слоистом вулканогенно-осадочном разрезе девона; 2) ассоциирующее с вулканидами нижнего карбона и 3) пространственно и генетически связанное с производными габбро-гранитных интрузий змеиногорской серии. Детально рассматриваются закономерности размещения оруденения, стратиграфический, структурный, магматический контроль оруденения, явления «порфиризации» и связь с ними оруденения. Предлагается модель формирования полиметаллического оруденения зырянского типа, в соответствии с которой рудообразование протекало в три этапа: 1) халькофильного заражения (гидротермально-осадочный); 2) перераспределения халькофильной минерализации в связи с порфириобразованием (вулканогенно-гидротермальный) и 3) концентрации халькофильной минерализации (регенерационный гидротермально-метасоматический).

Ил. 1.

О генезисе колчеданно-полиметаллических месторождений Зырянского рудного района. Бродский И. С., Стадников Г. П. «Проблемы генезиса колчеданно-полиметаллических месторождений Рудного Алтая». Алма-Ата, «Наука» КазССР, 1977, с. 142—149.

На примере наиболее изученного Зырянского месторождения дается критическая оценка существующих представлений об эпигенетическом относительно складчатых структур характере оруденения путем гидротермально-метасоматического замещения вмещающих пород. Приводятся доводы в пользу вулканогенной гипотезы о доскладчатом первичном отложении основной массы полиметаллических руд, связанном с заключительными этапами девонского вулканизма, с последующими соскладчатыми преобразованиями. Важное практическое значение придается правильному пониманию условий рудообразования. Показывается, что недооценка геологических факторов и закономерностей размещения рудных месторождений приводит к снижению эффективности геологоразведочных работ.

О физико-химических условиях образования полиметаллических месторождений Зырянского района. Аксенов В. С. «Проблемы генезиса колчеданно-полиметаллических месторожде-

ний Рудного Алтая». Алма-Ата, «Наука» КазССР, 1977, с. 149—153.

Приближенно оцениваются температура, давление, плотность, химический состав и кислотно-щелочные свойства рудообразующих растворов при формировании полиметаллических месторождений Зырянского района. На основании полученных физико-химических параметров предполагаются наиболее вероятные формы переноса рудных компонентов и причины, обусловившие отложение сульфидных руд.

УДК 550.42+546.02:553.21

Изотопы серы и вопросы генезиса сульфидных руд полиметаллических месторождений Зырянского района. Аксенов В. С., Гриненко Л. Н., Гриненко В. А. «Проблемы генезиса колчеданно-полиметаллических месторождений Рудного Алтая». Алма-Ата, «Наука» КазССР, 1977, с. 153—158.

Значения δS^{34} (‰), полученные для рудообразующих сульфидов Зырянского, Богатыревского, Греховского II, Снегиревского и Александровского месторождений, варьируют от $-0,6$ до $+6,1$ (в среднем $+3,1$ ‰). От стадии к стадии и от сульфида к сульфиду (в порядке их образования) величины δS^{34} уменьшаются, вплоть до значений метеоритного стандарта. Узкая область вариации изотопных отношений свидетельствует о глубинном источнике серы.

Табл. 2.

УДК 553.43'44:550.82:550.83(235.222—14)

Критерии поисков промышленного оруденения и направление геологоразведочных работ в Лениногорском рудном районе. Олейник Ю. Ф., Сухарев Н. Г. «Проблемы генезиса колчеданно-полиметаллических месторождений Рудного Алтая». Алма-Ата, «Наука» КазССР, 1977, с. 163—170.

Дано положение Лениногорского рудного района в структурах Юго-Западного Алтая и особенности его геологического строения. Рассмотрены основные закономерности локализации промышленного оруденения, критерии поисков и дальнейшее направление геологоразведочных работ.

Ил. 1.

УДК 553.41/44.065/.068.2(574.52)

Новые данные о девонском доскладчатом оруденении на Риддер-Сокольном месторождении. Покровская И. В., Ковриго О. А., Чепрасов В. Л. «Проблемы генезиса колчеданно-полиметаллических месторождений Рудного Алтая». Алма-Ата, «Наука» КазССР, 1977, с. 170—179.

Приведены новые данные о девонском возрасте руд Риддер-Сокольного месторождения. Описаны седиментационные брекчии,

содержащие обломки руд Основной Риддерской залежи и слагающие наряду со слоистыми рудами горизонты мощностью до 2 м в углистых алевропелитах эйфеля.

Ил. 3.

