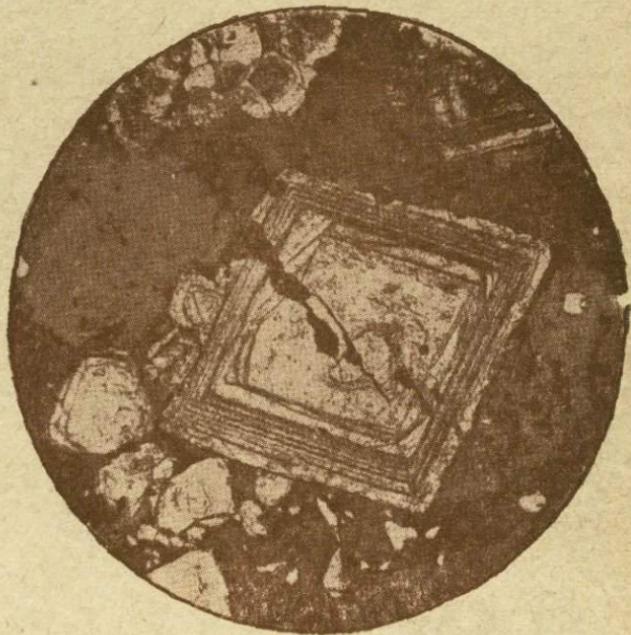


М. Г. ХИСАМУТИНОВ

МЕТАЛЛОГЕНИЯ
И ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКИЕ
МЕСТОРОЖДЕНИЯ
РУДНОГО АЛТАЯ



НЕДРА

МИНИСТЕРСТВО ГЕОЛОГИИ СССР
ВСЕСОЮЗНЫЙ ОРДЕНА ЛЕНИНА НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

М. Г. ХИСАМУТДИНОВ

МЕТАЛЛОГЕНИЯ
И ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКИЕ
МЕСТОРОЖДЕНИЯ
РУДНОГО АЛТАЯ

2657



Ленинград
«Недра»
Ленинградское отделение
1978



Хисамутдинов М. Г. Металлогенез и полиметаллические месторождения Рудного Алтая. Л., «Недра», 1978. 195 с. (М-во геологии СССР. Всесоюз. науч.-исслед. геол. ин-т).

Книга посвящена геолого-формационному и металлогеническому анализу Рудного Алтая, геологическому строению полиметаллических месторождений. В ней дана на основе накопленного за последнее десятилетие большого фактического материала и критического анализа прежних данных новая сводка по полиметаллическому оруденению Алтая, разобраны главные особенности геологического развития и строения рудных районов Алтая, приведено систематизированное геологическое описание главных полиметаллических месторождений, изучена связь полиметаллического и медного оруденения с геологическими формациями. Совместное рассмотрение особенностей геологического строения полиметаллических месторождений, состава руд, их структур и текстур, изменений вмещающих пород, морфологии рудных тел, рудоконтролирующих структур, проведенное на фоне формационного и металлогенического анализа, привело к пересмотру существующих взглядов на происхождение, возраст и условия образования полиметаллических месторождений, представленных разнотипными по составу руд и генетическими особенностями объектами.

Применение метода фациально-формационного анализа позволило установить главные особенности геологического строения Эйсанской складчатой области вообще и Рудного Алтая в частности, обусловившие основные закономерности размещения рудных месторождений. Все это расширяет возможности прогнозирования и увеличивает арсенал поисковых критерииев. Изложены принципы прогнозирования и направления поисков на новой основе.

Книга рассчитана на геологов, занимающихся поисками рудных месторождений.
Ил. 24, список лит. 88 назв.

Научный редактор Н. П. МИХАИЛОВ

ВВЕДЕНИЕ

Рудный Алтай — один из старейших горнорудных районов нашей страны. В связи с истощением фонда рудопроявлений, выходящих на поверхность, и необходимостью организации поиска скрытых месторождений перед геологической наукой встала важная задача выявления геологических закономерностей, которые могли бы способствовать обнаружению невскрытых месторождений. Поисковая практика убедительно показала недостаточность и малую эффективность критериев и методов, применявшимся в условиях наличия на поверхности признаков оруденения, при поиске «слепых» и «перекрытых» месторождений. Однако обширный материал, накопившийся к настоящему времени по геологическому строению и связи оруденения конкретных месторождений Алтая с магматическими и осадочными формациями, позволяет по-новому подойти к решению вышеотмеченных задач. Широкое применение для изучения геологических образований Рудного Алтая и всей Зайсанской складчатой системы методики формационного и металлогенического анализа дает возможность установить причинную связь металлогенической специализации структурно-формационных зон и подзон с типом их развития, а образования месторождений — со становлением определенной геологической формации и ее внутренним строением. Рассмотрение этапов формирования руд конкретных месторождений Алтая на фоне развития структурных элементов и при взаимном их сопоставлении дает возможность выявлять геологические условия и историю образования месторождений, а следовательно, и закономерности их размещения.

Проведенные подобным образом исследования привели к выводу о длительном формировании большинства промышленных полиметаллических и колчеданно-полиметаллических месторождений Алтая, о их полигенном и полихронном образовании и вместе с тем о тесной связи оруденения в первую очередь с геосинклинальной вулканогенной кварц-кератофировой формацией. На участках последующего активного интрузивного магматизма раннеэтапные руды главным образом под действием

агрессивных гидротерм подверглись в разной степени регенерации и ремобилизации.

Этот вывод позволяет привести в соответствие противоречивые данные о возрасте и происхождении алтайских месторождений, собранные разными исследователями. Расширяется на этой основе и комплекс закономерностей размещения полиметаллических месторождений и поисковых критериев.

Полиметаллические месторождения Рудного Алтая, характеризующиеся в общем высоким содержанием в рудах свинца, цинка, меди и благородных металлов, принадлежат к распространенному в Советском Союзе типу рудопроявлений, приуроченных к геосинклинальным вулканогенным образованиям кислого состава (кварц-кератофировой и дацит-липаритовой формаций), сформировавшихся на относительно консолидированных участках земной коры, обычно на краевых частях срединных массивов. Эта особенность отличает их от колчеданных и медно-колчеданных месторождений, связанных с вулканогенными образованиями дифференцированных базальтоидных формаций первичных эвгеосинклиналей, в составе которых резко преобладают породы основного состава.

Если же учесть точку зрения многих современных исследователей [17] о формировании колчеданных и колчеданно-полиметаллических месторождений, приуроченных к черносланцевым и песчано-сланцевым толщам также в связи с вулканической деятельностью, но протекавшей на некотором удалении от места отложения руд, то предположение об образовании промышленных полиметаллических руд Алтая именно в связи с девонским вулканизмом является вполне закономерным, но требующим из-за противоречивых данных о их возрасте серьезного дополнительного обоснования фактическим материалом.

Признаки проявления переотложения и перекристаллизации руд, устанавливаемые в ряде алтайских месторождений, сближают их с известными крупными месторождениями мира, рассматриваемыми в настоящее время большинством исследователей как трансформированные. Именно ремобилизацией руд могла быть обусловлена полихронность оруденения алтайских месторождений и объясняться противоречивость данных о их возрасте.

Происхождение и возраст полиметаллических месторождений с давних пор являются одними из наиболее дискуссионных вопросов геологии Алтая. Вопросы эти имеют не только теоретическое, но и большое прикладное значение, так как от их решения зависит определение принципов и направление поисков, что особенно важно для выявления месторождений, не вскрытых эрозионным срезом. Еще со времен исследований И. Ф. Григорьева, Н. А. Елисеева, Н. Н. Курека и других, проводившихся в двадцатых годах, среди алтайских геологов надолго укоренилось представление о позднепалеозойском возрасте полиметал-

лического оруденения и о его генетической связи с умеренно кислыми гранитоидами змеиногорского интрузивного комплекса, широко развитыми в Рудном Алтае, или же с их поздними дериватами — интрузивными телами кварцевых альбит-порфиров. Позже близких воззрений по рассматриваемому вопросу придерживались Г. Н. Щерба [84], А. К. Каюпов [18], В. В. Попов [57] и другие.

В 1953 г. автором были получены данные, указывающие на формирование руд Зыряновского месторождения и некоторых свинцовых рудопроявлений Южного Алтая после внедрения позднепалеозойских гранитов калбинского типа [72, 74].

Н. Ф. Иванкин, Ю. Ю. Воробьев, В. С. Кузебный установили дорудный возраст позднепалеозойских жильных пород Березовско-Белоусовского рудного района, на основании чего эти и ряд других исследователей пришли к выводу о парагенетической связи полиметаллического оруденения Алтая с комплексом малых интрузий средне-позднекаменноугольного или пермского возраста. Последнюю точку зрения энергично защищал Ф. К. Шипулин [80].

Сторонники всех вышеназванных направлений отмечали наложенный характер полиметаллического оруденения на складчатые и разрывные нарушения. Поскольку время тектонических нарушений связывалось преимущественно с позднепалеозойскими фазами складчатости, то и возраст оруденения считался несомненно позднепалеозойским, причем одинаковым для всех полиметаллических и медных месторождений Алтая. Большую уверенность в правдоподобности этих представлений придавали такие факты, как приуроченность некоторых скарновых месторождений к экзоконтактам гранитных интрузий, наложение в некоторых месторождениях гидротермальных изменений на контактовые роговики, а также пересечение в отдельных месторождениях даек рудами. Те дайки, которые сами секут рудные тела, рассматривались этими исследователями как дорудные на том основании, что в них отмечается наличие сульфидной минерализации.

С появлением работы А. Н. Заварницкого [32] о связи уральских колчеданных месторождений с начальным геосинклинальным вулканализмом некоторые исследователи аналогичные взгляды стали развивать и в отношении алтайских полиметаллических месторождений [3, 7, 32], что встретило из-за фактов приуроченности части рудных тел к позднепалеозойским структурам резкую критику. Позже на точку зрения девонского возраста оруденения встал и Г. Н. Щерба [85].

По Б. И. Вейц [7], руды полиметаллических месторождений испытали вместе с вмещающими породами складчатость и региональный метаморфизм. В рудах нескольких месторождений ему отмечалось также наличие признаков контактового метаморфизма.

А. И. Семенов, исходя из концепции Ю. А. Билибина об этапности металлогении подвижных зон, связывал образование полиметаллических месторождений со спилит-кератофоровой формацией раннего этапа, к которой он относил девонские вулканогенные образования.

В 1970 г. И. В. Покровской и О. А. Коврига [54] в Лениногорском рудном поле были изучены слоистые полиметаллические руды Второй Риддерской залежи, отнесенные ими к рудам осадочного происхождения. Позже подобные слоистые руды были установлены в Стрежанском и некоторых других месторождениях Алтая [34, 55].

Еще ранее (1952 г.) к разряду вулканогенно-осадочных образований была отнесена рассеянная галенитовая минерализация, распространенная в девонских доломитовых известняках Южного Алтая. В последнее время ряд исследователей, признавая позднепалеозойский или по крайней мере поздневизейский [18] возраст главных месторождений Алтая, связывает вместе с тем образование отдельных непромышленных рудопроявлений с более ранними магматическими комплексами, в том числе девонскими [39]. По мнению всех вышеперечисленных исследователей, главное промышленное полиметаллическое оруденение Алтая имеет один возраст, в зависимости от их взгляда или девонский, или раннекаменноугольный, или позднепалеозойский.

Позже нами [88] и Г. Ф. Яковлевым [87] развивалось представление о полихронности и полигенности промышленных полиметаллических месторождений Алтая, обусловленных [88] ремобилизацией (регенерацией) девонских руд (а в некоторых случаях мобилизацией рассеянной рудной минерализации) под воздействием агрессивных гидротермальных растворов, связанных с позднейшими интрузивными комплексами различного возраста. В зависимости от интенсивности наложенных гидротермальных метасоматических процессов степень ремобилизации руд в разных месторождениях была различной. Вследствие этого одни месторождения представлены преимущественно рудами, переработанными полностью, а другие — лишь частично. Соответственно морфология рудных тел первых обусловлена структурами, образовавшимися в момент переотложения руд, а морфология вторых — или структурами, существовавшими в момент отложения первичных руд, или же комбинированными. В последнем случае рудные тела сложены как первичными, так и трансформированными рудами.

Эта новая концепция полихронности и полигенности промышленных полиметаллических месторождений расширяет возможности геологического прогнозирования, обогащает арсенал поисковых признаков, так как при ее принятии используются критерии, исходящие из так называемых как эфузивной, так и интрузивной гипотез.

Полиметаллические, свинцово-цинковые и медные месторождения и рудопроявления широко распространены в Рудном Алтае, частично в Горном Алтае, а медно-пирротиновые, кроме того, в Иртышской подзоне Калбы, занимающих разную геотектоническую позицию в герцинидах и калидонидах Зайсанской и Саяно-Алтайской складчатых систем. Известны месторождения названного типа и в соседней Чингиз-Тарбагатайской складчатой системе. Поэтому, хотя промышленные полиметаллические месторождения размещены преимущественно в Рудном Алтае, в работе рассмотрены вкратце основные черты геологии и металлогеническое районирование всей Зайсанской складчатой системы, окраинную часть которой занимает полиметаллический пояс Алтая, а также сопредельных участков каледонид. Происхождение, закономерности размещения и классификация полиметаллических месторождений рассмотрены после разделов, посвященных их геологическому описанию.

ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ И МЕТАЛЛОГЕНИЯ РУДНОГО АЛТАЯ

Положение Рудного Алтая в Зайсанской складчатой системе и Саяно-Алтайско-Казахстанской складчатой области

Зайсанская складчатая система, одну из окраинных зон которой составляет Рудный Алтай, является частью крупной Саяно-Алтайско-Казахстанской складчатой области, входящей в свою очередь во внутриконтинентальный Урало-Монгольский, по М. В. Муратову [47], складчатый пояс. Формирование Саяно-Алтайско-Казахстанской складчатой области происходило в два тектономагматических цикла: каледонский и герцинский. Сами каледонские и герцинские геосинклинальные системы Урало-Монгольского пояса развивались главным образом на байкальском складчатом основании.

В герцинском тектономагматическом цикле геосинклинальный режим наложился и на часть участков, консолидированных в каледонскую эпоху складчатости, что позволяет говорить о своеобразном полициклическом развитии таких участков [19]. Вместе с тем на части территории каледонид геосинклинальный режим при герцинской тектонической активизации проявился настолько нечетко, что принадлежность герцинских образований этих участков к самостоятельному тектономагматическому циклу у ряда исследователей вызывает сомнение. Формационный состав таких участков указывает на принадлежность их к образованиям зон орогенного, по Н. П. Хераскову [14], типа.

Зайсанская складчатая система занимает в Саяно-Алтайско-Казахстанской складчатой области осевое положение. Она четко простирается в северо-западном направлении и разделяет каледониды Горного Алтая и Казахстана (Чингиза). Границы Зайсанской складчатой системы с каледонидами довольно четкие, проходят по долгоживущим разломам и лишь местами замаскированы наложенными на каледониды пригеосинклинальными прогибами, выполненными формациями орогенных зон [14].

В пределах Зайсанской складчатой системы и обрамляющих ее каледонид Чингиза и Горного Алтая расположены многочис-

ленные месторождения свинца, цинка, полиметаллов, меди, черных, редких, благородных и других металлов. В размещении указанных месторождений отмечается определенная закономерность, выраженная в их зональном расположении. Зональность особенно четко проявлена в Зайсанской складчатой системе, что впервые было отмечено В. П. Нехорошевым [49]. Здесь выделяется ряд узких металлогенических зон, протягивающихся параллельно друг другу. Контуры металлогенических зон почти всегда совпадают с площадями определенного типа, структурно-формационных зон или подзон, что указывает на тесную связь металлогенеза со становлением главных структурных элементов. Сравнительное сопоставление структурно-формационных зон и их металлогенеза показывает, что металлогеническая зональность проявлена тем четче и резче, чем дифференцированнее и контрастнее протекали в данной структурной зоне или подзоне тектонические и магматические процессы.

Под металлогенической зоной автором понимается крупный структурный элемент земной коры, развивавшийся длительное время как единое целое, в пределах которого распространены преимущественно месторождения одного или нескольких полезных ископаемых, связанные со становлением профилирующей для данной зоны геологической формации или комплекса формаций.

Сравнение по геологическому строению и истории развития Зайсанской складчатой системы с соседними каледонскими структурными элементами показывает, что развитие последних было менее дифференцированным, в связи с чем менее четко выражены и особенности их металлогенеза. В непосредственном обрамлении герцинской геосинклинали перестройка каледонид поздними тектоническими движениями, связанными с развитием герцинской геосинклинали, привела к усложнению и металлогенезу этих участков. В свою очередь краевые зоны Зайсанской складчатой системы унаследовали некоторые особенности металлогенеза каледонид.

Металлогенические особенности обрамляющих каледонид

Северо-восточной рамой Зайсанской складчатой системы служат каледонские сооружения Горного Алтая. Непосредственно с ней граничат структурно-формационные зоны западной части Горного Алтая: Холзунско-Чуйская, Чарышско-Инская и Талицкая, характеризовавшиеся в каледонском цикле развития, по В. В. Волкову, миогеосинклинальным флишоидно-гранитоидным типом развития. Складчатое основание каледонских образований сложено метаморфическими породами теректинской серии предположительно протерозойского возраста, принадлежа-

щими зеленосланцевой фации метаморфизма и образовавшимися по существенно терригенным толщам.

В каледонидах, по В. В. Волкову [13] и другим, устанавливается следующая вертикальная последовательность осадочных формаций: аспидная или нижнетерригенная (ϵ_1 , ϵ_{1-2}), флишоидная (ϵ_3 — O_1), известковисто-сланцевая или молассондная (O_3 , S_1 , S_2). Интрузивные формации преимущественно гранитоидного ряда представлены позднеордовикской диорит-гранодиоритовой, силурийской гранитовой, среднедевонской диорит-гранодиоритовой, позднедевонской гранитовой формациями. Кроме того, вдоль глубинных разломов развиты дайковые пояса, принадлежащие к различным комплексам малых интрузий герцинского цикла.

Вулканогенные образования западной части Горного Алтая представлены преимущественно девонскими, приуроченными к наложенным прогибам. Большая мощность девонских образований, смешанный (наземно-подводный) характер условий отложения и ряд других особенностей являются причиной острых дискуссий об их принадлежности к каледонскому или герцинскому тектономагматическому циклу. Одни исследователи относят их к поздним этапам каледонского цикла [29, 51], ряд других рассматривает [42] их как образования самостоятельного герцинского цикла, а третьи — как образования орогенных, в понимании Н. П. Хераскова, зон [14]. По степени мобильности, составу вулканогенных образований, особенностям металлогенической специализации девонские прогибы Горного Алтая не одинаковы. Рудопроявления свинца и цинка развиты преимущественно в девонских прогибах, прилегающих к Теректинскому выступу и Катунскому антиклиниорию, а железорудные рудопроявления — лишь в первых из них.

В металлогеническом отношении западная часть Горного Алтая в целом относится, по В. П. Нехорошеву [49, 50], к редкометальному поясу (рис. 1). Весьма характерно практически полное отсутствие в этой части Горного Алтая золоторудных проявлений. Обширный редкометальный пояс Горного Алтая, соответствующий Талицко-Монголо-Алтайскому антиклиниорию [14], окаймляет Зайсанскую систему структурно-металлогенических зон с северо-востока. Редкометальное оруденение Горного Алтая существенно молибден-вольфрамового состава генетически связано с разновозрастными (ордовикскими, позднедевонскими, позднепалеозойскими) гранитными комплексами, приуроченными обычно к антиклиниорным участкам. По В. С. Домареву [29], Ж. Д. Никольской [51] и другим, наиболее значительные редкометальные месторождения Горного Алтая связаны с позднедевонскими гранитами. Отмечается также наличие небольших медно-молибденовых рудопроявлений, связанных со среднедевонскими гранитоидами диорит-гранодиоритовой формации. Вместе с тем в пределах Горно-Алтайского

редкометального пояса намечается несколько более узкий пояс полихронных и полигенных железорудных месторождений и проявлений. Северо-восточная граница железорудного пояса проходит по Чарышско-Теректинскому глубинному разлому.

Железорудные месторождения и рудопроявления, согласно А. С. Калугину [66], В. Е. Попову [58], С. С. Зимину, Д. Л. Поспелову и другим, принадлежат к пяти главным гене-

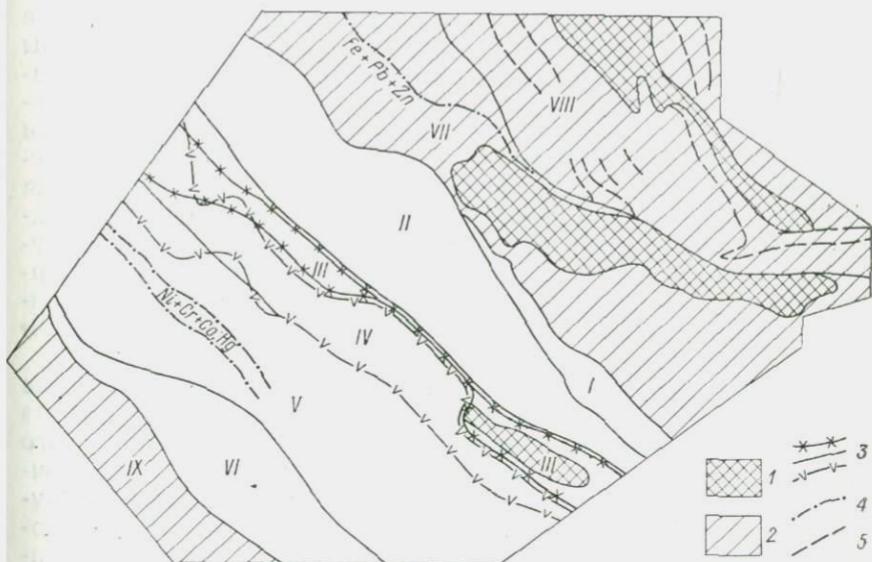


Рис. 1. Металлогеническое районирование Зайсанской складчатой системы и сопредельных каледонид.

1 — выступы докембрийского фундамента; 2 — каледониды; границы: 3 — металлогенических зон, 4 — вложенных металлогенических зон, 5 — свинцово-цинковых рудных зон Ануйско-Чуйского синклиниория в Горном Алтае.

I—VI — металлогенические зоны Зайсанской складчатой системы: I — Холзунско-Сарымсактинская железорудно-редкометально-свинцово-цинковая, II — Рудно-Алтайская полиметаллическая, III — Иртышская золоторудно-медная, IV — Калбинская редкометальная с оловом; V — Западно-Калбинская золоторудная с вложенной никель-кобальтовой и ртутной зонами, VI — Жарминская золоторудно-редкометально-медная; VII—IX — металлогенические зоны каледонских складчатых систем (VII—VIII — Горного Алтая): VII — редкометальная с вложенными железорудной и свинцово-цинковыми зонами, VIII — область развития свинцово-цинковых зон Ануйско-Чуйского синклиниория и Катунского антиклиниория; IX — Восточно-Чингизская золоторудная редкометально-медно-цинковая.

тическим типам: экскавационно(вулканогенно)-осадочному (Холзунское, Коргонское, Калгутинское и др.); гидротермальному, связанному с девонскими субвулканическими интрузиями; метаморфогенному (Холзунское); скарновому (Инское, Белореченское) и магматическому (Харловское титаномагнетитовое). Структурно-железорудные проявления чаще всего приурочены к девонским осадочно-вулканогенным прогибам и к их обрамлениям, реже к глубинным разломам. Наиболее зна-

чительные железорудные месторождения пространственно тяготеют к стыку каледонид с герцинской Зайсанской складчатой системой.

В Горном Алтае развиты также и свинцово-цинковые рудопроявления, но область их распространения выходит за пределы железорудно-редкометального пояса. Свинцово-цинковые рудопроявления, так же как и железорудные, приурочены к девонским прогибам, занятых осадочно-вулканогенными образованиями, к зонам глубинных разломов (Чарышско-Теректинского, Локтевского, Курайского и др.), ограничивающих их. Именно в зоне Чарышско-Теректинского глубинного разлома расположены наиболее значительные свинцово-цинковые рудопроявления запада Горного Алтая (Чагырское, Казинихинское, Владимирское и др.), имеющие черты сходства с полиметаллическими месторождениями Рудного Алтая. По представлениям многих исследователей [42, 51, 70], свинцово-цинковые рудопроявления генетически или парагенетически связаны с разными магматическими комплексами: с девонскими субвулканическими интрузиями, с девонскими гранитоидными интрузиями, с позднегерцинскими дайковыми поясами, но в подавляющем большинстве случаев рудовмещающими являются, так же как в Рудном Алтае, осадочно-вулканогенные толщи девонского возраста.

В крупном плане в Горном Алтае намечаются два ареала развития свинцово-цинкового оруденения, в центре каждого из которых расположены выступы древних пород: Теректинского горста в западной части Горного Алтая, Катунского — в восточной. Катунский ареал распространения свинцово-цинкового оруденения находится за пределами редкометального пояса, на юго-восточном простиении Салаирского колчеданно-полиметаллического пояса. Теректинский ареал входит в редкометальный пояс и примыкает к Алтайскому полиметаллическому поясу. В Теректинском ареале выделяются следующие районы свинцово-цинкового оруденения: Воскресенско-Ручьевский, Чарышско-Курынинский, Коргонский и Чарышско-Теректинской тектонической зоны.

В Катунский ареал размещения свинцово-цинковых рудопроявлений входят следующие рудные районы и зоны: Ширгайтинская зона в Ануиско-Чуйском синклиниории, Больгебашская зона, зоны Северо-Чуйского хребта, Курайская зона, район западного крыла Уйменско-Лебедского прогиба.

Рудопроявления Катунской области значительно отличаются от теректинских, в частности значительным участием в минералогическом составе руд флюорита и барита. Совмещение полиметаллического оруденения с редкометальным особо выделяет Ширгайтинское месторождение и некоторые другие. На юго-западе Зайсанская складчатая система граничит с чингизскими каледонидами, характеризующимися в отличие от Горного Алтая эвгеосинклинальным типом развития и размещением пре-

имущественно колчеданных, колчеданно-медно-цинковых, медно-порфировых, колчеданно-полиметаллических, золоторудных и в меньшей степени редкометальных месторождений. Интересующие нас колчеданно-полиметаллические рудопроявления Центральночингизской зоны, как и в Рудном Алтае, приурочены к геосинклинальным вулканогенным образованиям кислого состава среднекембрийского возраста.

Особенности геологического строения и металлогении Зайсанской складчатой системы

Зайсанская складчатая система, северо-восточную окраину которой составляет Рудный Алтай, была выделена В. П. Нехорошевым. Она протягивается от государственной границы на 450 км в северо-западном направлении до Западно-Сибирской низменности при ширине 300 км. Севернее г. Семипалатинска и в районе г. Рубцовска палеозойские сооружения складчатой системы скрываются под кайнозойские отложения Западно-Сибирской низменности. Под мощными кайнозойскими отложениями Зайсанской депрессии скрыты значительные участки палеозоя и на юге.

В обеих окраинных частях Зайсанской геосинклинальной системы (на северо-востоке и юго-западе) прослеживаются зоны геантаклинальных поднятий, характеризовавшиеся в среднем палеозое интенсивным проявлением вулканизма, а в позднем палеозое — формированием межгорных прогибов. На северо-востоке — это Рудно-Алтайская, а на юго-западе — Восточно-Жарминская и Северо-Саурская зоны. Глубинное строение поднятий характеризуется повышенным положением и утолщенностью базальтового слоя [19]. От каледонских складчатых сооружений эти геантаклинальные зоны отделены синклинальными прогибами. К ним относятся Белоубинско-Маймырский синклиниорий в Южно-Алтайской структурно-формационной зоне на северо-востоке и синклиниорий Западно-Жарминской подзоны на юго-западе. Для них характерно ослабленное проявление, по сравнению с геантаклинальными зонами, вулканизма и накопление преимущественно терригенных отложений.

В геологическом строении Зайсанской складчатой системы участвуют условно докембрийские образования, нижне-, средне-, верхнепалеозойские, мезозойские и кайнозойские отложения. Мезозойско-кайнозойские отложения слагают рыхлый чехол, достигающий в депрессиях значительной мощности [19].

Отложения условного докембра и раннего палеозоя образуют фундамент герцинских тектонических сооружений. Средний палеозой представлен геосинклинальными морскими осадочными и вулканогенными образованиями и в меньшей степени интрузивными породами. В верхнем палеозое и нижнем

мезозое распространены преимущественно наземные вулканогенные и осадочные образования, редко прибрежно-морские отложения. Большое развитие в позднем палеозое имели гранитоидные интрузии.

В Зайсанской складчатой системе выделяется несколько структурно-формационных зон, вытянутых в общем параллельно друг другу в северо-западном направлении, но значительно различающихся по геологическому строению (рис. 2). Каждая из зон состоит в свою очередь из двух или трех подзон.

Анализ развития Зайсанской геосинклинальной системы показывает, что она [19] заложилась на гетерогенном основании; ее краевые зоны возникли на месте каледонских складчатых систем, а внутренние зоны образовались на ином, более древнем складчатом основании. Это имеет в аспекте металлогенической специализации немаловажное значение. В настоящее время среди исследователей все большее признание получает представление о том, что зональное размещение месторождений обусловлено унаследованностью, преемственностью развития отдельных стадий мегациклов; на металлогеническую специализацию структурно-формационных зон оказывали большое влияние древние структуры.

Рудно-Алтайская и Южно-Алтайская зоны, образующие полиметаллический пояс Алтая, сформировались на каледонском основании. Фундаментом герцинских образований полиметаллического пояса служат первичноосадочные метаморфические породы зеленосланцевой фации регионального метаморфизма и гранитоидные породы. Довольно широкое распространение расеянной свинцово-цинковой минерализации в породах каледонского структурного этажа в Горном Алтае, возможно, свидетельствует о том, что полиметаллический пояс унаследовал в какой-то степени металлогеническую специализацию от каледонского цикла. Характер же развития герцинского тектономагматического цикла обусловил усиление направленной специали-

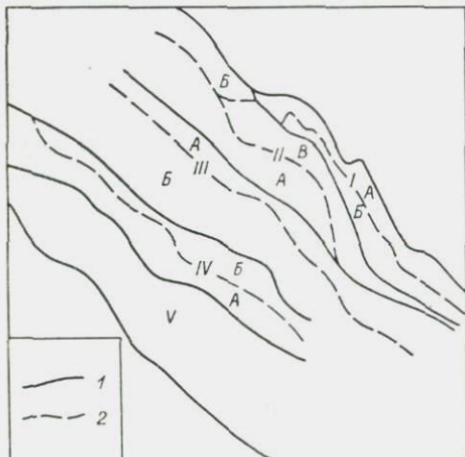


Рис. 2. Структурно-формационные зоны и подзоны Зайсанской складчатой системы.
Границы: 1 — зон, 2 — подзон.

I — Южно-Алтайская зона (подзоны: А — Холзунско-Сарымсактанская, Б — Белоубинско-Майдымырская); II — Рудно-Алтайская зона (подзоны: А — Алейская, Б — Змеиногорская, В — Лениногорско-Зыряновская); III — Калбара-Нарымская зона (подзоны: А — Иртышская, Б — Калбинская); IV — Западно-Калбинская зона (подзоны: А — Чарская, Б — Баладжальская); V — Жарма-Саурская зона.

ционных зон оказывали большое

Рудно-Алтайская и Южно-Алтайская зоны, образующие полиметаллический пояс Алтая, сформировались на каледонском основании. Фундаментом герцинских образований полиметаллического пояса служат первичноосадочные метаморфические породы зеленосланцевой фации регионального метаморфизма и гранитоидные породы. Довольно широкое распространение расеянной свинцово-цинковой минерализации в породах каледонского структурного этажа в Горном Алтае, возможно, свидетельствует о том, что полиметаллический пояс унаследовал в какой-то степени металлогеническую специализацию от каледонского цикла. Характер же развития герцинского тектономагматического цикла обусловил усиление направленной специали-

зации и привел к образованию здесь крупных концентраций полиметаллических руд.

Другая окраинная зона Зайсанской складчатой системы, Жарма-Саурская, сформировалась тоже на каледонском основании, пережившем эвгеосинклинальный тип развития. Жарма-Саурская зона, вероятно, тоже унаследовала свою металлогеническую специализацию частично от каледонского этапа; в ее пределах проявлена (так же как в складчатой системе Чингиза) золоторудная и медная минерализация, но характер развития герцинского тектономагматического цикла, в частности слабодифференцированный магматизм, не привел к образованию здесь значительных месторождений.

Иртышская зона сформировалась на древнем фундаменте, сложенном кристаллическими сланцами амфиболитовой фации метаморфизма, в составе первичных пород которых участвовали и изверженные породы основного состава, возможно сопровождавшиеся сингенетичным колчеданным оруднением. В герцинском тектономагматическом цикле здесь сформировались месторождения золота и меди, которые или приурочены к породам самого фундамента, или размещены большей частью на небольшом удалении от фундамента.

В Восточно-Калбинской (Калба-Нарымской) металлогенической зоне кристаллический фундамент погружен на значительную глубину и большого значения в формировании редкометального оруднения, связанного с палингенным гранитным магматизмом, не имел. Характерна приуроченность главной массы редкометальных месторождений к наиболее погруженному Центральному блоку. Металлогеническая специализация Западной Калбы, видимо, в первую очередь связана с широко проявившимся базальтовым магматизмом.

Различные зоны Зайсанской складчатой системы различаются не только по комплексу основания и времени заложения геосинклинальных прогибов, но в еще большей степени по составу средне-позднепалеозойских образований геосинклинальных и орогенных стадий, особенно магматических. Эти различия выражены в образовании разнотипных вертикальных формационных рядов. Здесь выделяются структурно-формационные зоны нескольких типов с соответствующей металлогенической специализацией: 1) флишоидно-гранитные, лишенные проявления эфузивного магматизма (редкометальная Восточно-Калбинская зона), а в их окраинной части — пояса развития силловых диабазовых интрузий в углисто-песчано-сланцевых толщах зон флишоидно-гранитоидного типа, ограничивающие участки с приподнятым кристаллическим фундаментом (Иртышская медно-пирротиновая зона); 2) эвгеосинклинальные с преимущественным проявлением основного вулканизма (Западно-Калбинская золоторудная зона); 3) существенно флишоидно-гранитные с ослабленно проявлением геосинклинальным кислым вулка-

низмом (Южно-Алтайская железорудно-редкометально-свинцово-цинковая зона); 4) вторичных геосинклиналей с преобладающим кислым геосинклинальным вулканизмом (Рудно-Алтайская полиметаллическая зона); 5) вторичных геосинклиналей с преобладающим базальт-андезитовым вулканизмом (Жарма-Саурская нечетко проявленная медно-вольфрамово-золоторудная зона).

Дифференцированное развитие и различие фундамента структурно-формационных зон складчатой системы обусловили разнообразную и четко выраженную поясовую, но асимметричную их металлогению. Обусловленность металлогенической специализации зон при анализе более четко устанавливается в первую очередь по характеру магматических проявлений, их интенсивности. Магматические образования в Зайсанской складчатой системе распространены широко, но неравномерно. Изверженные породы, как эфузивные, так и интрузивные, особенно часто встречаются в окраинных зонах складчатой системы: Рудно-Алтайской и Жарма-Саурской, составляющих два пояса интенсивного проявления вулканизма и интрузивного магматизма, различающиеся, однако, между собой составом начального вулканизма, а также количеством, масштабом, составом месторождений полезных ископаемых, расположенных на их территории. В каждой структурно-формационной зоне одна или две магматические формации включают в себя подавляющую массу изверженных пород и определяют тип развития зоны. Высказанное утверждение иллюстрируется диаграммой (рис. 3) проявления магматизма структурно-формационных зон. В масштабе изображены объемы изверженных пород всех магматических формаций зон. Из диаграммы явствует, что ведущей магматической формацией в Калба-Нарымской зоне является пермская батолитовая гранитовая формация, в Рудно-Алтайской — вулканогенная кварц-кератофировая, в Южно-Алтайской — кварц-кератофировая и пермская гранитовая, в Западно-Калбинской — кремнисто-диабазовые формации и комплексы основных и ультраосновных и малых интрузий, в Жарма-Саурской — андезит-базальтовые формации и диорит-гранодиоритовые интрузивные комплексы.

В структурно-металлогенических зонах складчатой системы типичные для них рудные месторождения всегда тесно ассоциируют с вышеотмеченными профилирующими магматическими формациями структурно-формационных зон, причем локализация и размещение оруденения контролируются в основном внутренним строением рудоносной магматической формации. В подобных соотношениях находятся, как увидим ниже, полиметаллические, свинцово-цинковые и часть железорудных месторождений и магматическая кварц-кератофировая формация в Рудно-Алтайской и Южно-Алтайской зонах, редкометальное оруденение и пермские граниты в Калба-Нарымской и Южно-

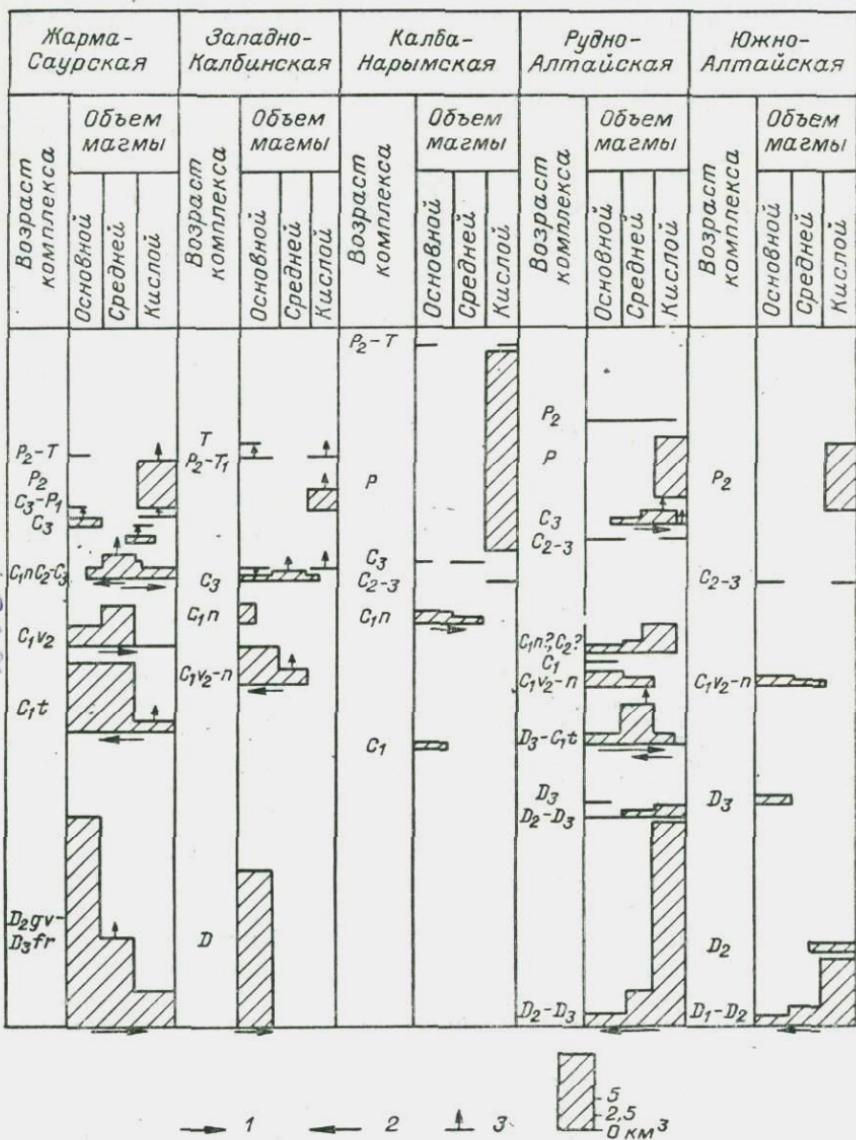


Рис. 3. Диаграмма проявления магматизма (км^3) структурно-формационных зон Зайсанской складчатой системы.

1—2 — развитие магматизма: 1 — гомодромное, 2 — антидромное; 3 — щелочные магмы.

Алтайской зонах. Менее четко выражена связь золотого оруднения с ведущими магматическими формациями в Западно-Калбинской и Жарма-Саурской зонах. Видимо, влияние их на формирование золоторудных проявлений оказывалось (сложным путем) косвенно.

Из всех структурно-формационных зон Рудно-Алтайская и Южно-Алтайская выделяются антидромной направленностью

развития магматизма ранней и средней стадий, в том числе и наиболее широко распространенной кварц-кератофировой формации, обусловленной, очевидно, широким проявлением при магмообразовании процессов синтексиса и ассилияции [19]. Интенсивность указанных процессов ослабевала от древних к молодым образованиям, отражением чего является соответственное общее повышение основности пород от древних к молодым образованиям и направленное изменение их петрохимических особенностей как в формационном ряду геосинклинального этапа в целом, так и в породах главной рудовмещающей кварц-кератофировой формации. Необычный петрохимический состав пород (кислый, плагиоклазовый состав, натриевый уклон при недосыщенности щелочами и избытке глинозема) хорошо подтверждает отмеченное. Указанные

Рис. 4. Диаграмма соотношения окислов в кислых породах разных серий кварц-кератофировой формации.

1 — кварцпорфирсы (D_2e_1); 2 — кварц-плагиопорфирсы (D_2e_2-gv); 3 — кварц-плагиопорфирсы (D_2gv-D_3); 4 — дадиты (D_3).

особенности и отклонение от нормального ряда, свойственные для кварц-кератофировой формации (рис. 4), постепенно выравниваются в последующих магматических формациях. Широкое участие в становлении магмы ранних формаций материала осадочно-метаморфического слоя коры оказало, очевидно, сильнейшее влияние и на металлогеническую специализацию металлогенической зоны.

Зайсанская складчатая система отличается в металлогеническом отношении от соседних каледонских систем Горного Алтая и Чингиза значительно большей дифференцированностью, выраженной в наличии узких, четко индивидуализированных металлогенических зон. Площади металлогенических зон обычно соответствуют структурно-формационным зонам или подзонам. Металлогенические зоны представлены одним ведущим комплексом полезных ископаемых, реже несколькими, в равной

мере распространенными (редкометально-железорудно-свинцово-цинковый, медно-золоторудный, золоторудно-редкометально-медный). Зоны второго типа, столь характерные для областей каледонской стабилизации, располагаются или между зонами первого типа, или между ними и каледонскими зонами. По составу полезных ископаемых они сходны с обеими соседними зонами, однако отличаются от них другим морфогенетическим типом месторождений и возрастом. В пределах металлогенических зон имеет место своя внутренняя зональность, расчленяющая металлогенические зоны на подзоны, чаще вкрест простирации зон, реже вдоль простирации. Металлогеническими единицами низшего ранга являются рудные районы (узлы), рудные зоны, а затем рудные поля и месторождения.

В Зайсанской складчатой системе выделяются с северо-востока на юго-запад следующие металлогенические зоны: 1) Холзунско-Сарымсактинская редкометально-железорудно-свинцово-цинковая, 2) Полиметаллическая, 3) Иртышская золоторудно-медная, 4) Калбинская редкометальная, 5) Западно-Калбинская золоторудная с включенными в нее хромито-никелевыми, медно-никелевыми и ртутными рудными зонами, 6) Жарма-Саурская медно-вольфрамово-золоторудная, в которой размещены также месторождения углей каменноугольного, пермского и юрского возрастов.

Геологическое строение и металлогеническое районирование Рудного Алтая

Рудный Алтай географически представляет собой предгорье Алтая, заключенное между р. Иртышом и системой хребтов Горного Алтая: Холзунским, Коргонским, Тигерецким на северо-востоке; с юга ограничен хребтами Южного Алтая, а на севере — Кулундинской степью. Восточные участки хребтов Южного Алтая геологически являются естественным продолжением Рудного Алтая и рассматриваются как его составная часть.

В геологическом отношении Рудный (Юго-Западный) Алтай включает в себя территории Рудно-Алтайской и Южно-Алтайской структурно-формационных зон и Иртышской подзоны Калба-Нарымской зоны (рис. 5, см. вкладку). Широко известные полиметаллические месторождения Алтая расположены преимущественно в Рудно-Алтайской структурно-формационной зоне и Белоубинско-Маймырской подзоне Южно-Алтайской зоны [19], выделяемых в Полиметаллическую металлогеническую зону. Эта зона является областью преимущественного развития полиметаллических и колчеданно-полиметаллических месторождений с комплексными медно-свинцово-цинковыми рудами с золотом и серебром. Сравнительно мало распространены небольшие скарновые и жильные медные месторождения, встречаются рудопроявления железа скарнового и метаморфогенного типа, а

также алунитовые и каолиновые рудопроявления во вторичных кварцитах и их метаморфизованные разности с андалузитом и дистеном. Единичные проявления вольфрамовой, молибденовой, оловянной минерализации наблюдаются главным образом в ядре Алейского антиклиниория. Кварц-жильные проявления золотого оруденения известны лишь в песчано-сланцевых отложениях Маймырского флишевого прогиба. В отложениях наземной молассовой формации известно еще небольшое угольное месторождение. В Холзунско-Сарымсактинской подзоне Южно-Алтайской зоны распространены преимущественно полигенные свинцово-цинковые, редкометальные и железорудные месторождения и рудопроявления, поэтому она выделена в редкометально-железорудно-свинцовую зону, объединяющую с Полиметаллической металлогенической зоной в Алтайский полиметаллический рудный пояс.

В Иртышской подзоне Калба-Нарымской структурно-формационной зоны расположены пирротиновые с медью, медно-пирротиновые, медно-колчеданные и золоторудные месторождения и рудопроявления, а также небольшие железорудные проявления гидротермального и метаморфогенного типа и незначительные свинцово-цинковые. Подзона выделена в Иртышскую медно-золоторудную металлогеническую зону (см. рис. 1).

Геологическое строение Полиметаллической зоны большей частью двухъярусное. Нижний структурный ярус сложен метаморфическими породами зеленосланцевой фации предположительно раннепалеозойского возраста [19]. Второй, среднепалеозойский, ярус представлен девонскими и нижнекаменноугольными вулканогенными и осадочными породами. Третий, верхнепалеозойский, ярус развит лишь на небольших площадях и представлен угленосной молассой и наземными вулканитами. В основании разреза среднего палеозоя Рудно-Алтайской зоны залегают осадочно-вулканогенные образования эйфельского, эйфель-живетского и живот-франского возраста, принадлежащие кварц-кератофировой формации. Они залегают резко несогласно на метаморфических породах фундамента. В Южно-Алтайской зоне кварц-кератофировая формация согласно перекрывает осадочные отложения карбонатно-песчано-сланцевой формации раннего девона (рис. 6). Отличительной особенностью кварц-кератофировой формации является преимущественно кислый состав слагающих ее пород (кварцевые альбитофиры, альбитизированные кварцевые плагиопорфиры, липариты, дациты) и незначительное участие в ее разрезе основных пород: диабазовых и андезитовых порфиритов [19]. Мощность осадочно-вулканогенных образований формации очень изменчива (от 700 до 3500 м).

Сложность строения формации обусловлена не только фациальной гетерогенностью, но и изменчивостью петрохимического состава ее как по разрезу, так и в латеральном направлении.