УДК 553.44+553.065(574.52)

Условия залегания и вопросы генезиса послыйных колчеданно-полиметаллических руд 2-й Риддерской залежи Риддер-Сокольного месторождения. Хохлов П. И., Аksenov В. С. «Проблемы генезиса алтайских колчеданно-полиметаллических месторождений Рудного Алтая». Алма-Ата, «Наука» КазССР, 1977, с. 179—187.

На 2-й Риддерской залежи выделены три типа рудных тел: согласные (рудные полосы и залежи), комбинированные и секущие. Для рудных тел каждого типа описаны условия залегания и текстурно-структурные особенности руд. По минеральному составу все руды залежи оказались идентичными. Сделан вывод об эпигенетическом характере оруденения.

Ил. 2.

УДК 553.44:553.061.12(574.42)

Становление Белоубинского гранитного массива и его воздействие на руды полиметаллических месторождений. Демин Ю. И. «Проблемы генезиса колчеданно-полиметаллических месторождений Рудного Алтая». Алма-Ата, «Наука» КазССР, 1977, с. 187—195.

В ходе изучения отдельных рудных объектов восточной части Лениногорского района Рудного Алтая установлена существенная роль тепловых полей Белоубинского гранитного массива в их формировании. При помощи объемного моделирования процессов передачи тепла на ЭВМ рассмотрена динамика кристаллизации и тепловых полей Белоубинского массива. На базе совместного анализа результатов моделирования и данных по геологии месторождений и рудопроявлений сделана попытка количественной оценки степени метаморфического преобразования догранитных руд и закономерностей локализации регенерированной минерализации в приконтактовой зоне интрузива.

Ил. 2, табл. 1.

УДК 553.442:553.27

Структурные особенности Тишинского месторождения. Дурнев Г. С. «Проблемы генезиса колчеданно-полиметаллических месторождений Рудного Алтая». Алма-Ата, «Наука» КазССР, 1977, 195—200.

Вопросы генезиса месторождений колчеданно-полиметаллического типа неразрывно связаны с изучением морфологии рудных тел, соотношения ее с рудовмещающими структурами, а также с сопоставлением степени метаморфизма руд и вмещающих пород. В результате детальных исследований выяснен характер структурно-тектонической зональности месторождения, а также

ведущая роль сочетания структур закрытого и сквозного типа в локализации колчеданно-полиметаллического оруденения Тишинского месторождения и в формировании столбо-жилообразной морфологии рудных тел. Установлен постскладчатый возраст оруденения. Метаморфизм руд носит межстадийный характер. После завершения полиметаллической стадии отмечаются локальные проявления метаморфизма, не оказывающие существенного влияния на формирование современной морфологии рудных тел. Учет всех выявленных структурных особенностей при дальнейшей разведке Тишинского месторождения будет способствовать более рациональному размещению скважин и горных выработок.

Ил. 3.

УДК 553.061.17.553.43/44(574.42)

Новые данные по геологии и метаморфизму Тишинского месторождения и вопросы его генезиса. Козлов М. С., Мосолов В. Г. «Проблемы генезиса колчеданно-полиметаллических месторождений Рудного Алтая». Алма-Ата, «Наука» КазССР, 1977, с. 201—209.

Тишинское полиметаллическое месторождение расположено в зоне Кедровско-Бутачихинского глубинного разлома. Оруденение приурочено к вулканогенно-осадочным отложениям, близким по возрасту к крюковской свите, вмещающей месторождения Лениногорского рудного поля. В формировании Тишинского месторождения и связанных с ним гидротермалитов установлены два этапа: среднедевонский серноколчеданный и условно нижнекаменноугольный медно-полиметаллический. Взаимоотношения одновременных гидротермальных парагенезисов свидетельствуют о существенном влиянии руд ранней серноколчеданной залежи на процессы минералообразования и рудоотложения II этапа.

Ил. 2.

УДК 553.43(574.42)

Геолого-генетические критерии размещения промышленного оруденения в Прииртышском рудном районе. Кузубный В. С. и др. «Проблемы генезиса колчеданно-полиметаллических месторождений Рудного Алтая». Алма-Ата, «Наука» КазССР, 1977, с. 219—227.

Рассмотрены поисковые критерии и признаки промышленного колчеданно-полиметаллического оруденения в Прииртышском районе Рудного Алтая. Показано, что закономерности размещения месторождений определяются в первую очередь литолого-стратиграфическими, структурно-тектоническими и магматическими факторами. Выделены перспективные участки для дальнейших поисково-разведочных работ.

Ил. 2.