При общей пониженной щелочности пород кислого ряда [19] среди них выделяются серии пород: существенно натриевые и натрий-калиевая. Последняя серия обычно располагается в основании разреза. Однако в одних структурно-формационных подзонах (Алейской, Иртышской, Белоубинско-Маймырской)

РУДНО - АЛТАЙСКАЯ ЗОНА

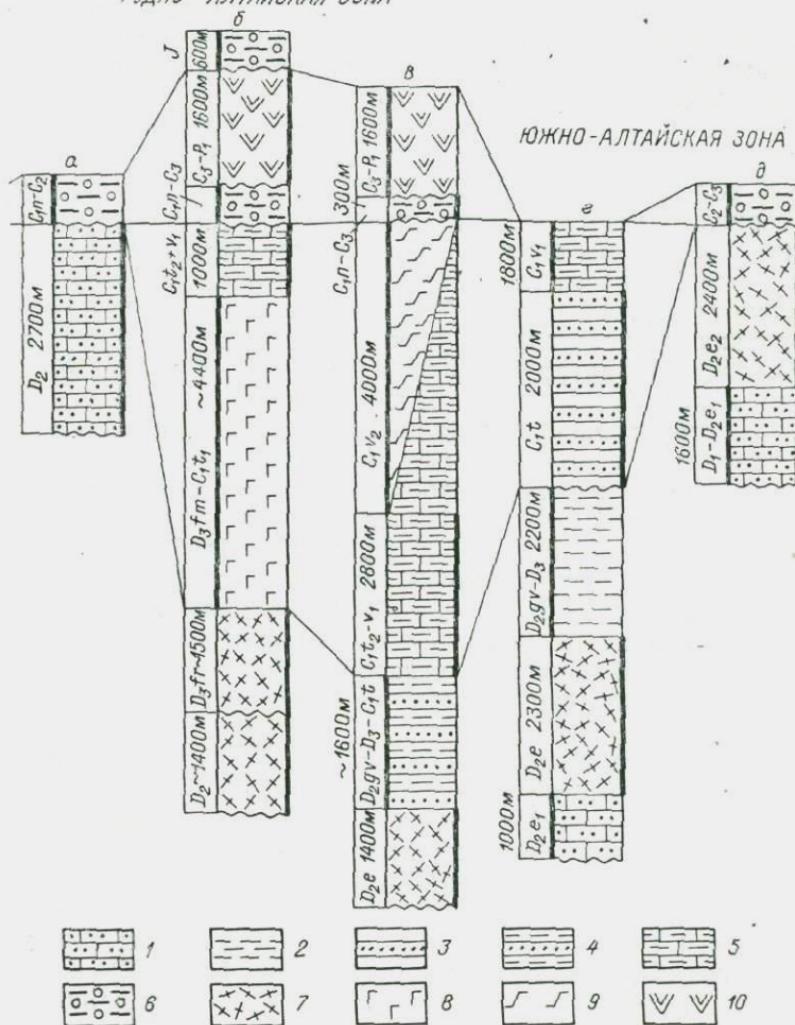


Рис. 6. Формационные ряды среднего и позднего палеозоя структурно-формационных зон и подзон Рудного Алтая.

1—10 — формации: 1 — карбонатно-песчано-сланцевая, 2 — аспидная, 3 — флишевая, 4 — флишоидная, 5 — известковисто-сланцевая, 6 — наземная молассовая угленосная, 7 — кварц-кератофировая, 8 — островная андезит-дацитовая, 9 — андезит-базальтовая, 10 — наземная андезит-трахидацитовая.

а— δ — подзоны: а — Иртышская, б — Алейская, в — Лениногорско-Зыряновская, г — Белоубинско-Маймырская, д — Холзунско-Сарымсактинская.

натрий-калиевая серия развита немного, в других подзонах (Змеиногорской, Лениногорской, Зыряновской, Холзунско-Сарымсактинской) в разрезе формации она является преобладающей. В целом в разрезе кварц-кератофировой формации выделяются три последовательные серии (см. рис. 4), с каждой из которых связан свой комплекс субвулканических интрузий, как кислых, так и основных. При общем антидромном развитии магматизма ранняя серия характеризуется, за редким исключением, почти повсюду калиевым профилем, а последующие — натриевым, хотя на флангах некоторых подзон повышенная калиевость отмечается и в породах верхней серии.

В структурно-формационных подзонах, которым свойственно большое развитие ранней натрий-калиевой серии, относительно высокое содержание калия отмечается и в последующих натриевых сериях. Именно в таких подзонах размещены почти все типично полиметаллические существенно свинцовые месторождения Алтая, причем, за редким исключением, повсеместно они приурочены к разрезу ранней (калиевой) серии, тогда как месторождения с относительно высоким содержанием в рудах цинка и колчеданных минералов (Корбалихинское, Тишинское, Малеевское) в рассматриваемых подзонах размещены в натриевых сериях. В структурно-формационных подзонах с широким развитием натриевых серий распространены преимущественно колчеданно-полиметаллические и колчеданные месторождения, причем месторождения с относительно высоким содержанием в рудах свинца (Березовское, Золотушинское, Новозолотушинское) и в этом случае располагаются именно в породах ранней натрий-калиевой серии. В соответствии с отмеченной закономерностью, поскольку калиевость кварц-кератофировой формации возрастает с юго-запада на северо-восток, в том же направлении увеличивается свинцовость руд полиметаллических месторождений.

Формирование кварц-кератофировой формации происходило на площади Рудного Алтая несколько разновременно. Судя по времени заложения прогибов, в которых накапливались образования формации, и завершению в них проявления вулканализма, в период становления формации происходила миграция этих прогибов с северо-востока на юго-запад, т. е. в таком же направлении, в каком возрастает общая натриевость пород формации и колчеданность руд месторождений. Так, в Южно-Алтайской зоне накопление пород формации началось в конце раннего девона и завершилось в конце эйфеля, в Лениногорско-Зыряновской подзоне соответственно — в раннем эйфеле и в начале живета, в Алейской подзоне — в позднем эйфеле и фране.

По геохимическим данным [19] вне рудных полей породы кварц-кератофировой формации характеризуются пониженным содержанием свинца, цинка и лишь медь иногда присутствует в почти кларковых количествах.

На северо-востоке Рудного Алтая в течение живетского века происходили первые складчатые движения, на время прервавшие накопление кварц-кератофировой формации. На юго-западе эти движения произошли несколько позже: на границе живетского и франского веков. В наиболее приподнятых блоках вслед за этими движениями имела место интрузия гранитной магмы. После отмеченных инверсионных движений накопление образований кварц-кератофировой формации возобновилось лишь в сократившихся прогибах Алейской подзоны, на северо-западном фланге Змеиногорской подзоны и в пределах Березовско-Белоусовского тектонического клина. В прогибах же Лениногорско-Зыряновской и юго-восточной части Змеиногорской подзоны в этот период накапливались флишоидные отложения, свидетельствующие о неустойчивом тектоническом режиме. Вулканогенным образованиям этого периода становления формации, представленным ее третьей серией, свойственны наибольшая контрастность состава пород и наибольшее участие в их системе базальтоидов (до 30%). Именно к отложениям этой серии приурочено большинство типично колчеданных медно-цинковых и колчеданно-полиметаллических месторождений Алтая. Лишь в пределах Рубцовской синклинали, где развитие вулканизма кварц-кератофировой формации протекало несколько отлично, в отложениях третьей серии, представленных преимущественно алевролитами и кислыми пирокластолитами и лавами, размещены типичные полиметаллические месторождения (Степное, Таловское, Рубцовское).

Таким образом, начиная с живетского века единая зона проявления вулканизма кварц-кератофировой формации разделилась на три части: Алейскую подзону и северо-западный фланг Змеиногорской подзоны, где продолжалось становление кварц-кератофировой формации, периферические Лениногорско-Зыряновскую и Змеиногорскую подзоны, в которых отлагались флишоидная формация живет-франского возраста, и остаточные поднятия, являющиеся областями сноса. Во внутреннем прогибе Южно-Алтайской зоны (Белоубинско-Маймырской подзоне) в это время накапливалась аспидная формация. В Алейской подзоне и в Березовско-Белоусовском рудном поле на кварц-кератофировой формации залегают образования вулканогенной островной андезит-дацитовой формации фаменско-этренского возраста. Мощность образований формации в зависимости от удаленности от синхронных вулканических центров меняется от 800 до 4000 м.

Островная андезит-дацитовая формация отличается от кварц-кератофировой значительно более основным составом пород. В составе формации участвуют породы от базальтов до липаритов. По составу продуктов извержения рассматриваемая формация подразделяется на три серии, накопившиеся в последовательно сокращавшихся прогибах. Из них средняя серия

характеризуется наличием наиболее кислых разновидностей пород: плагиопорфиров, кварцевых плагиопорфиров, липаритов. Широко распространенный в данной формации тип гидротермальных изменений — формирование вторичных кварцитов с высокоглиноземистой минерализацией — развит именно в породах этой второй серии. К ним же приурочены ряд рудопроявлений и одно, пока единственное, полиметаллическое месторождение (Заводинское) жильного типа.

Более молодые осадочные и вулканогенные формации Рудного Алтая практически нерудоносны, в них незначительная рудная минерализация отмечается лишь изредка. В Алейской подзоне — это известковисто-сланцевая формация позднетурнейско-ранневизейского возраста (общей мощностью до 1 км) и наземная молассовая намюрско-среднекаменноугольного возраста (мощностью до 1600 м). В Лениногорско-Зыряновской подзоне — это флишоидная формация живетско-раннетурнейского возраста (мощностью свыше 1600 м), известковисто-сланцевая формация позднетурнейско-визейского возраста (мощностью свыше 3 км), приразломная андезит-базальтовая формация поздневизейского возраста (мощностью до 3—4 км). В Белоубинско-Маймырской подзоне — это аспидная формация живетско-позднедевонского возраста (мощностью до 2200 м), флишевая формация турнейского возраста (мощностью 2 км), известковисто-сланцевая формация визейского возраста (мощностью до 1800 м), приразломная андезит-базальтовая формация поздневизейского возраста. В Холзунско-Сарымсактинской подзоне кварц-кератофировая формация лишь на отдельных участках перекрыта маломощными отложениями то известковисто-сланцевой формации позднеживетского возраста, то известковисто-сланцевой и вулканогенно-андезит-дацитовой формаций турнейского возраста, то угленосной молассовой формации позднекаменноугольного возраста.

Таким образом, разделение структурно-формационных зон Рудного Алтая на подзоны, наметившееся в конце становления кварц-кератофировой формации, в инверсионную стадию утвердились окончательно. Строение самих подзон осложнилось за счет появления наложенных прогибов и остаточных поднятий, устойчивых или унаследованных прогибов и антиклинальных участков, а в позднюю стадию и межгорных долин и вулканических депрессий.

Метаморфические породы зеленосланцевой фации нижнепалеозойского структурного яруса слагают ядра главных антиклиниориев: Алейского, Синюшинского — и ряда меньшего значения антиклинальных структур. Интрузивные породы распространены весьма широко, занимают около 50% территории. Они представлены главным образом массивами умеренно кислых гетерогенных гранитоидов (габбро-диорит-гранодиоритовой и диорит-плагиогранитовой формаций) и относительно однородных био-

титовых гранитов и граносиенитов. Ранее первые из них относились к единому змеиногорскому интрузивному комплексу, а вторые — к пермскому калбинскому.

В настоящее время в составе дискуссионного по возрасту (намюрского или средне-позднекаменноугольного) змеиногорского комплекса оставлена лишь часть массивов умеренно кислых гранитоидов [45], располагающихся обычно цепочками вдоль древних долгоживущих разломов. Большая же часть умеренно кислых гранитоидов, по мнению геологов отдела Казахстана ВСЕГЕИ [45], принадлежит к другим комплексам: к додевонскому (каледонскому), к девонскому, к позднекаменноугольному сержихинскому. Массивы додевонских гранитоидов расположены исключительно в метаморфических породах фундамента и нередко прорваны поясами даек, являющимися предположительно корневыми частями девонских вулканов. Породы сержихинского интрузивного комплекса, как и их эфузивные комагматы, характеризуются повышенной щелочностью, что совершенно не свойственно породам змеиногорского комплекса. Часть калбинских биотитовых гранитов рассматривается теперь в составе самостоятельного девонского интрузивного комплекса, а большая же часть, развитая в северо-восточных окраинных подзонах, отнесена к пермскому граносиенит-гранитовому комплексу.

Основные интрузии представлены главным образом силлами и дайками диабазов и габбро-диабазов, слагающими весьма характерные для Алтая протяженные пояса, приуроченные к зонам долгоживущих разломов, ограничивающих палеоподнятия. Значительно распространены самостоятельные малые интрузии средне-позднекаменноугольного и пермского возраста, нередко образующие пояса, свиты и рои даек.

Для палеозойских образований Рудного Алтая характерно глыбово-складчатое строение, развитие относительно пологих брахискладок и моноклиналей, осложненных разрывными нарушениями. Формирование структур началось одновременно с седиментацией, а окончательно образовались в завершающиеся стадии развития структурно-формационной зоны. В генетическом отношении большинство складчатых структур относится к типу глыбовых складок облекания, возникших вследствие дифференциальных движений блоков фундамента. Сжатые складки и узкие зоны смятия и рассланцевания наблюдаются лишь в зонах глубинных и других долгоживущих разломов. Относительно напряженная мелкая складчатость отмечается, кроме того, в участках развития мощных нижнекаменноугольных терригенных отложений, в области южного погружения структур Рудного Алтая.

Весьма характерными структурами Алтая являются зоны смятия и интенсивного рассланцевания, развитые вдоль краевых глубинных разломов. Главные региональные зоны смятия —

Алтая-Иртышская и Северо-Восточная — ограничивают Полиметаллическую металлогеническую зону с юго-запада и северо-востока. Первая из них захватывает территорию всей Иртышской структурно-формационной подзоны (Иртышской шовной антиклинарной структуры), а вторая — Холзунско-Сарымсактинской подзоны (краевого поднятия) Южно-Алтайской зоны. Прерывистые зоны смятия и рассланцевания меньшего порядка выделяются и внутри самой Полиметаллической металлогенической зоны, они развиты вдоль разломов глубокого заложения, разделяющих структурно-формационные подзоны или же ограничивающих внутренние поднятия. К ним относятся Кедровско-Бутачихинская, Березовско-Маркакульская, Успенская, Белорецко-Маркакульская и др.

Формирование зон смятия происходило в условиях чередующихся подвижек вертикального и горизонтальных направлений, сбросового, взбросового, сдвигового и надвигового типов. С зонами смятия северо-западного направления нередко сопрягаются надвиги широтного простирания, а также оперяющие разломы и складчатые структуры, ограниченные разрывами [45]. Большое значение в формировании и размещении определенного типа рудных тел имеют узкие локальные зоны повторного интенсивного рассланцевания, развитые вдоль долгоживущих разломов как в региональных зонах смятия, так и вне их, по оперяющим разломам, в результате повторяющихся блоковых движений. Зоны интенсивного повторного рассланцевания являются местом многократной разрядки напряжений, внедрений жильных пород, циркуляции гидротерм.

Крупнейшими структурно-морфологическими единицами Рудного Алтая являются Алейский и Синюшинский антиклиниории, Холзунско-Сарымсактинское краевое поднятие, расположенные между ними Быструшинский и Белоубинско-Маймырский синклиниории, а также система синклинальных прогибов, развитых на юго-западном крыле Алейского антиклиниория, переходящая на его южном погружении в Бухтарминско-Жалтырский синклиниорий и Соловьевско-Балгынский синклиниорий на южном погружении Синюшинского антиклиниория.

Для локализации оруденения большее значение имеют не ядерные участки антиклиниориев, а именно синклинальные структуры, развитые на их крыльях или между ними, а также широтные грабен-синклинали, секущие главные антиклиниории, так как именно в этих синклиналях развиты образования рудоносной кварц-кератофировой формации, перекрытые обычно отложениями других формаций, не содержащих более или менее существенныхrudопроявлений. Мощность кварц-кератофировой формации составляет 1500—3600 м, а перекрывающих отложений достигает 7000—9000 м.

Геологическое районирование Рудного Алтая, проведенное на основе формационного, фациального и металлогенического

анализа, в общем не противоречит вышеотмеченному морфоструктурному, поскольку (см. рис. 5) каждый из антиклиниориев вместе с частью соседних синклиналей почти полностью попадает в контур соответствующей структурно-формационной подзоны, а разграничающие их разломы глубокого заложения проходят обычно по синклинирным структурам. Но имеются и отклонения от общего правила. Так, Змеиногорская подзона, граница которой с Алейской подзоной проходит по системе разломов северо-западного и широтного направлений, заходит и в пределы Алейского антиклиниория. В особое подразделение — Прииртышскую металлогеническую подзону — выделяются отдельные блоки Рудно-Алтайской зоны, вовлеченные в Иртышскую зону смятия.

Рассмотрим главные особенности и отличительные черты геологического строения и металлогенеза структурно-формационных зон и соответствующих им металлогенических подзон, входящих в полиметаллический рудный пояс и Полиметаллическую металлогеническую зону.

Прииртышская подзона составляет северо-восточную окраину Иртышской зоны смятия, представлена мобильными блоками с рудно-алтайским типом разреза, расположеными на стыке инверсирующей с франского века Иртышской подзоны и прогибавшейся юго-западной окраины Алейской подзоны. Здесь широко развиты продольные разломы и зоны повторного интенсивного рассланцевания, по которым происходили интенсивные подвижки разных направлений: вертикальные сбросы и взбросы, горизонтальные и наклонные сдвиги и надвиги. Можно полагать, что указанные разнонаправленные и разновременные движения сопровождались интенсивным смятием пород. В некоторых блоках толщи рудноалтайских пород, частично или полностью, оказались перекрытыми надвинутыми на них метаморфизованными породами Иртышской подзоны. К числу таких надвинутых толщ принадлежат, по нашему мнению, Белоусовская свита в Белоусовском рудном поле, а несколько юго-восточнее — гремячинская свита.

В строении подзоны участвуют главным образом динамометаморфизованные осадочно-вулканогенные породы кварц-кератофировой формации и в меньшей степени островной андезит-дацитовой. В отличие от других подзон Рудного Алтая в составе кварц-кератофировой формации очень большое участие принимают туффиты, туфы и известковистые сланцы, характеризующиеся значительной углистостью, причем вулканогенные породы представлены преимущественно кислыми разновидностями.

Существенно осадочный разрез особенно свойствен ранней серии формаций мощностью 600—700 м, выделенной [70] в шипулинскую свиту. В петрохимическом отношении нижняя серия характеризуется преобладанием в составе щелочей калия

над натрием, повышенным содержанием магния. Для околоврудного гидротермального изменения пород наиболее характерным процессом является хлоритизация, вплоть до образования хлоритолитовых тел. Именно к этой серии приурочены в подзоне колчеданно-полиметаллические месторождения с относительно высоким содержанием в рудах свинца (Березовское, Писаревское, Сметанинское, Глубочанские залежи Белоусовского месторождения).

Характерна в рудах распространность полосчато-слоистых текстур. В верхней серии кварц-кератофировой формации преобладают вулканогенные эфузивно-пирокластические и пирокластические породы, также обогащенные часто углистым веществом. В химическом составе пород натрий преобладает над калием. Колчеданно-полиметаллические руды, залегающие в этой серии, характеризуются пониженным содержанием свинца и повышенным меди и цинка (Новоберезовское, Белоусовское, Иртышское и другие месторождения). Из интрузивных образований в Прииртышской подзоне развиты субвулканические порфировые, реже порfirитовые, интрузии девонского возраста кварц-кератофировой формации, массивы гранитоидов змеиногорского комплекса, комплексы жильных интрузий пестрого состава позднепалеозойского возраста. Породы даек подверглись гидротермальному метаморфизму, наиболее поздние из них наименее метаморфизованы. Вместе с тем в Новоберезовском месторождении руды вблизи массива змеиногорских гранодиоритов подверглись термальному воздействию, что выразилось в формировании в приконтактовых участках пирротиновых руд, а в краевой части самого массива — вкраpledной рудной минерализации в ассоциации с относительно высокотемпературными актинолитом и эпидотом.

Алейская подзона представлена колчеданно-полиметаллическими месторождениями, приуроченными к синклиниорным структурам, развитым на юго-западном крыле Алейского антиклиниория и на южном его погружении. Главными из них являются Успенская, Раздольненская, Сугатовско-Веселовская, Шемонаихинско-Секисовская, Феклистовско-Бухтарминская. Указанные синклиниорные структуры формировались длительное время, начиная с эйфель-живетского века, на фоне вертикальных движений отдельных глыб фундамента и надвигово-сдвиговых движений по глубинным разломам. Строение первичных эйфельских прогибов было осложнено локальными инверсионными движениями в живете, миграцией фаменско-турнейских прогибов на юго-запад, заложением позднепалеозойских прогибов в области юго-западного крыла первичных прогибов. Складчатые структуры синклиниориев осложнены также чешуйчатыми надвигами со стороны Иртышской подзоны, перманентно инверсирующей начиная с франского века. Крупными структурами, осложняющими геологическое строение Алейской подзоны

(так же как и всего Рудного Алтая), являются узкие поднятия, прогибы и долгоживущие разломы субширотного профиля, развитые вдоль поперечных структурных линий древнего заложения. К девонским палеоподнятиям указанного типа, разделявшим прогибы, принадлежат Алейское, Боровлянское, Васильевское и др. К намюрско-позднепалеозойским поперечным прогибам относятся Луговской, Белокаменско-Сержихинский, Нарымский и др.

Главные рудные районы Алейской металлогенической подзоны соответствуют вышеуказанным синклинальным структурам. Они следующие: Орловско-Золотушинский, Николаевский, Орловско-Верхубинский, Бухтарминский. Алейская металлогеническая подзона отличается от всех остальных подзон Полиметаллической зоны относительным высоким содержанием в составе руд меди, наличием существенно серноколчеданных месторождений. В Орловско-Верхубинском районе распространены преимущественно медные месторождения, хотя и мелкие. Небольшое количество рудопроявлений с относительно высоким содержанием свинца и цинка тяготеет обычно к участкам субширотных поднятий (Титовское, Гериховское, Искровское, Сургутановское, Шемонаихинское, Заводинское).

Образования кварц-кератофировой формации залегают резко несогласно на метаморфических породах фундамента. В составе вулканогенных пород формации в относительно большем количестве по сравнению с другими подзонами представлены основные разности, а в составе кислых разновидностей резко преобладают породы натриевого ряда. Сама кварц-кератофировая формация имеет трехслойное строение, ее ранняя петрохимически существенно натрий-калиевая серия характеризуется широким участием в разрезе осадочных пород, часто существенно известковистых туффитов и менее туфов. Именно к разрезу ранней серии приурочены колчеданно-полиметаллические руды, содержащие относительно большое количество свинца, а иногда также рудопроявления рассеянного свинцового оруденения. В ряде месторождений подзоны установлены обломки полиметаллических и существенно сфalerитовых сплошных руд, сцепментированные сплошными же колчеданными рудами (Орловское, Золотушинское, Новозолотушинское месторождения), что опровергает широко распространенное представление об универсально закономерном характере наложенности стадии полиметаллического оруденения на колчеданное. Наиболее характерным типом окорудноизмененных пород являются хлоритовые породы и хлоритолиты, менее распространены кварц-серицитовые. В существенно известковистых толщах ранней серии отмечаются исключительно небольшие медные месторождения (в Орловско-Верхубинском районе) скарпового типа, расположенные в ореоле контактового воздействия змеиногорских гранитондов.

Вторая серия кварц-кератофировой формации сложена преимущественно кислыми вулканитами натриевого профиля. Мощность ее 500—1000 м. К образованием серии приурочены лишь редкие рудопроявления и признаки рудной минерализации, в том числе медистые колчеданы Сугатовского месторождения.

Третья серия отличается резко контрастным составом слагающих ее пород, в некоторых районах, например Сугатовско-Веселовском (Николаевском), в составе вулканитов присутствует до 30% пород основного состава. Именно в подобных районах находятся месторождения Алтая с наиболее колчеданными и медно-колчеданными рудами (Сугатовское, Николаевское, Камышинское). Образования третьей серии налегают на ранние серии с некоторым несогласием, обусловленным частной инверсией и первыми складчатыми движениями, имевшими место в Алейской подзоне в конце живетского века [61]. С отмеченными движениями связана интрузия в поднимавшихся блоках гранитной магмы, давшая массивы гипабиссальных гранитных интрузий. Мощность третьей серии превышает суммарную мощность первых двух. К образованием третьей серии и к ее субвулканическим порфировым интрузиям приурочены преимущественно колчеданные, медно-колчеданные и медно-цинково-колчеданные месторождения и рудопроявления и очень редко полиметаллическая рудная минерализация.

В Алейской подзоне на образованиях кварц-кератофировой формации залегает вулканогенная этренско-фаменская островная андезит-дацитовая формация, перекрытая в свою очередь нижнекаменноугольными известковистыми и терригенными толщами, а в некоторых участках и верхнепалеозойской (угленосной) молассой. Островная андезит-дацитовая формация отличается от кварц-кератофировой более основным составом пород, но меньшей их контрастностью. Крайние члены петрографического ряда соединены переходными разновидностями [19]. Породы кислого состава распространены мало, но именно с участками их развития связаны широкие поля вторичных кварцитов с приуроченными к ним проявлениями высокоглиноземистых рудопроявлений (алунитовые, каолиновые, андалузитовые, кианитовые) в Бухтарминском районе. К толщам кислых эфузивов островной андезит-дацитовой формации приурочены и редкие гидротермальные рудопроявления меди, свинца и цинка, гематита, из которых представляет промышленный интерес пока лишь одно жильное Заводинское полиметаллическое месторождение.

Из интрузивных образований в Алейской подзоне наиболее распространены гетерогенные умеренно кислые гранитоиды змеиногорского комплекса, а также каледонского, девонского и позднекаменноугольного возраста. Значительно менее распространены натрий-калиевые граниты позднедевонского возраста. По геофизическим данным подобное соотношение умеренно

кислых гранитоидов и гранитов имеет место и в глубоких частях подзоны. Малые интрузии позднепалеозойского возраста представлены дайками как основного, так и кислого состава. В Золотушинском и Шемонаихинском районах отмечено присутствие также сложных даек.

Змеиногорско-Зыряновская подзона охватывает две структурно-формационные подзоны: Лениногорско-Зыряновскую и Змеиногорскую, несколько различающиеся ранней историей своего развития, но характеризующиеся размещением на их территории типично полиметаллических месторождений с высоким содержанием в рудах свинца, цинка, меньше — меди и относительно малым количеством в большинстве случаев пирита. Кварц-кератофировая формация эйфельского возраста залегает резко несогласно на метаморфических породах фундамента и характеризуется в общем относительно высоким содержанием калия в составе щелочей не только в породах ранней серии, но зачастую и последующих серий. В Лениногорско-Зыряновской подзоне ранняя серия наиболее насыщена по сравнению с остальными подзонами вулканическим материалом, причем натрий-калиевого профиля. В сложении верхней части разреза серии участвуют и осадочные породы: известковисто-глинистые сланцы и кремнистые образования, к которым приурочены залежи полиметаллических руд вулканогенно-осадочного [54, 34] и гидротермально-метасоматического типов.

Вторая серия, относительно малой мощности, в значительной степени сложена туфами смешанного (основного и кислого) состава, туффитами и туфами кислых эффузивов.

В составе третьей серии обычно резко преобладают осадочные отложения (известковисто-терригенные и глинисто-кремнистые породы), в подчиненном количестве присутствуют пирокласты, широко представлены силловые залежи кварцевых альбит-порфиров. Лишь местами, около глубинных разломов, в разрезе серии господствуют кислые эффузивы. Кварц-кератофировая формация непосредственно перекрыта флишоидными отложениями живетско-позднедевонского и раннекаменноугольного возраста, а также известковисто-глинистыми сланцами раннекаменноугольного возраста. Последние вблизи глубинных разломов по разрезу местами фациально замещены в латеральном направлении и вверх по разрезу основными эффузивами.

Из интрузивных образований в подзоне максимально распространены пермский граносиенит-гранитовый комплекс и несколько менее гетерогенные умеренно кислые гранитоиды змеиногорского, додевонского и девонского комплексов. Значительно распространены силловые позднедевонские диабазовые интрузии. По геофизическим данным, освещающим глубинное строение подзоны, кислые гранитные породы значительно распространены и в глубинных ее частях (рис. 7, см. вкладку). Среди дайковых пород позднепалеозойских малых интрузий распространены

разности основного состава. Характерными окорудными гидротермальными изменениями являются хлоритизация, серицизация, окварцевание и пиритизация, с образованием в зоне отложения метасоматической колонки метасоматических жил хлоритолитов (особенно в поздней серии), серицитолитов (особенно в ранней серии), а в зоне кислотного выщелачивания — серицитовых, хлоритовых и более сложного состава микрокварцитов. В участках проявления наложенного калиевого метасоматоза отмечаются такие процессы, как калишпатизация, ослаждение, оталькование, карбонатизация и др.

В Змеиногорской структурно-формационной подзоне в сложении ранней натрий-калиевой серии кварц-кератофировой формации большое участие принимают осадочные породы: аргиллиты, известняки, прослои и линзы кремнистых, а также большое количество субвулканических интрузий кварцевых порфиров. Руды в большинстве месторождений, приуроченных к породам ранней серии, не подвержены значительным гидротермальным изменениям боковых пород. Интенсивные гидротермальные изменения, сопровождаемые образованием хлоритолитов, а иногда и проявлением калиевого метасоматоза, отмечаются лишь в некоторых месторождениях (Березовогорском, Семеновском и др.), руды которых находятся в зонах обновленных разломов и рассланцевания.

В породах следующей по возрасту второй серии натриевого профиля сколько-нибудь значительных рудных скоплений не отмечено. В южной части Змеиногорской подзоны вторая серия кварц-кератофировой формации перекрыта терригennыми толщами позднего живета и позднего девона. Севернее Петровской синклинали указанные терригенные толщи латерально в северо-западном направлении фациально замещаются образованиями третьей серии кварц-кератофировой формации позднеживетского—позднедевонского возраста.

В пределах Черепановской и Змеиногорской синклиналей в разрезе третьей серии значительно участвуют лавы, туфы и субвулканические интрузии основного состава. Именно к толщам третьей серии вышеупомянутых участков приурочены колчеданно-полиметаллические руды с относительно высоким содержанием меди, цинка и серного колчедана (Корбалихинское, Лазурское и другие месторождения). Причем, как и в месторождениях Алейской подзоны, расположенных в образованиях ранней серии, в некоторых из них, например в Корбалихинском, наблюдаются обломки сплошных существенно сфалеритовых руд, сцепментированные сплошными колчеданными рудами (рис. 8). Севернее, в Рубцовской синклинали, к разрезу третьей серии, характеризующемуся чередованием алевролитов и туфов кислого состава, приурочены месторождения с типично полиметаллическими рудами (Степное, Таловское и др.). Кварц-кератофировая формация в Рубцовской синклинали перекрыта ниж-

некаменноугольными терригенными отложениями. В подзоне широко развиты интрузии умеренно кислых гранитоидов каледонского и девонского комплексов и пермского граносиенит-гранитового комплекса. Распространен комплекс дайковых интрузий, особенно диабазового состава.

Белоубинско-Маймырская подзона представляет собой асимметричную синклиниорную структуру, ядром которой сложено в основном терригенными толщами живетско-позднедевонского и раннекаменноугольного возраста. Рудоносная кварц-кератофировая формация обнаруживается исключительно



Рис. 8. Обломки тонкозернистых полиметаллических руд в сплошной колчеданий руде. Корбалихинское месторождение. Образец. Ув. 1,5.

в ее бортовых частях, являющихся вместе с тем зонами двух глубинных разломов, очерченных поясами позднедевонских диабазовых интрузий, отделяющих подзону от Холзунско-Сарымсактинской подзоны на северо-востоке и Лениногорско-Зыряновской на юго-западе. Отмеченные глубинные разломы приводят в соприкосновение образования кварц-кератофировой формации Белоубинско-Маймырской подзоны, характеризующиеся большим развитием натриевых разностей, с таковыми Лениногорско-Зыряновской (по Успенско-Карелийско-Маркакульскому разлому) и Холзунско-Сарымсактинской (по Белоубинско-Маркакульскому разлому) подзон, которым свойствен натрий-калиевый профиль, особенно в Холзунско-Сарымсактинской подзоне.

На юго-западном борту Белоубинско-Маймырского синклиниория кварц-кератофировая формация обнажается прерывисто, главным образом на участке северо-западного воздымания шарнира синклиниория в Лениногорском районе. Глубинный разлом,

разграничающий Белоубинско-Маймырскую и Лениногорско-Зыряновскую подзоны, а также образования кварц-кератофировой формации на большем протяжении перекрыты более молодыми отложениями. Только в Лениногорском районе обнажаются и низы разреза кварц-кератофировой формации, к которым приурочены свинцово-цинковые руды Успенского месторождения. Подзоне в целом свойственно распространение колчеданно-полиметаллических месторождений (Старковское, Шубинское, Стрежанское, Никитинское). Некоторое исключение составляет лишь участок северо-западного замыкания синклиниория, где единственный синклиниорий при воздымании шарнира разбивается на несколько мелких синклиналей. Здесь расположено Гусляковское месторождение, руды которого характеризуются повышенным содержанием свинца. Вмещающим породам месторождения свойствен натрий-калиевый профиль. Из интрузивных образований в подзоне помимо субвулканических интрузий, связанных с кварц-кератофировой и приразломной андезит-базальтовой формациями, широко развиты позднедевонские силловые габбро-диабазовые интрузии и в меньшей степени — пермские гранитные интрузии. Однако по геофизическим данным в глубинных частях подзоны гранитные породы распространены довольно широко. Именно над не вскрытой эрозией гранитной интрузией по этим данным расположены кварцевые жилы Маймырского месторождения, приуроченные к флишевым отложениям.

Холзунско-Сарымсактинская редкометально-железорудно-свинцово-цинковая зона в геологическом отношении представляет собой ранее живетское палеоподнятие, на территории которого после эйфельского века морское осадконакопление происходило лишь в локальных мульдах в результате ингрессий, связанных с позднеживетским и позднетурнейским веками обширных трансгрессий. Вследствие этого на большей части зоны образования кварц-кератофировой формации оказались свободными, в отличие от подзон Полиметаллической металлогенической зоны, от мощных перекрывающих толщ. Также, в отличие от Полиметаллической зоны, в Холзунско-Сарымсактинской зоне образования кварц-кератофировой формации залегают не на метаморфическом фундаменте, а на нижне-среднедевонских осадочных толщах карбонатно-песчано-сланцевой формации, содержащих местами редкие горизонты вулканитов андезитового состава. Петрохимически кварц-кератофировая формация характеризуется резким преобладанием в породах калия над натрием.

Из интрузивных образований здесь выделяются девонский комплекс гипабиссальных гранитоидов переменного состава, позднедевонский комплекс габбро-диабазов (в окраине зоны), позднепалеозойский комплекс жильных пород, ограниченно проявленный диорит-гранодиоритовый комплекс, широко развитый

комплекс пермских гранитов. По геофизическим данным в глубинных частях зоны гранитные породы развиты еще значительно.

В зоне распространены рудопроявления свинцовые, свинцово-цинковые, железорудные, приуроченные к кварц-кератофировой формации, и редкометальные вольфрам-молибденовые, связанные с пермскими гранитами. Однако полиметаллических месторождений рудноалтайского типа здесь не известно. Комплекс полезных ископаемых сходен с таковым железорудно-редкометального пояса Горного Алтая, характеризуется, однако, пониженным значением железного оруденения при ведущей роли свинцово-цинкового.

Иртышская золоторудно-медная зона по существу не является составной частью полиметаллического пояса Алтая. Рудоносная кварц-кератофировая формация здесь отсутствует, свинцово-цинковое оруденение представлено лишь редкими признаками минерализации и единичными рудопроявлениями, приуроченными к карбонатно-терригенным толщам, синхронным кварц-кератофировой формации Полиметаллической металлогенической зоны. Распространенное в зоне медное оруденение приурочено к образованиям других формаций и другого возраста: к древним кристаллическим сланцам и позднедевонско-раннекаменноугольным осадочным толщам аспидной формации. Это же относится к золотому оруденению.

О характере взаимоотношений медного оруденения с алтайским полиметаллическим оруденением существуют и другие представления, по которым медные месторождения зоны принадлежат к единому алтайскому комплексу полиметаллических месторождений и рассматриваются как глубинные высокотемпературные представители единой гидротермальной рудной колонки [38, 39].

Иртышская зона представляет собой в тектоническом отношении раннее палеоподнятие. Глубинный разлом, отделяющий ее от Восточно-Калбинской зоны устойчивого прогибания, очерчен (трассирован) поясом силловых диабазовых интрузий. Приподнятое положение в Иртышской зоне имеет и докембрийский кристаллический фундамент, который в южно-алтайской части зоны выступает на поверхность в виде Курчум-Калджирского горста, сложенного кристаллическими сланцами амфиболитовой фации. К отмеченным кристаллическим сланцам приурочены медно-пирротиновые (Карчигинской группы) и медно-колчеданные (Когодайской группы) руды и кварцевые жилы (Маралихинской группы).

Геосинклинальные отложения представлены исключительно раннестадийными образованиями карбонат-песчано-сланцевой формации силурийско-раннедевонского и среднедевонского возраста, а на юго-западной окраине зоны и аспидной формации позднедевонско-раннекаменноугольного, в которой находятся

пирротиновые с медью месторождения Вавилонской группы. Пирротиновое оруденение приурочено к участкам переслаивания черных сланцев с горизонтами песчаников и вместе с тем к зонам развития силловых диабазовых интрузий. В течение средней стадии развития тектоно-магматического цикла Иртышская металлогеническая зона представляла собой кордильерное поднятие, область сноса, а не осадконакопления. Лишь в позднюю стадию на ограниченных участках накапливался наземный молассовый комплекс намюрского-среднекаменноугольного возраста. В рассматриваемой шовной структуре многообразно проявился интрузивный магматизм, обусловивший наряду с частыми тектоническими подвижками интенсивный метаморфизм пород. Интрузивные формации здесь представлены визейским габбро-диабазовым, намюрским габбро-диорит-гранодиоритовым, пермским гранодиорит-гранитовым, гранитовым комплексами и малыми интрузиями [45].

Интересующее нас медное оруденение образует в пределах Иртышской зоны три рудных узла: Вавилонско-Пьяноярский медисто-пирротиновый на северо-западе зоны, в отложениях аспидной формации, Когодай-Лотошный медно-колчеданный и Карчигинский медно-пирротиновый на юго-востоке в кристаллических сланцах докембрия. Признаки медного оруденения известны и в промежутках между указанными узлами на протяжении всей зоны. Вмещающие породы и, по-видимому, руды большинства месторождений (Вавилонского, Карчигинского и др.) подверглись термально-контактовому воздействию гранитных интрузий. По особенностям состава руд и геологического строения месторождения Вавилонской группы имеют известное сходство с месторождениями южного склона Главного Кавказского хребта — Филичай, Кзыл-Дере и др., залегающих в юрских песчано-сланцевых толщах.

Связь полиметаллических и медных месторождений с геологическими формациями

По характеру связи с геологическими формациями в Рудном Алтае различаются: а) полиметаллические, колчеданно-полиметаллические, в меньшей степени колчеданные и свинцово-цинковые месторождения, связанные с кварц-кератофировой формацией во всем полиметаллическом поясе; б) единичные небольшие полиметаллические месторождения, связанные с островной андезит-дацитовой формацией в Алейской подзоне; в) небольшие скарновые и жильные медные месторождения, связанные со змеиногорским габбро-диорит-гранодиоритовым интрузивным комплексом в Алейской подзоне; г) единичные небольшие полиметаллические месторождения, связанные с пермским граносиенит-гранитовым комплексом в Лениногорско-Зыряновской подзоне; д) метаморфизованные пирротиновые с

медиум месторождения в породах аспидной формации в Иртышской зоне; е) метаморфизованные медно-пирротиновые месторождения в докембрийских кристаллических сланцах Иртышской зоны.

Из перечисленных типов месторождений рудопроявления, связанные с кварц-кератофировой формацией, представляют для Алтая главный промышленный тип. Их связь с вулканогенной формацией понимается не только как приуроченность оруденения к образованиям названной формации, но и как генетическая. Формирование месторождений происходило длительно, оруденение многих из них под воздействием агрессивных гидротермальных растворов и термального влияния, связанного с позднейшими интрузивными комплексами, подвергалось регенерации с некоторым изменением состава руд. Наиболее интенсивные регенерационные процессы происходили под воздействием интрузий гранитов пермского возраста, позднепалеозойских малых интрузий, ранне-среднекаменноугольных и девонских гранитов. Первичное девонское оруденение по своему характеру было тоже неоднородно. Среди девонских рудопроявлений намечаются по крайней мере гидротермально-метасоматические, связанные с фацией субвулканических интрузий, гидротермально (вулканогенно)-осадочные, рассеянная минерализация гидротермального и гидротермально-осадочного происхождения в породах различных фаций кварц-кератофировой формации. Все изложенное относится и к месторождениям, приуроченным к образованиям островной андезит-дацитовой формации. Все месторождения, связанные со змеиногорским интрузивным комплексом, приурочены преимущественно к образованиям кварц-кератофировой и андезит-дацитовой формаций. В отношении пирротиновых и медно-пирротиновых месторождений с большей или меньшей определенностью можно высказаться лишь о связи метаморфизма их первичноколчеданных руд со змеиногорским или калбинским интрузивным комплексом.

ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Общая характеристика полиметаллических, колчеданно-полиметаллических, колчеданных и свинцово-цинковых месторождений, приуроченных к образованиям кварц-кератофировой формации

Полиметаллические, колчеданно-полиметаллические и свинцово-цинковые месторождения Рудного Алтая по своему происхождению полигенны и полихронны, поэтому они значительно различаются между собой в последовательности процессов формирования, этапов и стадий рудообразования. Вместе с тем им свойствен ряд общих черт, к главным из них относятся повсеместная приуроченность месторождений к геосинклинальным, подводным, вулканогенным и вулканогенно-осадочным образованиям кислого состава девонского возраста, сходный качественно-минералогический состав руд, похожий в большинстве случаев характер гидротермальных изменений боковых пород, относительная близость морфологии рудных залежей важнейших рудных месторождений, разнообразие которых может быть сведено к двум главным типам. Один из них представлен согласными в общих чертах пластообразными и линзовидными залежами, а второй — лентовидными и линзообразными залежами в зонах интенсивного рассланцевания, тогда как секущие жильные месторождения редки и характеризуются незначительным масштабом оруденения. Типичным примером последних является месторождение «Чудак». Однако в нижних горизонтах многих «согласных» месторождений обнаружены секущие рудные тела, соединяющиеся с согласными (Сокольное, Золотушинское, Гусляковское).

По ряду признаков, в первую очередь по количественно-минералогическому и по металлическому составу руд, месторождения Рудного Алтая разделяются на две неравные по своему значению группы: свинцово-цинковые и полиметаллические [76]. Первая из них представлена лишь небольшими месторождениями иrudопроявлениями, размещенными преимущественно в Холзунско-Сарымсактинской структурно-формационной подзоне Южно-Алтайской зоны и очень редко в остальных подзонах

Рудного Алтая. Поэтому свинцово-цинковые месторождения были выделены в так называемый южно-алтайский свинцово-цинковый рудный комплекс [75], имеющий известное сходство с подобными рудопроявлениями Горного Алтая. Вторая группа представлена типичными алтайскими полиметаллическими и колчеданно-полиметаллическими месторождениями с комплексными медно-свинцово-цинковыми рудами с золотом и серебром, распространенными в остальной, большей, части Рудного Алтая. Эта вторая группа, выделенная в рудноалтайский комплекс полиметаллических и колчеданно-полиметаллических месторождений, включает все промышленно важные месторождения.

Рудноалтайский комплекс полиметаллических и колчеданно-полиметаллических месторождений

По составу основных полезных компонентов — свинца, цинка, меди, серы, барита, кадмия и других сопутствующих элементов,— а также главных сульфидных и нерудных минералов — сфалерита, галенита, халькопирита, пирита, блеклых руд, кварца, карбонатов, хлоритов, серицита — большинство месторождений рудного комплекса сходны. Но они различаются по количественному соотношению полезных компонентов и главных минералов. Кроме того, в рудах небольшого числа месторождений содержатся отдельные минералы или группы минералов, отсутствующие в рудах большинства других месторождений или присущие в них в малых количествах. К числу таких минералов принадлежат пирротин, марматит, кубанит, магнетит, виттихенит, валлеринит, флогопит, тремолит, пироксены, шпинель (ганит), гранаты, эпидот, тальк, альбит, микроклин, магнезиально-железистый хлорит, антофиллит, серпентин (bastит), цельзиан, гиалофан. Они представлены в месторождениях, расположенных в непосредственной близости от гранитоидных и гранитных массивов девонского, змеиногорского (среднекарбонового) и пермского возраста. Влияние гранитоидных интрузий змеиногорского комплекса на минеральный состав руд месторождений, расположенных в их экзоконтакте, выражено в широком развитии пирротина и некоторого количества «экзотических» нерудных минералов — антофиллита, актинолита и эпидота. Указанные минералы отмечались в Новоберезовском [38], Оленышевском и других месторождениях. Более сильное влияние на формирование в рудах специфических минеральных ассоциаций оказали кислые существенно калиевые граниты. Оно выразилось в обильном образовании в месторождениях, расположенных в контактовом ореоле гранитных массивов, кроме таких экзотических рудных минералов, как марматит, срастание кубанита с халькопиритом, валлеринит, магнетит, пирротин, еще разнообразных нерудных минералов — флогопита, пироксенов, шпинели, амфиболов, гранатов, железистого хлорита, турмали-

на, мусковита, микроклина и ряда других, свидетельствующих о формировании их не только под термальным воздействием интрузий, но и под воздействием метасоматических процессов позднемагматической стадии. Все это характерно для Таловского, Рулихинского, Тушканихинского, Майского, Талово-Тургусунского, Александровского, Тигинского, частично Зыряновского и ряда других месторождений.

Нахождение сульфидов свинца, цинка, меди на некоторых участках перечисленных месторождений в срастании с высокотемпературными нерудными минералами дает основание предполагать наложение высокотемпературных метасоматических процессов и термально-контактового метаморфизма в этих месторождениях на имеющиеся руды, а не наоборот, как до сих пор считало большинство исследователей.

Другую относительно небольшую группу составляют месторождения, в позднеэтапных рудах которых в большом количестве присутствуют мельниковит—пирит, марказит, вюрцит, гипс, резко отличающие их от кристаллических зернистых руд раннего этапа. К этим месторождениям принадлежат Николаевское, Новозолотушинское, Золотушинское, Орловское.

Обычными, но редко встречающимися минералами руд большинства месторождений являются электрум, самородное золото, арсенопирит, энаргит, коллерит, стефанит, глаукодот, алтант, гессит, аргентит и др.

В настоящее время ряд исследователей относит месторождения Рудного Алтая, ссылаясь на их генетическую связь с геосинклинальным вулканализмом, к колчеданно-полиметаллическому типу, чему противоречит относительно малое содержание в рудах многих месторождений минералов колчеданной группы. По соотношению главных полезных компонентов — свинца, цинка, меди, золота, серебра — и главных минералов месторождения Рудного Алтая разделяются на две группы: полиметаллическую и колчеданно-полиметаллическую. Для первой характерно преобладание в рудах свинца над медью и относительно малое содержание сульфидов железа, обычно не более 5—10%, при отношении $Pb : Zn : Cu = 1 : (1,5 \div 2) : (0,2 \div 0,3)$. Для второй группы свойственно более высокое содержание меди, а серного колчедана до 20—50% и более, при отношении $Pb : Zn : Cu = 1 : (4 \div 6,5) : (1 \div 4,3)$. Цинка в обеих группах больше, чем свинца и меди.