УДК 553.43/44:553.067.4(574.42)

Геологические особенности Иртышского колчеданно-полиметаллического месторождения. Велигура И. Д. «Проблемы ге-

незиса колчеданно-полиметаллических месторождений Рудного Алтая». Алма-Ата, «Наука» КазССР, 1977, с. 228—232.

Описано геологическое строение Иртышского колчеданно-полиметаллического месторождения, залегающего в вулканогенно-осадочных образованиях среднего — верхнего девона. Дана характеристика текстурных особенностей руд, рассмотрены соотношения полосчатости и сланцеватости, а также зональность оруденения. Сделан вывод о гидротермально-осадочном образовании месторождения и последующем метаморфизме руд.

Ил. 1.

УДК 553.435'446.065.3(574.42)

Новые данные о генезисе Николаевского месторождения. То й б а з а р о в М. А. «Проблемы генезиса колчеданно-полиметаллических месторождений Рудного Алтая». Алма-Ата, «Наука» КазССР, 1977, с. 233—236.

Оруденение Николаевского месторождения полигенно. Формирование мощной рудной залежи проходило в два этапа, охватывающих фамен и намюр. Наиболее ранними являются серноколчеданные, медные и медно-цинковые руды, сформировавшиеся метасоматическим путем в три стадии в нижнем фамене. Во второй этап, связанный во времени с саурской фазой складчатости (намюр), образовались метаколлоидные медно-цинковые и цинковые руды. После рудообразования на участке месторождения внедряются дайки плагиогранит-порфиров.

УДК 553.435:061(235.222)

Генетические особенности формирования Николаевского месторождения. Н а у м о в В. А. «Проблемы генезиса колчеданно-полиметаллических месторождений Рудного Алтая». Алма-Ата, «Наука» КазССР, 1977, с. 237—241.

Формирование месторождения было длительным во времени и полихронным. В рудообразующем процессе выделяются два разновозрастных этапа: ранний (колчеданный) и поздний (колчеданно-полиметаллический). Физико-химические условия рудоотложения на разных этапах оруденения отличались температурой, давлением и составом рудоносных растворов.

Оруденение имеет тесную пространственную и структурно-парагенетическую связь с субвулканическими телами липаритовых порфиров верхнедевонского возраста.

Месторождение является малоглубинным средне-низкотемпературным и относится к субвулканическому гидротермально-метасоматическому типу.

УДК 553.061.11(584.4)

Генетические особенности Камышинского месторождения По н о м а р е в Э. С., Ку з е б н ы й В. С., Г а н ж е н к о Г. Д. «Проблемы генезиса колчеданно-полиметаллических месторождений Рудного Алтая». Алма-Ата, «Наука» КазССР, 1977, с. 241—245.

Месторождение приурочено к девонской вулканотектонической структуре, где происходило унаследованное развитие вулканических и интрузивных процессов на протяжении герцинского тектоно-магматического цикла. Рудолокализирующая структура относится к типу комбинированных и представляет собой сопряжение крутопадающих зон трещиноватости с межпластовыми и послонными срываами. Гидротермально-измененные породы и оруденение обнаруживают на месторождении тесную структурную и парагенетическую связь с поздними дайками комплекса малых интрузий альбитофиров-порфиритов, образуя единую рудно-магматическую систему, свойственную позднеорогенным колчеданным месторождениям верхнего палеозоя.

Ил. 1.

УДК 553.41/44(574.15)

Структурно-генетические особенности стратиформных полиметаллических месторождений Южного Алтая. Авров Д. П. «Проблемы генезиса колчеданно-полиметаллических месторождений Рудного Алтая». Алма-Ата, «Наука» КазССР, 1977, с. 251—255.

Полиметаллические месторождения Южного Алтая главным образом приурочены к площади распространения карбонатных отложений эйфеля. В структурном отношении эти месторождения контролируются разломами и зонами дробления, согласными с простираем пород. Установлено определенное сходство полиметаллического оруденения Южного Алтая с другими районами СССР, где выявлен и промышленно освоен стратиформный тип полиметаллического оруденения. Это является важным дополнительным аргументом для постановки здесь разведочных работ с целью подготовки промышленного освоения месторождений Южного Алтая.

УДК 550.812:553.43'44(235.222)

Критерии поисков промышленного оруденения в Золотушинском рудном районе. Астафьев М. П., Черных А. Ф., Фалейчик А. В. «Проблемы генезиса колчеданно-полиметаллических месторождений Рудного Алтая». Алма-Ата, «Наука» КазССР, 1977, с. 255—259.