Полиметаллические месторождения расположены преимущественно в Змеиногорско-Зыряновской металлогенической подзоне, а колчеданно-полиметаллические — в Алейской, Прииртышской и Белоубинско-Маймырской подзонах. В свою очередь среди полиметаллических месторождений выделяются собственно полиметаллические с относительно высоким содержанием свинца: Зыряновское, Путинцевское, Лениногорское, Сокольное, Среднее, Степное, скарновое — Парыгинское; полиметаллические

с высоким содержанием цинка и повышенным содержанием пирита: Тишинское, Корбалихинское, Греховское и др.; барит-полиметаллические с высоким содержанием свинца, барита: Зареченское, Змеиногорское; свинцово-цинковые с очень малым содержанием меди и пирита: Богатыревское, Осочихинское, Успенское.

Среди колчеданно-полиметаллических месторождений различаются: а) собственно-колчеданно-полиметаллические (Золотушинское, Орловское, Новозолотушинское, Иртышское, Белоусовское, Стрежанское, Шубинское, Старковское); б) колчеданно-полиметаллические с очень высоким содержанием сульфидов железа, меди и цинка (Николаевское, Снегирихинское, Новоберезовское); в) колчеданно-полиметаллические с относительно высоким содержанием свинца (Березовское, Глубочанские залежи Белоусовского месторождения); г) существенно серноколчеданные и медно-колчеданные (Сугатовское, Камышинское, «Чудак», Рулевское).

Месторождения с наложенной высокотемпературной минерализацией встречаются как среди полиметаллических, так и колчеданно-полиметаллических. Во всех месторождениях руды представлены сплошными и вкрапленно-прожилковыми разностями. Однако в одних, таких как Иртышское, Новоберезовское, Березовское, Белоусовское, Степное, Таловское, Корбалихинское, Орловское, Тишинское, Лениногорское, Зыряновское, сплошные руды составляют значительную часть или даже главную массу запасов металлов. В других, например Сокольном, Зареченском, они представляют относительно небольшую часть запасов, а в третьих (большинство месторождений Змеиногорского района, в Майском, Успенском, Богатыревском и других месторождениях) руды преимущественно прожилково-вкрапленные.

Однородные по составу тонко-среднезернистые сплошные руды свойственны большинству месторождений Зыряновской группы, Лениногорского, Степного, Иртышского, отчасти Тишинского, Новоберезовского и ряда других месторождений. Своеобразным смешанным минеральным составом характеризуются массивные руды месторождений в зонах интенсивного повторного рассланцевания, таких как Иртышское, Зыряновское, Белоусовское, Греховское, Тишинское. В них в срастаниях находятся минералы самых различных стадий и зон, в том числе барит, альбит, пирит и др. Во многих месторождениях кроме массивных широко распространены пятнистые, брекчевые, полосчатые и другие текстуры сплошных руд.

Изучению структурно-текстурных особенностей руд в настоящее время уделяется особое внимание, ибо оказалось, что это дает важную дополнительную информацию об условиях формирования руд, динамике рудообразования и их генезисе. Выше перечисленные текстуры в этом аспекте представляются особен-

но интересными. Полосчатые текстуры широко развиты в сплошных рудах Березовского, Белоусовского, Тишинского, Стрежанского месторождений, Второй Риддерской залежи, отчасти в Путинцевском, Греховском и других месторождениях. Полосчатость в рудах, так же как брекчевые и пятнистые текстуры, обусловлена различными причинами и в каждом конкретном случае выражена по-особому. Во Второй Риддерской залежи и Стрежанском месторождении полосчатость проявляется чередо-

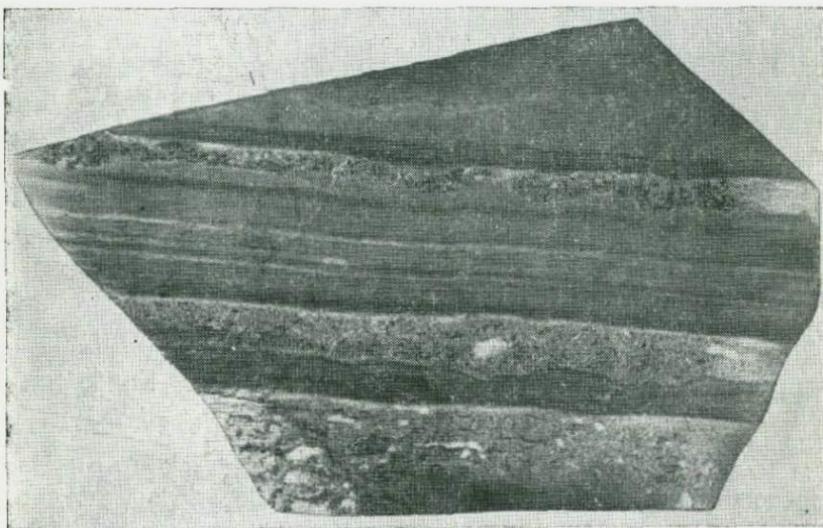


Рис. 9. Слоисто-полосчатая руда Второй Риддерской залежи. Образец. 2/3 нат. вел.

ванием прослоев рудных и углисто-глинистых сланцев (рис. 9) или существенно пиритных и полиметаллических рудных. Отсутствие гидротермальных изменений в прослоях осадочных пород, характер рисунка ритмичной полосчатости (см. рис. 9), проявление в рудах оползневой складчатости, низкотемпературные условия образования руд, приуроченность руд к палеовулканическим депрессиям, а также ряд других факторов дают основание относить слоистые руды вышеназванных месторождений к числу вулканогенно-осадочных. Простая параллельная полосчатость руд, обусловленная ритмичным чередованием руд разного минерального состава, а также осадочными породами [54] распространена и в рудах Березовского месторождения. Но кроме такой полосчатости в рудах Березовского и Белоусовского месторождений наблюдается своеобразная сложная плойчато-полосчатая текстура, которая, по-видимому, возникла вследствие пластического течения незатвердевшего рудного вещества [48], а не в результате регионального метаморфизма,

как полагали некоторые исследователи. Об этом, в частности, свидетельствует нахождение руд плойчато-полосчатой текстуры внутри массивных сплошных руд (рис. 10).

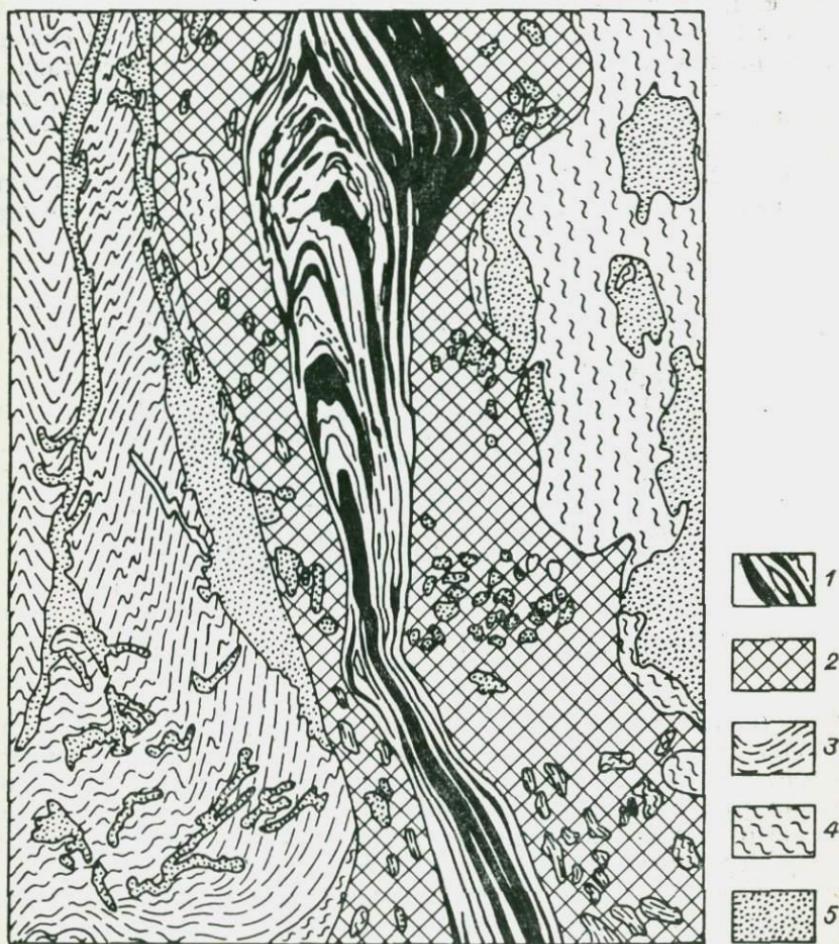


Рис. 10. Плойчатая сульфидная руда внутри массивных руд Белоусовского месторождения (зарисовка В. П. Наумова).

1 — плойчатая руда; 2 — массивная руда; 3 — углисто-глинистый сланец; 4 — кварц-серicitовый сланец; 5 — кварц.

Третий тип полосчатости руд обусловлен унаследованием ими сланцеватости измененных вмещающих пород и раннеэтапных руд, а также последовательным отложением по сланцеватости руд разного минерального состава (рис. 11). Они характеризуются наличием ориентированно расположенных включений

хлоритовых и серицитовых пород, наличием в полиметаллических рудах существенно пирит-халькопиритовых полос и линз и другими особенностями. Подобные текстуры наиболее характерны для месторождений: Греховского, Снегиревского, Лазурского, Путинцевского, частично Тишинского и др. Из брекчийных текстур наиболее интересны текстуры с обломками сплошных раннеэтапных руд в рудном цементе другого состава и структуры. Подобные текстуры широко распространены в рудах Корбалихинского, Орловского, Золотушинского, Новозолотушинского, Николаевского и ряда других месторождений.

Результаты изучения брекчийных структур руд опровергают широко распространенные представления об универсальной для

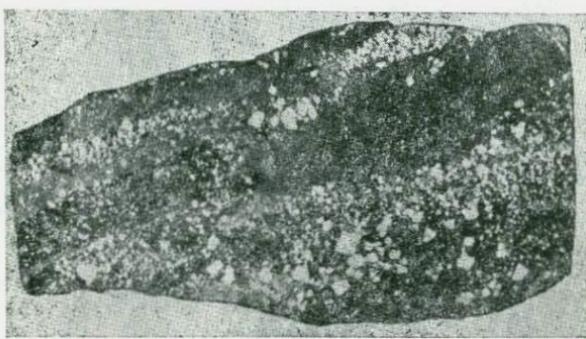


Рис. 11. Унаследованная полосчатость по сланцеватости.
Образец. Нат. вел.

всех месторождений Алтая стадийности рудообразования, начинавшейся всегда со стадии серноколчеданных руд. В существующих сводных схемах последовательности стадий формирования руд алтайских месторождений, выработанных на материале отдельных «реперных» месторождений (Николаевского [37], Березовского [2], Зыряновского [18, 72]), были намечены две основные линии последовательной смены главных стадий рудообразования: серноколчеданная, медная, цинковая, полиметаллическая; серноколчеданная, ранняя полиметаллическая, поздняя полиметаллическая.

При изучении последовательности образования руд алтайских месторождений за основу обычно бралась одна из приведенных схем стадийности. Такое восприятие стадийности базировалось на характере взаиморасположения минералов, наблюдавшихся при минерографических исследованиях, зачастую проводившихся в значительной степени в отрыве от геологических. При этом недостаточно учитывалось и то обстоятельство, что степень идиоморфности минералов обусловлена не только возрастной последовательностью выделения минералов, но и их

кристалло- и геохимическими свойствами, разницей в энергии кристаллизации, что особенно важно при многократном выделении минералов из раствора. Кроме того, последовательность минералов одной стадии, например пирит—халькопирит—сфалерит—галенит, нередко воспринималась как последовательность стадий рудообразования.

Несоответствие универсальных схем конкретной последовательности стадий на отдельных месторождениях четко устанавливается при изучении брекчевых руд. В Корбалихинском и Орловском месторождениях обломки мелкозернистых существенно сфалеритовых полиметаллических руд (см. рис. 8) и изредка медно-колчеданных руд заключены в сплошном серноколчеданном цементе, образовавшемся несомненно позже обломков. На Золотушинском месторождении обломки и валуны мелкозернистых сплошных полиметаллических руд находятся в цементе из хлоритолита и пирит-халькопиритовых руд. На Николаевском месторождении обломки кристаллических серноколчеданных, медно-колчеданных, сфалеритовых руд находятся в сплошной полиминеральной руде метаколлоидной структуры.

Приведенные примеры свидетельствуют дополнительно о многоэтапном формировании (полихронности) руд, по крайней мере некоторых месторождений Алтая. Характер зонального размещения разнотипных руд дает основание предполагать, что многоэтапность оруденения, приведшая к образованию брекчевых текстур, частично могла быть обусловлена фракционным или общим переотложением руд под влиянием разновозрастных метасоматических процессов, а частично многоэтапным образованием самих девонских руд.

Часть пятнистых текстур является также реликтом брекчевых, видоизмененных интенсивными наложенными метасоматическими процессами. Текстуры вкрапленно-прожилковых руд — вкрапленные, вкрапленно-прожилковые, гнездово-вкрапленные, штокверковые и другие — целиком определяются составом, структурой, физико-механическими свойствами вмещающих пород. В интенсивно рассланцованных породах рудные прожилки подчеркивают реликтовые сланцеватые текстуры. В тех породах, в которых тектонические напряжения разрешались не возникновением сланцеватости, а образованием сети пересекающихся трещин и дроблением, как, например, в микрокварцитах и кремнистых породах, отложились прожилково-вкрапленные и прожилково-гнездовые руды штокверкового типа.

Вкрапленные руды обычно окаймляют тела сплошных руд, чаще всего со стороны лежачего бока, при этом граница между первыми и вторыми часто нерезкая. Постепенные переходы от сплошных к вкрапленным рудам особенно характерны для серноколчеданных руд. Вместе с тем часть сплошных тонкозернистых полиметаллических руд некоторых месторождений характеризуется резкими границами (рис. 12, 13, 14), имея с вме-

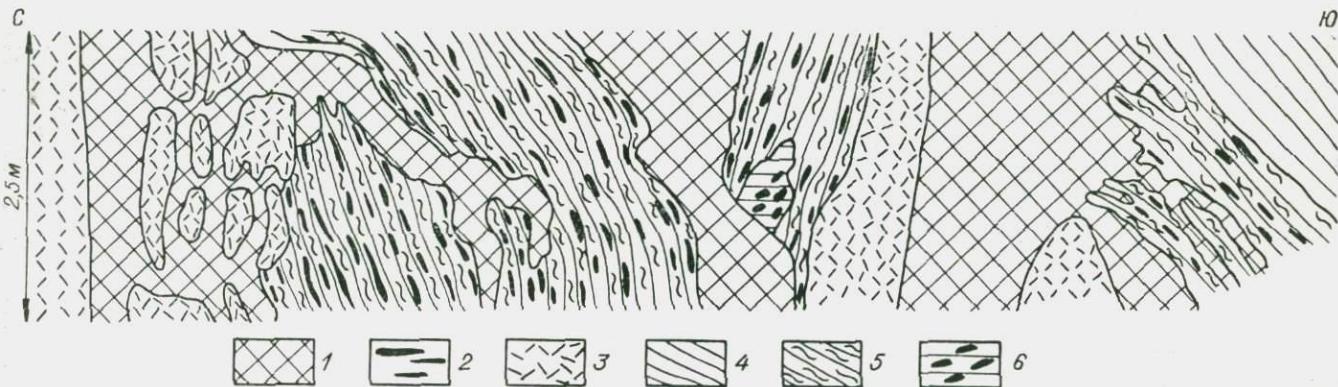


Рис. 12. Глыбы рассланцованных оруденелых пород и микрокварцитов в сплошной полиметаллической руде. Контакты сплошных руд резкие, нередко секущие. Зыряновское месторождение, 2-й горизонт.

1 — сплошные мелкозернистые сульфидные руды; 2 — богатые прожилковые и вкрапленные руды по сланцеватости; 3 — микрокварциты; 4 — измененные алевролиты; 5 — сланцы хлоритизированные и окварцованные; 6 — кварц с гнездами крупнокристаллических руд.

щающими породами «припаянные» и интрузивные контакты. Руды содержат нередко большое количество «плавающих» обломков вмещающих пород размером от микроскопических до

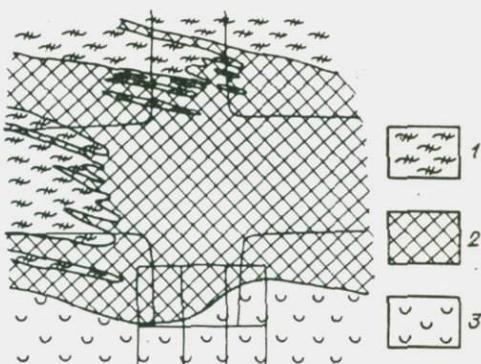


Рис. 13. Резкий контакт массивных руд Зыряновского месторождения с ороговикованными алевролитами маслянской свиты (план). Рудные апофизы в надрудной толще алевролитов (22 горизонт).

1 — измененные алевролиты; 2 — сплошная сульфидная руда; 3 — хлоритовая порода.

глыб в несколько метров в поперечнике. В рудах Иртышского и Белоусовского месторождений, расположенных в региональной зоне смятия, обломки в рудах часто представлены сплоен-

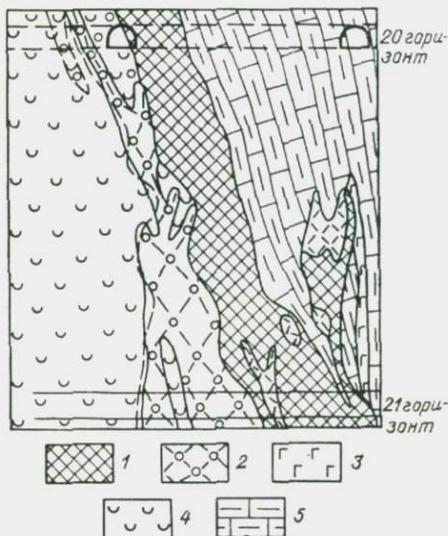


Рис. 14. Разрез центральной линзы Зыряновского месторождения.

1 — массивные руды; 2 — микрокварциты с рудной вкрапленностью; 3 — порfirит жильный; 4 — хлоритовые породы; 5 — известковистые алевролиты.

ными сланцами (рис. 15). В Зыряновском же месторождении, приуроченном к локальной зоне интенсивного рассланцевания, в сплошных рудах верхних горизонтов автором наблюдалась крупные глыбы оруденелых пород с полосчатыми вкрапленно- прожилковыми рудами (см. рис. 12). Судя по элементам слан-

цеватости и полосчатости вкрапленно-прожилковых руд, ориентированных в разных глыбах в разных направлениях, можно предполагать, что они были повернуты при движении вязкого, возможно переотлагавшегося концентрированного рудного вещества. Этот факт можно истолковывать как указание на более



Рис. 15. Включения сплоенных сланцев в массивной руде. Иртышское и Белоусовское месторождения. Шлиф. Ув. 90.

позднее формирование сплошных руд рассматриваемого типа по сравнению с окружающими их вкрапленно-прожилковыми рудами. Факты, указывающие на образование некоторых сплошных руд позже вкрапленно-прожилковых, отмечаются и в Белоусовском месторождении, где, по сообщению М. М. Дробышевского, сплошные плойчато-полосчатые руды залежи № 5 сектут полосчатость вкрапленно-прожилковых.

П. Ф. Иванкин [37] отмечает более позднее образование сплошных массивных руд по сравнению с полосчатыми в Березовском месторождении. Тонкозернистые сплошные руды Иртышского месторождения, имеющие с вмещающими породами

резко секущие контакты [15], характеризуются, как и руды Белоусовского месторождения, большим участием в составе многокомпонентного агрегата сростков минералов также и таких минералов, как барит и альбит. Последний из них распространен и в рудах Зыряновского и Тишинского месторождений, а также Степного. В Зыряновском месторождении резкие контакты сплошных руд с вмещающими породами отмечаются в висячих боках крупнейших рудных тел, на стыке руд с контактово-ороговикованными алевролитами маслянской свиты, причем последние на стыке с рудами испытали лишь очень слабое гидротермальное воздействие, хотя в рудной зоне месторождения в целом породы в широкой полосе подверглись интенсивной гидротермальной переработке.

В Новоберезовском месторождении резкие интрузивные контакты характерны для очень тонкозернистых массивных руд пирротинового ряда, с обилием мелких обломков вмещающих пород и наличием порфировидных выделений раннего пирита [38]. Эти руды, несомненно, испытали в прошлом перекристаллизацию. Руды пиритного ряда относительно более крупнозернисты и дают переходы к вкрапленным типам руд.

В целом такие особенности сплошных руд рассматриваемого типа, как агрегатное состояние в виде равномерной многокомпонентной смеси тонких сростков различных рудных и нерудных минералов (в том числе альбита и барита), резкие, «припаянные» контакты с вмещающими породами, часто интрузивные взаимоотношения с ними и вкрапленными рудами, наличие в них крупных «плавающих» обломков вмещающих пород, признаки перекристаллизованности руд, дают основание полагать, что подобные руды образовались из весьма густых растворов, возможно возникших в результате частичного растворения, концентрации и переотложения с незначительным переносом более бедных многостадийных руд. Вообще говоря, процесс трансформации руд мог быть многообразным и привести к формированию руд различного структурно-текстурного рисунка и разной концентрации.

Контуры вкрапленно-прожилковых руд нечеткие, обычно проводятся в минерализованных участках условно, на основании данных опробования и в соответствии с требованиями к промышленным рудам, и с изменением кондиций контуры рудных тел могут изменяться. Запасы металлов в рудных телах некоторых крупных рудных полей, например Лениногорского, составляют лишь незначительную часть общего количества металлов, заключенных в ореоле минерализации. В некоторых рудных полях, например в Греховском, Снегиревском, серия кулисно расположенных секущих рудных тел, приуроченных к повторным зонам интенсивного рассланцевания, образует вместе с разделяющими их участками рассеянной рудной минерализации субсогласные минерализованные залежи, локализованные в определенных го-

ризонтах (рис. 16, см. вкладку), тогда как сами рудные тела, согласные с зонами интенсивного рассланцевания, по отношению к слоистости толщ занимают резко секущее положение. При этом, несмотря на наличие секущих зон интенсивного рассланцевания, оруденение не распространяется в другие, а в особенности в перекрывающие, горизонты.

Весьма характерной особенностью полиметаллических месторождений является широкое развитие в боковых породах гидротермальных изменений, однако степень интенсивности последних в разных месторождениях далеко не одинакова. Так, весьма умеренно гидротермальные изменения боковых пород проявлены в большинстве месторождений Змеиногорского района. Несколько преувеличено, из-за широкого распространения микрокварцитов, представление об очень широком проявлении гидротермальных изменений в породах известного Лениногорского рудного поля. Большая часть широко развитых там микрокварцитов, так же как и в Змеиногорском рудном поле, образовалась не метасоматически, а путем перекристаллизации силицилитов и существенно кремнистых пород, изначально богатых кремнеземом. Очень интенсивно гидротермальные изменения развиты в месторождениях Зыряновском, Березовско-Белоусовского района, а также в Тишинском и др., где руды приурочены к зонам повторного интенсивного рассланцевания и где породы подверглись многократным метасоматическим воздействиям. Интенсивные гидротермальные изменения локально проявлены и в месторождениях Золотушинском, Орловском, Корбалихинском, в верхних горизонтах Лениногорского, Сокольного и др., где они вместе с богатыми рудами приурочены к зонам межпластового срыва и дробления. Ореолы же слабых гидротермальных изменений выходят за пределы зон указанных нарушений. Гидротермальные изменения пород развиты больше в лежачем боку рудных тел, чем в висячем. Так, мощность гидротермально измененных пород висячего бока обычно в несколько раз меньше, чем в лежачем, а иногда нисходит до нуля.