В статье изложены закономерности рудолокализации в Золотушинском районе: четкая стратиграфическая приуроченность к определенным уровням, зональность руд, тесная пространственная ассоциация оруденения с субвулканическими кварцевыми порфирами и сопровождающими их магматогенными брекчиями, связь месторождений с девонскими вулканическими постройками. Месторождения рудного района отнесены к группе гидротермально-метасоматических, образовавшихся в тесной пространственной и генетической связи со сложными процессами девонского вулканизма.

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие	3
Значение Рудного Алтая и задачи совещания. А. А. Абдулин	5
ОБЩИЕ ПРОБЛЕМЫ ГЕНЕЗИСА КОЛЧЕДАННО-ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ РУДНОГО АЛТАЯ	
Состояние сырьевой базы Рудного Алтая и роль научных гипотез в эффективном направлении поисково-разведочных работ. Л. М. Трубников	8
Развитие основных руководящих идей и направления поисково-разведочных работ на Рудном Алтае. Д. Г. Ажгирей, В. М. Волков, Ю. Ю. Воробьев, Д. И. Горжевский, П. Ф. Иванкин, П. В. Иншин, М. И. Казанцев, В. С. Кузевный, В. П. Нехорошев, В. В. Попов, Н. И. Стучевский, Л. М. Трубников.	14
Основные гипотезы о генезисе колчеданно-полиметаллических месторождений Рудного Алтая. А. К. Каюпов.	25
Вулканогенная гипотеза происхождения колчеданно-полиметаллических месторождений Рудного Алтая. Г. Н. Щерба.	39
Первичные и преобразованные вулканогенные колчеданно-полиметаллические месторождения Рудного Алтая. Г. Ф. Яковлев, В. В. Авдонин, Т. Я. Гончарова, Ю. И. Демин, Н. И. Еремин, С. М. Кропачев, В. А. Наумов, В. В. Маньков, М. Ф. Микунов, В. И. Старостин, М. Г. Хисамутдинов	49
Спорные вопросы и роль регенерации в рудообразовании на Рудном Алтае. М. Г. Хисамутдинов.	61
Геохимические аспекты генезиса алтайских колчеданно-полиметаллических месторождений. Л. Н. Овчинников, В. Д. Баранов, Э. Н. Баранов, А. А. Головин.	66
Минералого-геохимические данные и проблема генезиса полиметаллических месторождений Рудного Алтая. А. Н. Литвинович, Э. А. Цейнев, В. Д. Инин, К. С. Гаврилина.	81
Геофизические данные и проблема возраста колчеданно-полиметаллического оруденения Рудного Алтая. П. С. Ревякин.	89
Теоретические основы составления карт прогноза по Рудному Алтаю. П. Ф. Иванкин, Д. И. Горжевский, Е. И. Филатов.	95
	301

Закономерности размещения, строения и образования полиметаллических месторождений Алтая и перспективы расширения его рудной базы. <i>А. Н. Кен.</i>	102
О природе порфировых образований Рудного Алтая в свете генезиса алтайских полиметаллических месторождений. <i>А. К. Каюпов, М. С. Козлов, А. М. Марьин, В. А. Шулика, Ф. Г. Давыдов.</i>	112

ЗЫРЯНОВСКИЙ РУДНЫЙ РАЙОН

Геология, критерии поисков полиметаллических руд Зырянского рудного района (Ревнюшинская структура). <i>С. А. Солтан, А. Г. Дробинский, Т. К. Жаксальков, В. М. Мирошниченко, Г. И. Красников.</i>	122
Закономерности размещения и особенности формирования полиметаллических месторождений в Зырянском рудном районе. <i>А. К. Каюпов, А. М. Марьин, А. М. Мыслик, Г. В. Бельский, Н. Б. Иванов, М. Н. Кожемяко, Г. Н. Кузьмина, А. Г. Юдовский, Н. В. Юдовская, В. А. Шулика, А. В. Шуликовский.</i>	129
О генезисе колчеданно-полиметаллических месторождений Зырянского рудного района. <i>И. С. Бродский, Г. П. Стадников.</i>	142
О физико-химических условиях образования полиметаллических месторождений Зырянского района. <i>В. С. Аксенов.</i>	149
Изотопы серы и вопросы генезиса сульфидных руд полиметаллических месторождений Зырянского района. <i>В. С. Аксенов, Л. Н. Гриненко, В. А. Гриненко.</i>	153

Выступления

<i>П. Ф. Сопко</i>	158
<i>А. С. Лапухов</i>	159
<i>М. С. Козлов</i>	160
<i>Н. Н. Биндеман</i>	161