Наиболее и повсеместно распространенными минералами гидротермально измененных пород месторождений являются кварц, магнезиальные хлориты, серициты, в меньшем количестве — рассеянный пирит, карбонаты. Гидротермально измененные породы состоят обычно из перечисленных минералов в различном количественном сочетании. Причем независимо от состава руд по кислым вулканогенным породам предпочтительно развиваются серициты и кварц, по терригенным и известковисто-терригенным породам — хлорит и кварц, по существенно кремнистым породам — микрокварциты. Отмеченная тенденция не является строгой закономерностью. В некоторых месторождениях, обычно расположенных в пределах термального воздействия гранитных массивов, главным образом кислых калиевых, в числе метасоматических новообразований отмечаются и

другие минеральные ассоциации. Так, в месторождениях Березовогорском, Березовском, Корбалихинском, Таловском, Зыряновском, Путинцевском, Греховском I в значительном количестве присутствуют тальк в ассоциации с карбонатами; в Зыряновском, Александровском, Богатыревском, Осочихинском, Березовогорском, Семеновском — калиевые полевые шпаты (микроклин) с кварцем и флогопитом и альбит.

В некоторых месторождениях, вблизи которых находятся массивы умеренно кислых гранитоидов (Новоберезовском, Малеевском, Орловском, Золотушинском), отмечается развитие еще минералов эпидотовой и актинолитовой группы. В небольшом числе месторождений, расположенных в непосредственном экзоконтакте гранитных массивов, например в Таловском в Алейской подзоне, Талово-Тургусунском в Холзунско-Сарымсактинской зоне, в Денисовском рудопроявлении в Иртышской зоне, значительная часть сульфидных образований находится в тесной ассоциации с такими высокотемпературными минералами, как ромбические и моноклинные пироксены, роговые обманки, гранаты, цинковая шпинель (ганит), биотит, флогопит, магнетит, указывающие, по-видимому, на наложение метасоматических процессов на сульфидные руды в условиях термального воздействия гранитных интрузий. Только в единичных случаях гидротермальные изменения, сопровождающие оруденение, наложены на скарновую (Шемонаихинское), скарновую и грейзеновую минерализацию (Парыгинское).

Южно-алтайский комплекс свинцовых и свинцово-цинковых месторождений и рудопроявлений

Месторождения и рудопроявления Южно-Алтайского комплекса характеризуются преимущественно свинцовым и свинцово-цинковым составом оруденения, приуроченностью рудной минерализации к самым различным фациям и литологическим разновидностям пород кварц-кератофировой формации, ограниченным проявлением, большей частью, гидротермальных изменений боковых пород, низкотемпературными условиями образования. Комплекс представлен месторождениями небольшого масштаба, но характеризуется наличием крупных ореолов рассеянной сульфидной минерализации, к которым обычно приурочены и месторождения. Все они залегают в образованиях натрий-калиевой серии.

По составу вмещающих пород и особенностям минерализации месторождения и рудопроявления комплекса подразделяются на четыре группы.

1. В доломитовых известняках. Они характеризуются прожилково-вкрапленным низкотемпературным оруденением, сопровождающимся кальцитизацией, без заметного проявления других признаков гидротермального метаморфизма. Орудене-

ние тяготеет к зонам крупных разломов. Вкрапленно-прожилковые руды приурочены к зонам дробления пород (Ушкунгыйское, Саралка-Булакское, Пневское и другие рудопроявления).

2. В горизонтах туфоконгломератов и песчаников, накапливавшихся у подножий вулканогенных гряд, устанавливаемых палеовулканическими реконструкциями. Во вмещающих породах рудопроявлений этой группы более заметно проявлен гидротермальный метаморфизм, выраженный серицитизацией и окварцеванием. Прожилково-вкрапленное и гнездовое оруденение приурочено к цементу пород и представлено главным образом галенитом.

3. В лавах и субвулканических интрузиях липаритового состава. Характерна рассеянная вкрапленность галенита, реже сфалерита и барита.

4. В известковистых алевролитах и песчаниках. По морфологическим особенностям рудных тел среди них различаются кварц-жильные и штокверковые в песчаниках, с линзовидными телами сплошных и вкрапленных руд в известковистых алевролитах. В участках проявления высокотемпературного контактового метасоматоза, связанного с интрузией пермских гранитов, сульфидные минералы месторождений находятся в тесной ассоциации с такими высокотемпературными минералами, как биотит, гранат и др.

Полиметаллические месторождения, приуроченные к образованиям островной андезит-дацитовой формации

В образованиях островной андезит-дацитовой формации находится лишь одно жильное месторождение — Заводинское, но в них известно значительное количество ореолов сульфидной минерализации (Среднегорное, Орманское и другие рудопроявления). Все они приурочены к участкам развития вторичных кварцитов, фиксируемых преимущественно в толщах кислых вулканитов. На участке Заводинского месторождения в составе последних большое участие принимают калий-натриевые липариты — породы, встречающиеся в образованиях островной андезит-дацитовой формации относительно редко. Секущие рудные тела месторождения располагаются в зоне пропилитовых и кварц-серicitовых изменений, развитых ниже зоны монокварцитов.

Колчеданно-полиметаллические месторождения Прииртышской металлогенической подзоны

В Прииртышской подзоне важнейшим рудным районом является Березовско-Белоусовский. Остальные рудные районы характеризуются наличием лишь небольших месторождений и ру-

допроявлений. К этим районам относятся (см. рис. 5) Сажаевско-Долинский, Нарымско-Джалтырский и Теректинско-Александровский. В последнем районе Иртышская зона смятия сопрягается с Березовско-Маркакульской. Вследствие этого в непосредственном соседстве с узкой колчеданно-полиметаллической рудной зоной располагаются с северо-востока железорудные и свинцовые рудопроявления Южно-Алтайской зоны, а с юго-запада — рудопроявления Иртышской зоны.

Березовско-Белоусовский рудный район представляет собой тектонический блок, сложенный интенсивно рассланцованными динамометаморфизованными породами, принадлежащими в основном к кварц-кератофировой формации. Тектонический блок отделен системой долгоживущих разломов от нерассланцованных пологоскладчатых толщ Алейской подзоны на северо-востоке и от кристаллических сланцев — на юго-западе. В северо-восточной части района кварц-кератофировая формация согласно перекрыта осадочно-вулканогенными образованиями этренско-фаменской островной андезит-дацитовой формации. В юго-западной части района кварц-кератофировая формация резко несогласно перекрыта зеленосланцевой «белоусовской» свитой, надвинутой со стороны Иртышской зоны и подвергшейся вместе с отложениями рудоносной формации поздним деформациям. Под воздействием интенсивных тектонических движений девонские синвулканические структуры испытали сильные деформации, вследствие чего судить о их характере теперь весьма затруднительно. Однако о фациальной характеристике образований рудовмещающей формации представление можно получить по их литологическому составу.

Ранняя серия кварц-кератофировой формации в рассматриваемом районе имеет позднеэйфельско-живетский возраст. В участках размещения рудных тел Березовского и глубочанского горизонта Белоусовского месторождения ранняя серия представлена фациями пород, удаленными от центров вулканических извержений. Они состоят главным образом из углисто-глинистых и глинистых сланцев, содержащих прослон кремнистых сланцев, песчаников, туфов кислых эфузивов и линзы известняков. По имеющимся химическим анализам [15] перечисленным породам свойственно повышенное содержание извести и магния, а составу щелочей — превышение калия над натрием.

Другая группа месторождений района, включающая Иртышское, Новоберезовское, Карьерное, Прогнозное, собственно белоусовские залежи Белоусовского, залегает в породах второй серии кварц-кератофировой формации, имеющих живетско-франский возраст. В литологическом составе серии наряду с углисто-глинистыми сланцами большое участие принимают кремнистые туффиты, туффиты, туфы и туфоловы кварцевых альбитофиров, накапливавшиеся, очевидно, на склонах вулканических сооружений. Они характеризуются повышенной ролью

натрия в составе щелочей и относительно повышенным содержанием извести и магния.

В районе в целом четко фиксируется приуроченность рудных тел месторождений к повторным зонам повышенного рассланцевания и гидротермальных изменений, причем чаще к их висячemu боку. Среди зон повышенного рассланцевания, в которых располагаются рудные тела месторождений, различаются несколько типов. Во-первых, это сквозные зоны центрального пояса разломов [15], к которому приурочены Иртышское, Новоберезовское, Карьерное и другие месторождения. По отношению напластования они занимают секущее положение. В вертикальной колонке гидротермально-метасоматической зональности [15] наиболее четко проявлена зона кислотного выщелачивания, выраженная развитием пирит-серицит-кварцевых и пирит-кварц-серицитовых метасоматитов. Мощность зоны повышенного рассланцевания 120—200 м. Именно в подобных зонах размещена главная масса руд, представленных сплошными тонко-зернистыми рудами смешанного состава с резкими припаянными контактами. Руды образуют ряд залежей и мелких рудных тел.

Несколько иным типом характеризуются продольные зоны повышенного рассланцевания Березовского месторождения, проходящие в существенно осадочных толщах, секущих лишь под небольшим углом напластование пород по падению. В колонке гидротермально-метасоматической зональности месторождения хорошо проявлена зона отложения, представленная метасоматическими жилами хлоритовых (часто мономинеральных) и карбонатно-хлоритовых пород, аналогичных Зыряновским [71]. Глубже отмечается смена зоны отложения зоной кислотного выщелачивания и образования серицит-кварцевых метасоматитов. В околоврудных метасоматитах Березовского месторождения наблюдается еще одна черта, общая с Зыряновским месторождением, а именно: наложение на хлоритовые породы процесса калиевого метасоматоза, непосредственно предшествовавшего образованию или переотложению руд позднего этапа.

В Березовском месторождении главная масса руд приурочена, в отличие от Иртышского месторождения, к зоне отложения метасоматической колонки. Рудные залежи располагаются в двух крутоопадающих зонах повышенного рассланцевания. Наиболее крупная лентовидная залежь месторождения — Основная, располагающаяся в северо-восточной зоне, имеет крутое северо-восточное падение (60—90°) и четкое северо-западное склонение под углом 30—35°. Ширина рудной ленты 200—250 м, при мощности от 1—2 м до 40—50 м. Рудная залежь имеет в целом микролинзовый характер и состоит из ряда самостоятельных рудных линз, разделенных пачками слабооруденелых сланцев. В целом руды залегают согласно со сланцеватостью, но в деталях их контакт часто бывает резко секущим.

Жильные породы, приуроченные в большом количестве к зонам повышенного рассланцевания, подвержены гидротермальным изменениям в разной степени, но всегда слабее, чем породы вмещающих толщ [15], что еще раз подчеркивает их длительное и унаследованное развитие. Возрастные взаимоотношения руд и процессов гидротермального изменения вмещающих пород не всегда могут быть решены однозначно. В ряде случаев, например при образовании тонкозернистых многокомпонентных руд, оруденению подверглись рассланцованные и раздробленные метасоматиты. Подобные сплошные руды часто содержат многочисленные обломки рассланцовых пород, в том числе хлоритолитов. Однако наблюдавшиеся метасоматиты могли или являться следствием предрудных гидротермальных изменений, или предшествовать процессам переотложения руд. Наличие в Березовском месторождении слоисто-полосчатых руд, сходных во многих отношениях с слоистыми сингенетическими рудами некоторых других месторождений [35, 55], делает второй вариант допустимым. Факт наложения в Новоберезовском месторождении процессов низкотемпературного гидротермального метаморфизма на продукты высокотемпературного контактowego метасоматоза, связанного с интрузией змеиногорских гранитоидов, сопутствующего перекристаллизацией пиритовых руд в пирротиновые [38], подкрепляет сделанное предположение еще в большей степени. К тому же в породах Березовского месторождения, как и в породах Зыряновского, установлено проявление двух этапов предрудного гидротермального метаморфизма [2].

Третий тип рудовмещающей структуры, отличный от двух рассмотренных, представлен в Белоусовском месторождении. Последнее находится в пределах Белоусовского пологоскладчатого блока, вдоль сопряжения его с центральным поясом разломов. Участок месторождения представляет собой линейную антиклинальную складку, состоящую из двух частей: моноклинально залегающего ядра, сложенного вулканогенными породами глубочанской подсвиты (образования второй серии рудносной формации), подстилаемыми осадочными породами шипулинской свиты (образования нижней серии), и из облекающих ядро пластичных известково-хлоритовых сланцев белоусовской свиты, надвинутых на породы ядра и смятых вместе с ними в складку. Контакт белоусовской свиты с глубочанской подсвитой (плоскость надвига) осложнен послойными нарушениями, сопровождающимися зонами повышенного рассланцевания. Последние развиты и в контакте пород шипулинской и глубочанской подсвит. Под воздействием дифференциальных блоковых подвижек жесткого ядра (складчатости скальвания) облекающая его белоусовская свита смята в дополнительные складки. В рудовмещающих породах месторождения развита круто-падающая сланцеватость, секущая напластование пород.

Все это в сочетании с рядом продольных крутопадающих нарушений, с развитием около них зон повышенного рассланцевания обусловило весьма сложную в поперечном сечении морфологию очень протяженных, вообщем согласных, лентовидных рудных залежей, осложненных многочисленными апофизами, раздувами, пережимами. Лентовидность из всех месторождений района наиболее свойственна именно рудным залежам Белоусовского месторождения. Вместе с тем именно для них最难的нее всего допустить отложение руд рудоносными растворами, следовавшими почти горизонтально, согласно направлению линейности сланцев, возникшей вследствие лишь сдвиговых деформаций в породах зоны смятия, как полагает П. Ф. Иванкин и его последователи. Возникновение рудолокализующих структур Белоусовского месторождения скорее всего, на наш взгляд, обусловлено наличием системы зон повышенного рассланцевания различного падения и характером расположения узлов их пересечений.

По продольному Глубочанскому крутому надвигу Белоусовская складка надвинута в юго-западном направлении на породы орловской и белоусовской свит. На северо-востоке Белоусовская структура ограничена крутопадающей тектонической зоной «Прогресс», одной из ветвей центральной зоны разломов района.

Главные рудные залежи месторождения приурочены к местам пересечения крутопадающими нарушениями благоприятных литологических контактов, расположенных обычно вблизи границ свит. Все рудные залежи имеют форму узких сравнительно маломощных лентовидных тел. Отношение мощности к ширине и длине ленты в среднем составляет 1 : 30 : 650. Залежи № 1 и 2 расположены в верхах глубочанской свиты вблизи контакта с белоусовской свитой, тяготея к прерывистому горизонту углистоглинистых сланцев. Залежи № 4, 5, 6 расположены вблизи контакта глубочанской и шипулинской свит, в породах последней, образуя так называемый глубочанский рудный горизонт. Залежи № 3, 7, 8 расположены в глубочанской подсвите вблизи и в самой тектонической зоне «Прогресс».

Вмещающие породы в зонах тектонических срывов мощностью до 30—50 м превращены в серицит-хлоритовые, кварц-серицитовые, доломит-хлоритовые, кварц-карбонатно-серицитовые и тальково-карбонатные пиритизированные породы. Рудные тела вписаны в зоны гидротермально измененных пород. Руды часто содержат большое количество обломков последних. Именно в участках рудных залежей, характеризующихся обилием включений вмещающих пород, развиты руды с своеобразной плойчато-полосчатой текстурой (см. рис. 10), образовавшиеся вследствие пластического течения [15] незатвердевшей части рудного вещества.

Руды представлены мелкозернистым или плотным полиминеральным агрегатом [15] пирита, халькопирита, сфалерита и галенита, количественные соотношения между которыми в разных частях залежей варьируют в весьма широких пределах. Второстепенную роль играют блеклая руда, пирротин, марказит, арсенопирит, гематит и магнетит. Из нерудных минералов присутствуют (в убывающей последовательности) кварц, серпентит, хлорит, тальк, альбит, барит, анкерит, доломит и др.

По вещественному составу выделяются типы руд: серноколчеданные, серноколчеданно-медные в хлоритовых породах, медно-цинковые в серноколчеданно-баритовой основе, существенно цинковые в серноколчеданно-баритовой и баритовой основе и баритовые. Руды в целом имеют колчеданно-полиметаллический состав. Отношение $Pb : Zn : Cu = 1,3 : 4,5 : 1,0$ в рудах глубочанского горизонта, а в рудах белоусовских залежей — $1 : 7,8 : 3,5$. Для сравнения приведем отношение цветных металлов в других месторождениях района: в Иртышском — $1 : 5 : 3$; в Новобересковом ряда — $1 : 22 : 62$, что указывает на резкое обеднение последних свинцом. Резко отличным соотношением металлов характеризуются руды Березовского месторождения, залегающие в породах ранней серии рудоносной формации, а именно: $2 : 5 : 1$. Близки к ним руды глубочанского горизонта Белоусовского месторождения.

Колчеданно-полиметаллические и колчеданные месторождения Алейской металлогенической подзоны

Колчеданные и колчеданно-полиметаллические месторождения Алейской подзоны приурочены к синклиниорным структурам, развитым на юго-западном крыле Алейского антиклиниория и на южном его погружении (см. рис. 5). Каждой из них соответствует свой рудный район, редко несколько районов, месторождения которых свойствен ряд сходных черт.

Главными из этих структур и приуроченных к ним рудных районов являются Успенская синклиниорная структура с Орловско-Золотушинским рудным районом, Раздольненская с Сургутановско-Крючковским, Сугатовско-Веселовская с Николаевским, Шемонаихинско-Секисовская с районами Шемонаихинским, Орловско-Опенышевским и Верхубинским, Феклистовско-Бухтарминская с Бухтарминским. Кроме того, прогнозируются несколько районов, отмеченные на рис. 5. Становление рудоносной кварц-кератофировой формации в прогибах, на месте которых сформировались указанные синклиниорные структуры, началось в позднем эйфеле и завершилось во франском веке. Формирование синклиниорных структур происходило длительно в течение девона, раннего карбона и позднего палеозоя. Строение первичных прогибов было осложнено локальными инверсион-

ными движениями в живете, миграцией фаменско-раннекаменно-угольных прогибов на юго-запад, заложением позднепалеозойских мульд в области юго-западного крыла первичных прогибов, глыбовой складчатостью в позднем визе—намиюре и позднем палеозое.

Алейская металлогеническая подзона выделяется из всех подзон Полиметаллической зоны относительно высоким содержанием в составе руд меди, наличием серноколчеданных месторождений. Отмечается наличие небольшого количества рудоизвлечений с относительно высоким содержанием свинца и цинка, тяготеющих к участкам субширотных поднятий (Титовское, Гериховское, Искровское, Сургутановское, Шемонаихинское, Заводинское).

Важнейшими рудными районами подзоны являются Орловско-Золотушинский и Николаевский.

Орловско-Золотушинский рудный район

Главные месторождения Орловско-Золотушинского района приурочены к юго-западному крылу Успенского синклиниория, осложненному глыбово-складчатыми структурами меньшего порядка — Золотушинской и Орловской антиклиналями и разделяющей их Орловско-Раздольненской грабен-синклиналью. Граница рудного района очерчена крупными разломами: Алейским на севере, Березовским надвигом на юго-западе, Сургутановским разломом на юго-востоке, Боровлянским на юге. Крупнейшими месторождениями являются Орловское, Золотушинское, Новозолотушинское.

Рудные тела всех трех месторождений занимают одинаковое стратиграфическое положение, располагаясь в существенно осадочных толщах верхней части ранней серии кварц-кератофировой формации. Однако эти месторождения различаются общим соотношением металлов в рудах, степенью интенсивности проявления стадии рудообразования. Руды Золотушинского и особенно Новозолотушинского месторождения имеют колчеданно-полиметаллический состав, а Орловского — колчедано-медно-цинковый при наличии, однако, и колчеданно-полиметаллических руд.

Рудные тела месторождений находятся в верхней пачке осадочных пород ранней серии, у их контакта с вулканогенными породами таловской свиты. Рудовмещающая пачка представлена глинистыми и кремнистыми алевролитами с отдельными линзами туффитов и туфов. В алевролитах отмечается развитие пиритовой вкрапленности, в том числе и фрамбоидального пирита. В Золотушинском и Новозолотушинском месторождениях в рудоносной толще залегают субвулканические тела липаритов, размещение которых контролируется так же, как, впрочем, и рудных залежей, синвулканическими тектоническими зонами

широтного и меридионального простирания. Таловская свита, представляющая вторую серию формации, сложена лавобрекчиями, лавами и туфами кварцевых альбитофириров. Они прорваны субвулканическими интрузиями кварцевых альбитофириров. Последние, так же как и эфузивы, характеризуются относительно повышенным содержанием калия в составе щелочей [19]. В третьей серии, представленной каменевской свитой, в составе вулканогенного компонента значительное участие принимают породы среднего и основного состава.

Гипабиссальные порфировидные плагиограниты, слагающие значительного размера интрузивные массивы позднепалеозойского возраста, обнажаются на участке Орловского месторождения. По геофизическим данным [60] на глубине 1—3 км под Орловским и Золотушинским месторождениями залегает крупное интрузивное тело, сложенное породами, близкими по своим физическим свойствам к плагиогранитам и гранодиоритам. Наличие последних подтверждается бурением, которым обнаружены на глубине контактово-ороговикованные породы с пирротином.

Интрузивные породы в месторождениях представлены, кроме того, простыми и сложными дайками плагиогранит-порфиров, диоритовых порфириотов и диабазов. Центральные части сложных даек образованы плагиогранит-порфирами, а призальбандовая часть — диоритовыми порфиритами. Дайки порфириотов и плагиогранит-порфиров по отношению к рудам являются секущими, но сами в местах пересечения интенсивно гидротермально изменены и содержат сульфидную вкрапленность и прожилки. Рудные зоны месторождения мощностью от 10 до 200 м залегают в общем согласно с вмещающими породами. Склонение рудной зоны в Золотушинском месторождении южное, а в Орловском — северное. Рудные тела имеют межпластовую линзообразную форму.

На глубоких горизонтах Золотушинского месторождения установлены и секущие рудные жилы. В лучше изученном Золотушинском месторождении отмечается часто приуроченность сплошных полиметаллических руд к куполовидным поднятиям, верхние части которых сложены барит-полиметаллическими рудами. Тела массивных руд окаймлены снизу вкрапленно-прожилковыми рудами. Верхней границей оруденения в целом являются контакт двух свит: таловской и березовской, а также зоны срыва по нижнему контакту силловидных субвулканических интрузий, залегающих у верхней границы березовской свиты.

Нижней границей оруденения являются крупные зоны брекчирования («валунные зоны»), в которых крупные линзы кремнистых сланцев окружены хлоритовой массой с валунами и мелкими обломками вмещающих пород и даже полиметаллических руд. В самих хлоритолитах отмечается проявление нало-

женного медно-колчеданного оруденения. Наличие валунных зон с развитием хлоритолитов и медно-колчеданной минерализации отмечается и внутри контуров полиметаллических руд [59]. Все это дало основание А. Г. Посысаеву выделить два обособленных этапа рудообразования, каждый со своей последовательностью стадий: ранний полиметаллический, поздний медно-колчеданный. Кроме того, А. Г. Посысаевым наблюдались трещинные зоны широтного простирания, секущие полиметаллические руды, но экранирующие медные руды. Руды полиметаллического этапа слагают наиболее крупные залежи сплошных и прожилково-вкрашенных руд, тяготеющих к висячему боку рудной зоны. На северном фланге (блоке) месторождения они обособлены от медных руд, в центральной части совмещены с медными и медно-цинковыми рудами, а на южном фланге практически отсутствуют. В общем балансе руд Золотушинского месторождения медно-колчеданные руды занимают относительно небольшое место, поэтому это месторождение в целом является колчеданно-полиметаллическим.

Орловское месторождение. Медно-колчеданные и колчеданные руды составляют значительную массу руд, особенно руд залежей Новой и Второй. Рудные тела имеют форму межпластовых залежей северного и северо-восточного простирания, падают на запад и северо-запад (в отличие от восточного падения Золотушинского месторождения); углы падения меняются от вертикальных до почти горизонтальных. Из двух главных крупных залежей Основная состоит из трех, а Новая — из двух рудных тел. В пределах залежи Основной первое рудное тело сопряжено со вторым, залегающим ниже по падению, по меридиональному разлому, залеченному рудами крутопадающей части второго тела. Третье тело располагается к югу от широтного дорудного (вероятно, синекзекционного) нарушения, к которому с севера прилегают все остальные рудные тела месторождения. Залежь Новая располагается ниже по падению рудовмещающего горизонта, к западу от Основной, имея почти горизонтальное падение.

Главными типами руд месторождения являются полиметаллические и барит-полиметаллические, медно-колчеданные и колчеданные, медно-цинковые и вкрашенные медно-колчеданные. Полиметаллические руды количественно несколько уступают медно-колчеданным разностям. Они широко развиты в верхних частях рудных тел, вместе с барит-полиметаллическими они слагают большую часть первого рудного тела. По существу они являются сфалерит-пиритовыми, при подчиненном значении галенита и халькопирита. Из нерудных минералов в них присутствуют барит, кварц, альбит, серицит, флюорит.

Медно-колчеданные и вкрашенные медные руды обычно приурочены к низам рудных тел, а со стороны лежачего бока окаймлены хлоритовыми породами и настоящими хлоритолитами.

ми, к которым в сущности и приурочены вкрапленные медно-колчеданные руды. В нижнем рудном теле (залежи Новой) медно-колчеданные руды слагают и все западное окончание залежи (рис. 17). Медно-цинковые руды находятся во внутренних частях рудных тел, располагаясь между полиметаллическими и медно-колчеданными рудами.

Для медно-цинковых руд свойственно преобладание обломочной текстуры, что выражается в присутствии обломков полиметаллических руд.

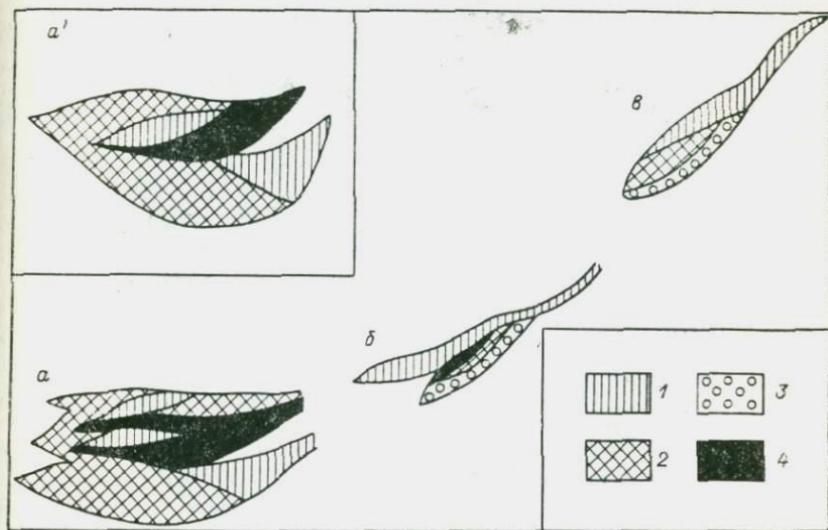


Рис. 17. Схема зональности руд Орловского месторождения (по данным Северо-Западной ГРП).

a, б, в — поперечное сечение тел: *a* — нижнего (*a'* — оно же в плане), *б* — среднего, *в* — верхнего.

1—4 — руды: 1 — полиметаллические, 2 — колчеданные и медно-колчеданные, 3 — вкрапленные медно-колчеданные, 4 — медно-цинковые, большей частью обломочной текстуры.

таллических руд в колчеданном цементе (рис. 18), отмечаются также многочисленные колчеданные прожилки, секущие существенно полиметаллические руды. Все это дает основание относить медно-колчеданные и колчеданные руды к рудам второго этапа рудообразования, которые сопутствуют или предшествуют образованию хлоритолитов. Медно-колчеданные и медно-цинковые руды широко развиты во втором рудном теле, целиком слагают третье рудное тело и большую часть залежи Новой, нижнее окончание которой сложено целиком медно-колчеданными рудами.

К числу весьма примечательных особенностей руд месторождения относится широкое развитие в них брекчневых обломочных текстур, где обломки руд одного состава цементируются и секутся рудами другого состава и структуры. Наиболее часто обломки представлены тонкозернистыми полиметалличес-

скими, существенно сфалеритовыми рудами, находящимися в серноколчеданном и пирит-халькопиритовом цементе. В свою очередь в серноколчеданных рудах изредка наблюдаются и обломки пирит-халькопиритовых руд, что указывает на наиболее позднее образование части серного колчедана в рудах позднего этапа. Вкрапленные пириты этой стадии сопровож-

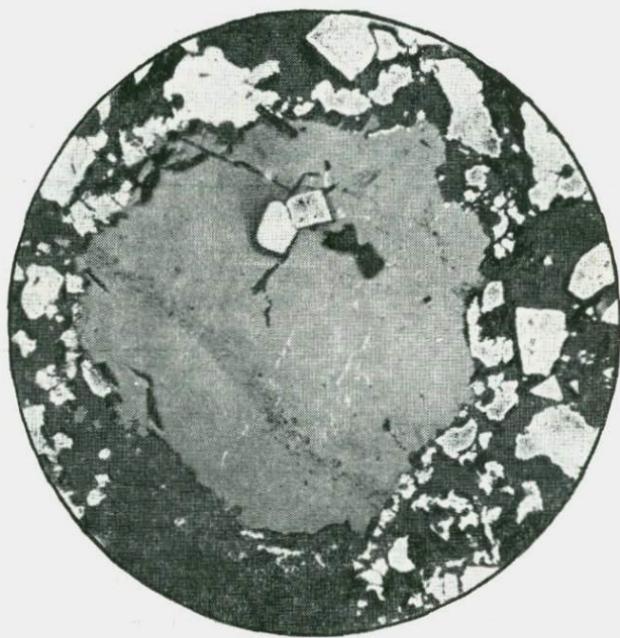


Рис. 18. Включения мелкозернистой полиметаллической руды в колчеданном цементе. Орловское месторождение. Шлиф. Ув. 90.

даются каемкой стебельчатого кварца. Пирит этой стадии образует не только сплошные массы, цементирующие обломки остальных руд, но также развивается и в самих рудах ранних этапов и стадий, образуя прожилки, идиоморфные порфириевые выделения (рис. 19) или агрегатные скопления скелетных кристаллов. Размер обломков полиметаллических руд, цементируемых колчеданными рудами, варьирует от десятков сантиметров до долей миллиметра. Пириты ранних стадий, в отличие от пиритов поздней стадии, раздроблены и интенсивно корродированы (см. рис. 19). В медно-колчеданных рудах пирит с халькопиритом слагает нередко метаколлоидные склеруповатые образования, характеризующиеся ритмичным чередованием прерывистых колец пирита и халькопирита (а иногда и сфалерита).

Почки метаколлоидного пирита образуют и сплошные агрегаты, включающие обломки полиметаллических руд.

Гидротермально измененные породы расположены асимметрично по отношению к рудным залежам, их мощность в лежачем боку залежей превышает в 3—10 раз мощность изменений висячего бока. Общая мощность гидротермально измененных

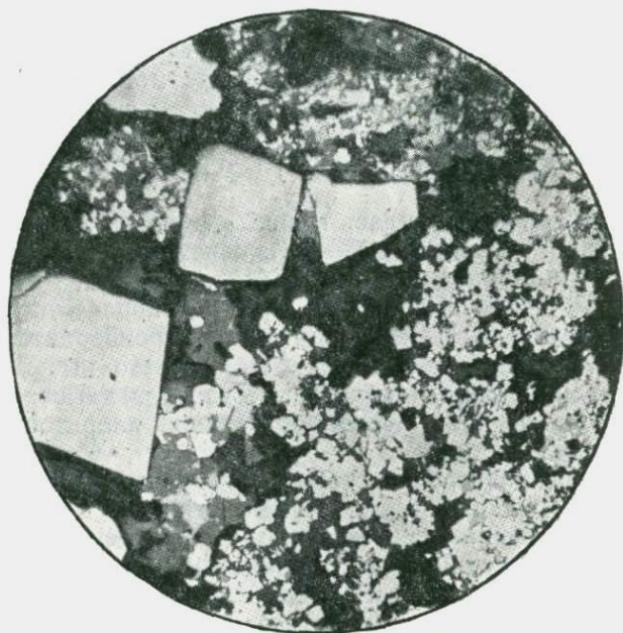


Рис. 19. Идиоморфный пирит в пирит-халькопиритовой руде с мелкими зернами корродированного пирита. Орловское месторождение.
Шлиф. Ув. 90.

пород колеблется от нескольких метров до 80—100 м. Главными типами изменений являются хлоритизация, серicitизация, окварцевание, пиритизация, карбонатизация. Интенсивная хлоритизация и развитие мономинеральных хлоритолитов отмечаются преимущественно на участках развития медно-колчеданных руд позднего этапа. Хлоритизации подвергаются в первую очередь глинистые алевролиты, характеризующиеся повышенным содержанием магния и железа, туффиты. Хлориты чаще всего представлены магнезиальным глиноземом клинохлором (по классификации Д. П. Сердюченко), реже принадлежат, при ассоциации с пиритом, к прохлорит-корундофиллиту, к глиноземно-железному магнезиально-железистому корундофиллиту. Серicitизации подвергаются чаще кислые эфузивы и кремнистые

породы. Серицитизация часто распространяется в виде гнезд и прожилков, связанных часто с выделениями пирита, образуя каемку по периферии зерен пирита.

Хлорит, развитый в полиметаллических рудах, характеризуется относительно высокой интерференционной окраской; Ng — Np до 0,009; Nm от 1,575 до 1,579, принадлежит к глиноземно-магнезиальному клинохлор-прохлориту. Наложение интенсивной хлоритизации на дайки кварцевых диорит-порфиров позднепалеозойского возраста дает основание полагать, что наиболее поздняя гидротермальная деятельность происходила в позднем палеозое. В целом гидротермальные метасоматиты месторождений — это продукты многоэтапного проявления гидротермального процесса, вследствие чего наблюдаются различные возрастные соотношения между главными минералами метасоматитов.

Серицитизация проявилась главным образом в висячем боку рудных тел, а окварцевание — в лежачем боку. Окварцевание рудовмещающих пород вблизи сульфидных залежей распространено широко. Различаются окварцованные породы двух возрастов. К ранним относятся кварциты и микрокварциты, образование которых происходило путем кислотного выщелачивания кремнисто-глинистых алевролитов, песчаников, туфов. Кварциты второго типа возникли после образования хлоритовых пород, замещают последние.

Карбонатизация проявляется в лежачем и висячем боку месторождения. Карбонатизация тесно связана с хлоритизацией. Известны постепенные переходы к ним хлорит-карбонатных пород с большим количеством овощей карбоната (хлоритовые карбонатолиты).

Новозолотушинское месторождение. Находится юго-восточнее Золотушинского месторождения, на простирации рудной зоны последнего. Руды месторождения колчеданно-полиметаллические, без участия медно-колчеданных. Значительно распространены эруптивные брекчи, которые образуют в осадочных породах березовской свиты пластообразные тела, тупо оканчивающиеся у контакта тел субвулканических кварцевых порфиров. Состав обломков — хлоритизированные и окварцованные алевролиты, серицитизированные алевролиты, серицитизированные кварцевые порфиры. Цементом являются измененные порфиры. Интрузивные образования представлены дайками диоритовых и диабазовых порфиритов.

Гидротермальные изменения вмещающих пород заключаются в хлоритизации, серицитизации, окварцевании, карбонатизации. Руды слагают слепые сближенные линзообразные рудные тела мощностью от 3 до 30 м при длине от 50 до 440 м. Они залегают в брекчиях, в хлоритовых и хлорит-серicitовых породах. Руды находятся на глубине 180—250 м от поверхности. М. С. Шнейдер [81, 82] считает, что руды месторождения отложились в два

этапа, разорванных во времени, к раннему этапу принадлежат кристаллическизернистые руды, а к позднему — метаколлоидные.

Главные рудные минералы: пирит, сфалерит, халькопирит и галенит; второстепенные и редкие: теннантит, тетраэдрит, арсенопирит, пирротин, марказит, мельниковит, пирит, прустит и др. Жильные минералы: хлорит, серицит, кварц, реже — кальцит, барит, альбит.

Первая рудная стадия (первый этап, по М. С. Шнайдеру) представлена пирит-сфалеритовыми рудами с баритом в кристаллическизернистых агрегатах, вторая — халькопирит-карбонат-галенит-хлорит-серицит-баритами, третья — блеклыми рудами, арсенопиритом, сульфосолями, серебром, сурьмой и др., последняя — карбонат-кварцевая. Отношение $Cu : Pb : Zn = 1 : 2 : 3$.

Выделяются типы руд: колчеданно-полиметаллические, колчеданно-барит-полиметаллические, колчеданно-медно-цинковые, существенно цинковые и серноколчеданные. По структурно-текстурным особенностям различаются руды: сплошные, брекчевые-видно-гнездово-вкрашенные и прожилково-вкрашенные. Среди сплошных руд в свою очередь имеются кристаллическизернистые, метаколлоидные и смешанные. Текстуры сплошных руд массивные, полосчатые, пятнистые, колломорфные, брекчевые и брекчевидные («руды в руде» и «порода в руде»), кокардовые. Пятнистые текстуры развиты преимущественно в метаколлоидных рудах и выражены наличием в тонкозернистой метаколлоидной массе гнездовых обособлений, или обогащенных галенитом и халькопиритом, или состоящих из крупнокристаллического барита, или существенно пиритного и сфалеритового состава. Метаколлоидные и смешанные руды сосредоточены в верхних горизонтах месторождения.

Николаевский рудный район

Включает месторождения, находящиеся в пределах асимметричной Сугатовско-Беселовской синклинальной структуры. Юго-западная граница рудного района проходит вдоль Иртышской зоны смятия, а северо-восточная образуется гранитами Межовского и других массивов, приуроченных к Шемонаихинско-Секисовскому разлому. На севере граница района проходит по Сугатовскому меридиональному разлому, на юге он ограничен областью развития нижнекаменноугольных отложений. В отличие от Орловско-Золотушинского района месторождения здесь размещены стратиграфически в более широком диапазоне, в образованиях всех трех серий кварц-кератофировой формации. Однако наиболее значительные из них, в том числе Николаевское, размещены в породах верхних серий кварц-кератофировой формации и характеризуются преимущественно колчеданно-медно-

цинковым, медно-колчеданным, колчеданным составом руд. Крупнейшим месторождением района является Николаевское серноколчеданно-медно-цинковое месторождение. Несколько северо-западнее находится Камышинское месторождение. К юго-востоку от Николаевского расположено метаморфизованное медно-цинковое Таловское месторождение и существенно цинковое Рулихинское месторождение.

Северо-западнее г. Шемонаиха расположены небольшие медно-цинковые и полиметаллическое Шемонаихинское месторождения и серноколчеданное Сугатовское.

Вблизи Иртышской зоны смятия находится жильное медное месторождение «Чудак». Кроме того, в Николаевском рудном районе известно более десяти проявлений полиметаллического и медного оруденения и большое число точек минерализации. Для района характерна многоярусность оруденения, приуроченность его к различным стратиграфическим горизонтам девона, к нижнеберезовской подсвите, к лосишинской подсвите, к границе таловской (D_2e-gv) и каменевской свит (D_3fr), снегиревской свите (D_3fr). Большое значение в размещении оруденения имеют долгоживущие разломы меридионального и северо-восточного простирания, пологие надвиги, межпластовые срывы и зоны дробления.

Николаевское месторождение. В геологическом строении месторождения участвуют главным образом осадочно-вулканогенные образования верхнего (каменевской, снегиревской и пихтовской свит) и отчасти среднего девона, представленные вулканогенными породами таловской свиты. Юго-восточнее месторождения известны выходы верхнепалеозойских отложений малоульбинской свиты. Значительно развиты здесь субвулканические интрузии кварцевых альбитофиров, диабазов, жерловые образования, а также дайковые породы кислого и основного состава. Несколько севернее месторождения обнажаются граниты Межовского массива. Рудовмещающими породами месторождения являются, по данным В. А. Наумова и других, пирокластические образования снегиревской свиты (D_3fr). Пестроцветные туфы и туфобрекции снегиревской свиты подстилаются лавами, лавобрекциями кварцевых альбитофиров, ниже которых залегают горизонты переслаивающихся углистых сланцев и пепельно-серых песчаников (николаевского горизонта). Горизонты местами прорваны жерловинами, выполненными эruptивной брекчией, являющейся выводными каналами для пирокластов и лав снегиревской свиты. Месторождение приурочено к позднедевонской вулканической постройке. Большое значение в размещении оруденения имели многочисленные разломы северо-восточного и северо-западного направления, а также срывы и зоны дробления по контакту интрузий субвулканических порфиров с эffузивно-пирокластическими образованиями, по контакту эffузивов с пирокластическими горизонтами, а в

отдельных случаях вдоль экзоконтакта секущих даек кислого и основного состава.

Наиболее крупными, видимо унаследованными, дизъюнктивными нарушениями являются Карьерный и Долинный взбросо-сдвиги северо-восточного простирания. Они разделяют толщу девонских пород на три блока, смешенные относительно друг друга. Центральный блок, заключенный между этими нарушениями, характеризуется наиболее сложным строением и вмещает основную массу руд. На фоне общего моноклинального падения в этом блоке развита дисгармоничная складчатость. Субвулканические интрузивные образования представлены штоками, дайками, силлами и лакколитами. Интрузии приурочены к разломам или заполняют межпластовые отслоения, причем одна из даек альбит-порфиров рассекает залежь диабазов, а дайки диабазового состава секут порфировое тело «Сопки Памятник». Непосредственные взаимоотношения между дайками основного и кислого составов не установлены. Вместе с тем, одна из даек порфиров рассекает серноколчеданные руды (но не метаколлоидные), а сама рассекается многочисленными тонкими сульфидными жилами. Метаколлоидные сульфидные руды наблюдались в зальбанде даек диабазов.

Руды Николаевского месторождения отличаются от руд других месторождений Рудного Алтая исключительно высоким содержанием серного колчедана и большой распространностью метаколлоидных структур. По вещественному составу выделяются руды серноколчеданные кристаллические, серноколчеданно-медные и медно-цинковые кристаллические, а также медно-цинковые и цинковые метаколлоидные. Главные рудные минералы: пирит, марказит, мельниковит, халькопирит, сфалерит, вюрцит, галенит, блеклые руды; редко встречающиеся: гематит, энаргит, пирротин, джемсонит, буронит, алтант, аргентит, серебро, рутил, сфен и др. Нерудные минералы: кварц, барит, альбит, серцицит, хлорит, доломит, гипс.

Основная масса руд Николаевского месторождения расположена на глубинах свыше 150—200 м. На эрозионный срез выходят лишь небольшие боковые рудные апофизы. Всего на месторождении выделены три рудные залежи, две из которых фактически являются мощными апофизами Центральной залежи, и одна линза. На нижних горизонтах месторождения главные рудные тела опоясывают полукультурой штокообразную, расширяющуюся книзу порфировую интрузию «Сопки Памятник». Западная залежь имеет северо-западное простижение, падение юго-западное под углами 20—50°. Центральная залежь, содержащая около 90% всех запасов руд месторождения, располагается непосредственно в тектонической зоне Карьерного разлома, в висячем боку его. Простижение залежи 25—40°.

В главном рудном теле месторождения, Центральном Кре-щинском, присутствуют все вышеперечисленные разновидности

руд. В лежачем боку и головной части рудного тела, но главным образом в зоне Карьерного разлома залегают кристаллические руды серноколчеданного, халькопиритового состава в серноколчеданной основе. Висячий бок и нижнее окончание залежи сложены метаколлоидными рудами. Между кристаллическими и метаколлоидными рудами располагается узкая зона переходных халькопирит-сфалеритовых руд, в которых обломки кристаллических руд находятся в метаколлоидном цементе. Западное Крещинское рудное тело сложено преимущественно метаколлоидными рудами. Серноколчеданные руды представлены рыхлой массой пирита и марказита, они часто цементируют раздробленные обломки порфировых пород, в том числе субвулканической интрузии. Кристаллические медные и медно-цинковые руды образовались в результате наложения минерализации медной и медно-цинковой стадий на серноколчеданные руды. Они сложены пиритом, халькопиритом, сфалеритом, марказитом, кварцем, небольшим количеством блеклых руд, галенита и ряда редких минералов — пирротина, висмутина, теннантита, энаргита, гессита, тетрадимита, валлерита, кубанита, борнита, виттихенита, линненита. Наблюдались случаи цементации рудами этой стадии, в том числе и сфалеритовыми, раздробленных обломков интрузивных порфиров. Обломки всех разновидностей кристаллических руд обнаружены (по М. А. Тойбазарову) в туфах снегиревской свиты.

Метаколлоидные руды образовались в результате наложения на раздробленные руды ранних стадий минерализации поздних медно-цинковой и цинковой (полиметаллической) стадий. Метаколлоидные руды поздних стадий представляют собой полиминеральный агрегат, состоящий из колломорфных дисульфидов железа, сфалерита, вюрцита, халькопирита, блеклых руд, галенита, халцедоновидного кварца, барита, гипса и ряда редких минералов — магнетита, джемсонита, пирротина, энаргита, буронита, висмутина. Метаколлондные руды цементируют обломки кристаллических руд, в том числе сфалеритовых и халькопиритовых.

В медно-цинковых рудах в целом по месторождению отношение $Pb : Zn : Cu = 1 : 19 : 10$.

Изменения вмещающих пород, проявленные в окварцевании, хлоритизации, серицитизации, альбитизации, пиритизации, происходили главным образом на раннем этапе гидротермальных изменений. Особенно интенсивно вблизи руд развиты хлоритизация и окварцевание. В расположении фаций окорудных гидротермальных изменений в вулканогенных породах кислого состава, по А. К. Пожарицкой, В. Ф. Масленникову и другим, намечается определенная закономерность. В наибольшем удалении от рудного тела располагается внешняя зона частичной перекристаллизации пород, происходившей почти без изменения минералогического состава: имели место лишь перекристалли-

зация альбита, слабая серицитизация и хлоритизация. Ближе располагается зона кислотного выщелачивания, где альбит и основная масса пород замещаются агрегатом серицита и кварца, а включения осадочных пород в туфах — хлоритом. Этот процесс по данным химических анализов сопровождается выносом натрия, перераспределением кремнезема, привносом воды и серы и образованием некоторого количества пирита. Вблизи серноколчеданных руд, со стороны лежачего бока рудного тела, располагается зона окварцевания, хлоритизации и пиритизации. Непосредственно вблизи рудного тела вмещающие породы превращены в кварц-хлоритовый агрегат с участками мономинеральной хлоритовой породы, насыщенной пиритом. Хлорит этот принадлежит к железисто-магнезиальному прохлориту и к клинохлору железисто-магнезиальному. В секущих кварцевых прожилках развит травяно-зеленого цвета магнезиально-железистый прохлорит с меньшим содержанием железа.