ЛЕНИНОГОРСКИЙ РУДНЫЙ РАЙОН

Критерии поисков промышленного оруденения и направление геологоразведочных работ в Лениногорском рудном районе. <i>Ю. Ф. Олейник, Н. Г. Сухарев.</i>	163
Новые данные о девонском доскладчатом оруденении на Риддер-Сокольном месторождении. <i>И. В. Покровская, О. А. Ковриго, Б. Л. Чепрасов.</i>	170
Условия залегания и вопросы генезиса послонных колчеданно-полиметаллических руд 2-й Риддерской залежи Риддер-Сокольного месторождения. <i>П. И. Хохлов, В. С. Аксенов.</i>	179
Становление Белоубинского гранитного массива и его воздействие на руды полиметаллических месторождений. <i>Ю. И. Демин.</i>	187
Структурные особенности Тишинского месторождения. <i>Г. С. Дурнев.</i>	195
Новые данные по геологии и метаморфизму Тишинского месторождения и вопросы его генезиса. <i>М. С. Козлов, В. Т. Мосолов.</i>	201

Выступления

<i>В. А. Кокшаров, З. М. Баева</i>	210
<i>В. Б. Чекваидзе</i>	211
<i>Д. Г. Ажгирей</i>	212
<i>Н. Н. Биндеман</i>	213

Д. П. Авров	214
П. Ф. Сопко	214
В. С. Кузубный	215
И. В. Покровская	216
Н. Л. Бубличенко	217

ПРИИРТЫШСКИЙ РУДНЫЙ РАЙОН

Геолого-генетические критерии размещения промышленного оруденения в Прииртышском рудном районе. В. С. Кузубный, В. М. Волков, Ю. Ю. Воробьев, И. Т. Сахаров, Н. И. Стучевский, Э. В. Штейнберг, Б. П. Бедарев, Г. Г. Свечников.	219
---	-----

Геологические особенности Иртышского колчеданно-полиметаллического месторождения. И. Д. Велигура.	228
---	-----

Новые данные о генезисе Николаевского месторождения М. А. Тойбазаров.	233
---	-----

Генетические особенности формирования Николаевского месторождения. В. А. Наумов.	237
--	-----

Генетические особенности Камышинского месторождения. Э. С. Пономарев, В. С. Кузубный, Г. Д. Ганженко.	241
---	-----

Выступления

Д. Г. Ажгирей, В. Б. Чекваидзе, М. В. Баринов, О. И. Кондюрин	245
Э. С. Пономарев, Н. И. Замятин	246
А. Н. Барышев, В. П. Цетлин	247
В. В. Авдонин	248
В. С. Кузубный	249
Н. Л. Бубличенко	250

ПРОЧИЕ РУДНЫЕ РАЙОНЫ

Структурно-генетические особенности стратиформных полиметаллических месторождений Южного Алтая. Д. П. Авров.	251
--	-----

Критерии поисков промышленного оруденения в Золотушинском рудном районе. М. П. Астафьев, А. Ф. Черных, А. В. Фалейчик.	255
--	-----

ОБЩАЯ ДИСКУССИЯ

Н. Л. Бубличенко	260
В. М. Чекалин	261
А. Н. Барышев	262
П. Ф. Сопко	263
В. А. Кузнецов	264
Г. Ф. Яковлев	265
Г. Н. Щерба	266
В. С. Кузубный	268
Э. Г. Дистанов	269

Дальнейшие задачи в изучении геологии и металлогении Рудного Алтая (заключительное слово) А. А. Абдулин.	271
--	-----

Решение совещания	275
-----------------------------	-----

Литература	281
----------------------	-----

Рефераты	290
--------------------	-----

ИБ № 14

**ПРОБЛЕМЫ ГЕНЕЗИСА КОЛЧЕДАННО-ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ
МЕСТОРОЖДЕНИЙ РУДНОГО АЛТАЯ**

*Утверждено к печати Ученым советом ордена Трудового Красного
Знамени Института геологических наук им. К. И. Сатпаева
Академии наук Казахской ССР*

Редактор *Т. Е. Каткова*
Худож. редактор *И. Д. Сущих*
Техн. редактор *Л. И. Шашкова*
Корректор *Т. В. Терехова*

Сдано в набор 16/IX 1976 г. Подписано к печати 7/I 1977 г.
Формат 60×90¹/₁₆. Бумага № 1. Усл. печ. л. 19.
Уч.-изд. л. 20,2. Тираж 1000. УГ23823.
Зак. 135. Цена 3 р. 18 к.

Издательство «Наука» Казахской ССР.
Типография издательства «Наука» Казахской ССР.
Адрес изд-ва и типографии: 480021, г. Алма-Ата, ул. Шевченко, 28.

8 p. 13 k.

1930