Со стороны висячего бока рудной залежи, где сосредоточены главным образом метаколлоидные руды поздних стадий, хлоритизация проявилась слабо, но интенсивно развита серицитизация, мощность зоны которой достигает 150 м. Различаются серициты двух типов: ранний тонкочешуйчатый серицит и гидромусковит тонковолокнистого строения, ассоциирующий с анкеритом. Второй серицит, развитый в толще кислых пород висячего бока, замещает хлорит в цементе кислых туфов. По химическим свойствам гидромусковит отличается от гидрофенита меньшим содержанием магния и железа, большим — глинозема, по оптическим свойствам — большим двупреломлением (соответственно 0,040 и 0,027) и большим углом оптических осей (20—30 и 12—20°). Наиболее интенсивные процессы гидротермального изменения происходили в предрудном этапе и представлены минерализацией зон кислотного выщелачивания — образованием серицитизированных, окварцованных и отчасти хлоритизированных пород. Следующий этап интенсивной хлоритизации и окварцевания, обусловленный железо-магнезиальным метасоматозом, сопровождал образование колчеданных руд. Раннеэтапные кристаллическиернистые руды имеют французский возраст.

Широко развиты во вмещающих породах процессы каолинизации и опализации, которые, очевидно, связаны с гипергенными процессами и обусловлены обилием серной кислоты в водах. Послерудный гидротермальный этап представлен кварц-карбонатными прожилками. Известное сходство с Николаевским месторождением имеют колчеданные месторождения сугатовской группы (Сугатовское, Новосугатовское, Южно-Сугатовское). В указанных месторождениях (рис. 20) рудные тела приурочены к контакту штокобразных (суббулканических) интрузий кварцевых альбит-порфиров, прорывающих эффузивные кварцевые альбитофиры таловской свиты. Руды большинства этих месторождений имеют преимущественно серноколчеданный состав с

некоторой примесью медной минерализации, характерной для руд первого этапа Николаевского месторождения.

Камышинское месторождение. Находится несколько в стороне от центров позднедевонских палеовулканических построек, к северо-западу от Николаевского месторождения. Стратиграфически в разрезе кварц-кератофировой формации оно расположено несколько ниже Николаевского. Рудное

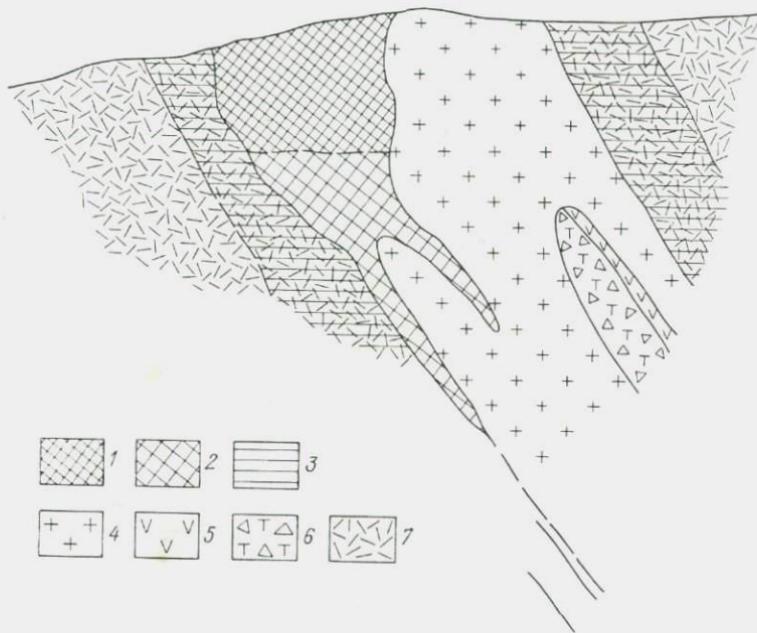


Рис. 20. Геологический разрез Сугатовского месторождения (по материалам Прииртышской ГРП).

1 — окисленные руды; 2 — сульфидные руды; 3 — зона гидротермально измененных пород; 4 — кварцевые альбит-порфиры субвулканические; 5 — диабазы; 6 — лавобрекчия; 7 — эфузивные кварцевые альбитофиры и их туфобрекчии.

поле сложено породами таловской (D_2e-gv) и каменевской (D_3fr) свит, относящихся соответственно ко второй и третьей сериям рудоносной формации, прорванных телами субвулканических интрузий кварцевых альбитофириров и диабазов девонского возраста и гипабиссальными интрузиями плагиогранит-порфириров и кварцевых альбитофириров предположительно позднепалеозойского возраста. Широко развиты дайки диабазовых порфириров и кварцевых альбит-порфириров, которые часто заливают разрывные нарушения. Таловская свита сложена лавобрекчиями, туфолавами и туфами кварцевых альбитофириров. Каменевская свита представлена переслаиванием алевролитов и алевропелитов с маломощными прослойями мелкозернистых

песчаников. Среди осадочных пород каменевской свиты залегают многочисленные силлы диабазовых порфиритов. Породы падают полого на юго-запад. Рудное поле представляет собой тектонический блок, ограниченный субмеридиональным разломом «Холодный ключ» и оперяющим его Северо-Восточным нарушением.

Согласные рудные тела на месторождении приурочены к нижним горизонтам каменевской свиты и к зоне срыва на контакте алевролитов каменевской свиты с вулканогенными породами таловской свиты, частично к крутопадающим секущим зонам трещиноватости в породах таловской свиты. Оруденение, таким образом, двухъярусное, в целом медно-колчеданное, но в составе руд верхнего рудного тела, залегающего в осадочных породах, присутствуют и полиметаллические руды. Рудовмещающие породы подвергнуты интенсивному предрудному гидротермальному метаморфизму. Мощность околоврудноизмененных пород меняется от нескольких метров до нескольких десятков метров, причем в лежачем боку она в несколько раз больше, чем в висячем. Главные процессы предрудного изменения — это хлоритизация, серицитизация, окварцевание, карбонатизация и пиритизация. Хлоритизация — наиболее распространенный процесс. Хлориты образуются за счет процесса метасоматоза в осадочных и туфогенно-осадочных породах. Хлоритовые породы имеют мощность до 10 м, они подстилают сплошные и богатовкрапленные руды, но чаще всего образуют прожилки и гнезда в микрокварцах по алевролитам и вулканогенным породам как внутри рудных тел, так и в их лежачем боку. Часто наблюдаются кварц-серицитовые зоны, развивающиеся по хлоритизированным туфам. В результате образуются полиминеральные серицит-хлорит-кварцевые, серицит-хлоритовые и другие породы. Хлориты, образованные по алевролитам, представлены магнезиальным прохлоритом, а по кислым вулканогенным породам — прохлорит-корундофиллитом магнезиальным глиноzemно-железным. Окварцеванию подвергаются осадочные и туфогенно-осадочные породы. Карбонатизация проявляется в пределах первого рудного тела, чаще всего на участках выклинивания руд, находится в тесной ассоциации с хлоритом, серицитом, кварцем. Наблюдаются отдельные случаи замещения хлорита эпидотом, иногда в ассоциации с гранатом и актинолитом, обусловленное очевидно, контактовым метаморфизмом.

Главными минералами межпластовых руд являются пирит, халькопирит, второстепенные — сфalerит, галенит, мало распространенные и редкие — блеклые руды, барит, рутил, сфен, ковеллин, халькозин, арсенопирит, пирротин, золото, марказит, мельниковит, пирит, гематит, висмутин и др. Жильные минералы: хлорит, серицит, кварц, карбонат, эпидот, редко встречаются гранат, актинолит, калишпат, флюорит. Пирит в сплошных рудах составляет от 9—15 до 60—98%. По соотношению

главных минералов выделяются руды: серноколчеданные — медные (пирит-халькопиритовые), серноколчеданные (пиритовые), серноколчеданные медно-цинковые, серноколчеданно-полиметаллические. Наиболее распространены серноколчеданно-медные руды. Они слагают полностью второе и третье секущие жильные рудные тела и значительную часть первого (верхнего) рудного тела. Представлены в основном вкрапленными, прожилковыми и гнездово-вкрапленными, реже сплошными разностями. Серноколчеданные руды широко распространены и отмечаются как в висячем и лежачем боках рудных залежей, так и по флангам, а в отдельных случаях и внутри залежей. Полиметаллические руды присутствуют в незначительных количествах лишь в верхнем рудном теле. Текстуры сплошных руд массивные (самые распространенные), полосчатые, прожилковые, гнездовые, брекчевые, изредка метаколлоидные. По М. С. Шнайдеру, рудообразование происходило в четыре стадии: серноколчеданную, медную, полиметаллическую и позднюю серноколчеданную и медную. В брекчевых рудах наблюдаются обломки серноколчеданных руд в полиметаллической руде, обломки полиметаллических руд в пирит-халькопиритовой, обломки серноколчеданных руд в халькопиритовой руде. Возможно, главное медное оруденение месторождения по отношению к колчеданно-полиметаллическому является наложенным. По мнению Н. Д. Велигуря, колчеданно-полиметаллические руды образовались гидротермально-осадочным путем.

Главные рудные тела имеют линзообразную форму и пологое залегание. Все залежи «слепые». Отношение $Pb:Zn:Cu = 1:5:18$.

Рулихинское месторождение. Стратиграфическая позиция Рулихинского месторождения близка позиции Камышинского, но фациальный составrudовмещающих толщ несколько иной. В составе руд преобладает цинк.

В геологическом строении Рулихинского месторождения участвуют таловская свита среднего девона и гониатитовая подсвита верхнего девона. Таловская свита сложена лавами, туфами, туфо-лавами и экструзивными телами эффузивов кислого состава. Гониатитовая подсвита сложена преимущественно основными эффузивами. Лишь в основании подсвиты выделяется маломощная пачка (7—35 м) осадочных пород, представленная тонкопереслаивающимися кремнисто-глинистыми, известково-глинистыми сланцами, туфлитами с прослойями песчаников, конгломератов, известняками и углисто-глинистыми сланцами. Эта тонкая пачка пластичных осадочных пород зажата между мощными вулканогенными толщами: подстилающей — кислого состава и перекрывающей — основного. Именно к этой пачке осадочных пород приурочены согласные полиметаллические руды и частично тела метаморфизованных пирит-сфалеритовых руд в скарах.

Рулихинское месторождение находится в зоне меридионального разлома, который проходит и через Таловское месторождение, расположенное несколько севернее. Породы таловской свиты в зоне этого разлома подверглись окварцеванию, к шву разлома приурочены дайки гранодиорит-порфиров [61].

Оруденение Рулихинского месторождения по отношению к рудам Таловского месторождения в разрезе кварц-кератофировой формации является вторым рудным горизонтом. Третий рудный горизонт в системе меридиональных разломов находится в породах снегиревской свиты верхнего девона и представлен Рулевским рудопроявлением. Вмещающие породы Рулихинского месторождения имеют относительно пологое юго-западное падение. Эта моноклинальная структура осложнена разрывными нарушениями субмеридионального и субширотного (и северо-западного) направлений, разбивающими палеозойские образования на многочисленные блоки. Субмеридиональные разломы представлены сбросами и сбросо-сдвигами, а субширотные — сбросами, взбросами и надвигами, возникновение последних обусловлено, видимо, надвиговыми движениями, сочетающимися со сдвигами по меридиональным нарушениям, исходящим со стороны Иртышской зоны смятия. Напряжения, вызвавшие надвиги, имели большое значение в формировании пологих послойных рудовмещающих структур отслоения и послойного срыва. Крупнейшим надвигом в районе является Рулевский, по которому несколько южнее месторождения девонские отложения надвинуты на верхнепалеозойские малоульбинской свиты. Интрузивные породы представлены субвулканическими интрузиями кислого состава, дайками и штоками плагиогранит-порфиров, гранодиорит-порфиров и диабазов. К северу от месторождения расположен Межовский массив гранитов предположительно позднедевонского возраста.

На месторождении известны руды двух типов [61]: приуроченные к скарнам и согласные полиметаллические. Первые, существенно пирит-сфалеритовые, руды приурочены к скарнированным породам, находящимся нередко в секущем залегании. Это окварцованные эпидот-гранатовые скарны и эпидозиты, в меньшей степени эпидот-хлорит-кварцевые, серицит-эпидот-кварцевые породы с богатой вкрапленностью сфалерита и пирита. В резко подчиненном количестве присутствуют галенит, халькопирит, блеклая руда и очень редко парагенезис таких минералов, как висмутин, виттихенит, молибденит, арсенопирит, пирротин. Иногда центральные части рудных тел сложены гематит-магнетитовыми рудами с редкими прожилками и вкрапленностью пирита и сфалерита. Сфалерит этих руд характеризуется высоким содержанием железа (3,57%), а из сопутствующих элементов — присутствием индия (0,01%). В измененных вулканогенных породах кислого состава таловской свиты пирит-сфалеритовые агрегаты руд этого типа находятся в кварц-

эпидотовой жильной массе. Нерудные минералы этого типа руд представлены кварцем, карбонатом, хлоритом, эпидотом, актинолитом, реликтами граната и пироксена, реже флюоритом, серицитом, баритом, адуляром, альбитом. Эпидот и актинолит нередко замещаются хлоритом, а последний в свою очередь пиритом.

По Т. А. Румянцевой [61], в расположении дорудной околоскарновой минерализации отмечается концентрическая зональность. Вокруг скарнов выделяются три зоны измененных пород, последовательно сменяющие друг друга от центра к периферии (скарны кальцит-гранатовые и гранат-пироксеновые с магнетитом): актинолит-эпидотовая, хлорит-эпидотовая, хлорит-карбонатная. Наиболее четко указанная зональность выражена в основных эфузивах и известковистых породах.

Руды второго типа, согласные существенно цинковые полиметаллические, сопровождаются другим характером изменения вмещающих пород. Непосредственно к лежачему боку согласных руд прилегает зона интенсивной серицитизации и окварцевания, развитая в кислых породах таловской свиты и обусловленная процессом кислотного выщелачивания. Мощность зоны выщелачивания и серицитизации составляет 30—40 м, глубже изменение вмещающих пород выражено лишь в перекристаллизации альбита. Однако вдоль секущих тектонических нарушений серицитизация отмечается и в зоне перекристаллизации альбита. Серицит этот относится к гидрофениту.

Кроме кварца и серицита в кислых туфах развиваются в небольшом количестве хлорит и пирит. В зоне перекристаллизации содержание рассеянного пирита не превышает 1%, в зоне выщелачивания содержание пирита достигает 1—4%.

Мощность зоны полиметаллической минерализации 50—200 м, но полиметаллические руды приурочены преимущественно к осадочным породам с прослоями углисто-глинистых сланцев и известняков, мощность которых 1,5—6,0 м. Отношение главных компонентов в полиметаллических рудах $Pb : Zn : Cu = 1 : 4 : 0,5$.

Рудные минералы здесь представлены сфалеритом, пиритом, халькопиритом, галенитом, блеклыми рудами, гематитом, мушкетовитом, алтитом, гесситом. Нерудные минералы: кварц, барит, карбонаты, хлорит, серицит, флюорит, адуляр. Хлорит представлен магнезиально-железистым корундофиллитом буровато-зеленоватого цвета с плеохроизмом до бесцветного, оптически положительный, $N_g = 1,588$, $N_p = 1,579$.

Генетическая связь скарнов Рулихинского месторождения с каким-либо интрузивным образованием устанавливается лишь с известной долей вероятности. Возможно, образование их обусловлено влиянием гранитной интрузии Межовского массива.

Таловское месторождение. Оно сложено породами березовской и лосишинской подсвит эйфельского возраста, при-

надлежащими ранней серии кварц-кератофировой формации и смытыми в мелкие складки северо-восточного простирания. Широко участвуют в геологическом строении месторождения интрузивные породы. К северу от месторождения находится Межовский гранитный массив, который в районе месторождения сложен микроклиновыми гранитами. Ширина ореола контактовых роговиков массива, захватывающего и участок месторождения, достигает 600—700 м. Рудные тела месторождения находятся всего в 300—400 м от контакта гранитного массива. Глинистые сланцы, слагающие висячий бок колчеданных руд месторождения, превращены в контактном ореоле в биотитовые и кордиерит-биотитовые роговики, известковистые алевролиты — в амфиболовые роговики, кремнистые породы — в микрокварциты, а туфогенные породы ороговикованы и биотитизированы. Субвулканические плагиогранит-порфиры и базокварцевые порфириты слагают в западной части месторождения штокообразное тело. Эти породы также подверглись контактому воздействию гранитов, а участками фельдшпатизированы (микроклинизированы).

В отношении возраста гранитов Межовского массива имеются две точки зрения: одни геологи считают их позднепалеозойскими, тогда как другие рассматривают их как девонские, скорее всего позднедевонские. Последней точки зрения придерживается и автор.

Интрузивные диабазовые порфиры образуют в восточной части месторождения свиту даек, простирающуюся в северо-восточном направлении. Они секут контактовые роговики, но сами пересекаются метасоматическими актинолитовыми прожилками. Интрузивные кварцевые альбит-порфиры слагают в центральной части месторождения интрузивную залежь, секущую смытые в складки и ороговиковые породы лосинской подсвиты. В зоне рудоконтролирующего меридионального разлома кварцевые альбитофиры брекчированы, подверглись гидротермальному метаморфизму, превращены в кварц-серicitовые породы и гидротермальные кварциты, содержащие сульфидную вкрапленность.

Возраст складчатости эйфельских отложений в районе Таловского месторождения, по Т. А. Румянцевой [61], поздненижневетский.

По условиям залегания, вещественному составу и текстурным особенностям различаются руды: сплошные колчеданные медно-цинковые, баритовые, прожилковые полиметаллические и вкрапленные медные. Сплошные колчеданные и баритовые руды слагают крутопадающие на юго-запад штокообразные тела северо-восточного простирания, приуроченные к зоне контакта глинистых сланцев лосинской свиты с вулканогенными породами березовской подсвиты на юго-восточном крыле локальной антиклинальной складки. Контакт указанных двух под-

свит осложнен интрузией кварцевых альбитофиров и пересекается меридиональным разломом, смещающим также и тело кварцевых альбит-порфиров. Разлом этот ограничивает рудный блок месторождения. Западной границей рудного блока служит тектонически осложненный контакт субвулканической интрузии плагиогранит-порфиров и базокварцевых порфиритов.

Контактово-ороговикованные породы месторождения в широком ореоле подверглись процессу флогопитизации, интенсивность которой усиливается к центру месторождения. Так, если на некотором удалении от рудных тел (30 м) в ороговиковых глинистых сланцах висячего бока наблюдаются лишь отдельные чешуи, редкие гнезда и прожилки флогопита, то по мере приближения к рудным телам их становится больше и наконец появляются мономинеральные флогопитовые породы. Флогопит из этой породы характеризуется следующими оптическими свойствами: $Ng = 1,595$, $Np = 1,533$, $Ng - Np = 0,642$; $cNg = 5^\circ$, $2V = -14^\circ$, плеохроизм от зеленовато-бурового до бесцветного [72].

Иногда в мономинеральных флогопитовых породах наблюдаются реликты кордиерита. Представление о химизме процесса флогопитизации можно получить сопоставлением химических анализов [72] неизмененных глинистых сланцев с частично флогопитизированными и флогопитовыми породами. Сопоставление анализов показывает, что процесс флогопитизации шел при привносе значительного количества магния, калия, закисного железа, фтора, бария, фосфора и выносе кремнезема и кальция. Сама минерализация и химизм процесса указывают на высокотемпературный раннешелочной тип метасоматоза. С флогопитизированными породами ассоциируют антофиллит-кордиеритовые породы, развитые в лежачем боку сплошных руд в зоне меридионального разлома. По своему химическому составу они близки к частично флогопитизированным биотитовым роговикам, отличаясь лишь несколько большим содержанием магния. Формирование их происходило, видимо, в условиях высокотемпературного магнезиального метасоматоза, при выносе известня и кремнезема.

Главными минералами рассматриваемых пород являются порфиробластический кордиерит, антофиллит-жедрит в спноподвидных агрегатах, секущих вкрапленники кордиерита, и существенно биотитовая основная ткань. Оптические особенности кордиерита: $Nm = 1,54 \div 1,55$, $2V = 60^\circ$, образует секториальные тройники; антофиллита: $Ng = c$, $Nm = a$, $Np = b$, $2V = -78^\circ$, $Ng - Np = 0,02$.

В свою очередь флогопитовые и флогопитизированные породы содержат минералы наложенного скарнового этапа, представленные ассоциацией шпинели, ромбического пироксена, моноклинного пироксена (геденбергит-диопсидового ряда), актинолита, магнетита и продуктов последующих их изменений — серпентина — бастита, хлорита, tremolита, талька и др. Скарная ас-

социация минералов слагает во флогопитовых и флогопитизированных породах гнезда, прожилки и неправильные линзы размером от нескольких миллиметров до десятков метров.

В формировании самой скарновой минерализации намечается определенная стадийность, устанавливаемая по последовательному усложнению минерального состава скарновых ассоциаций, что в совокупности с сопоставлением их химических составов позволяет уяснить направленность химических преобразований, обусловленных метасоматическими процессами.

Главные рудные тела месторождения сложены колчеданно-медно-цинковыми и баритовыми рудами, для которых характерны относительно высокотемпературный парагенезис минералов, пространственная ассоциация с минералами скарнового комплекса, особенно тесная с минералами амфибол-магнетитовой стадии. Главными минералами являются халькопирит, железистый сфалерит-марматит (содержание железа доходит до 20%). Из нерудных кроме вышеперечисленных минералов скарнового этапа обычен кварц. В составе руд кроме сфалерита, халькопирита и пирита участвуют галенит, тетраэдрит, арсенопирит, пирротин, кубанит, борнит, магнетит, гематит, марказит, а из жильных — кальцит, хлорит, серицит, флюорит. В строении рудных тел отмечается следующая закономерность [71]. От лежачего бока к середине рудного тела количество кварца убывает, содержание главного рудного минерала лежачего бока — халькопирита (содержание меди здесь 10—12%) — увеличивается и составляет в середине рудного тела 60% объема руд (содержание меди 20—25%); сфалерита и пирита здесь содержится до 20% рудной массы. Далее, по мере приближения к висячему боку халькопирит вытесняется сфалеритом и содержание меди падает до 3,5—5%. У висячего бока Ивановского штока колчеданные руды постепенно или резко сменяются баритовой породой с кальцитом, несущей вкрапленность светлого сфалерита, халькопирита и галенита. Пирит распределен в рудном теле более или менее равномерно. Галенит слагает небольшие гнезда и прожилки в колчеданных рудах. Вкрапленное оруденение вдали от массивных руд состоит главным образом из пирита, к которому, ближе к зальбандам руд, прибавляются халькопирит и сфалерит, а со стороны висячего бока рудных тел — гнезда барита.

Более поздние и небольшого объема прожилково-вкрапленные полиметаллические руды приурочены к узкой зоне разлома меридионального простириания и находятся в окварцованных и серицитизированных породах. Рудные минералы представлены сфалеритом, халькопиритом, пиритом и галенитом, нерудные — кварцем, серицитом и магнезиальным хлоритом, кальцитом. Хлорит — пенинн в шлифе бесцветный или бледно-зеленой окраски; $Nm=1,574$, двупреломление очень низкое. Зона гидротермального изменения пород, сопровождающего вкрапленно-про-

жилковое оруденение, сечет зону контактового ороговикования, а антофиллит-кордиерит-биотитовые породы около них замещаются серицитом (внутренняя зона) и хлоритом (внешняя зона). Таким образом, по своему составу и условиям формирования резко различаются высокотемпературные метаморфизованные медно-цинковые и барит-полиметаллические и полиметаллические руды.

Нижнебухтарминский рудный район

Расположен на крайнем юго-востоке Алейской подзоны, на погружении одноименного антиклиниория. Все известные здесь медные и полиметаллические рудопроявления располагаются в образованиях островной андезит-дацитовой формации фаменско-раннетурнейского возраста.

Пространственно оруденение размещено неравномерно. Главная масса рудопроявлений сосредоточена на небольших участках, образуя известные Бухтарминское, Заводинское и Орманско-Среднегорское рудные поля. Наиболее детально изучено в районе месторождение Заводинское II.

Бухтарминское месторождение представляет собой минерализованную зону трещиноватых и брекчированных порфиров, проходящую вдоль оси порфировой интрузии. Простирание зоны 310—320°, ширина 100—300 м. Месторождение расположено в экзоконтакте массива гранодиоритов змеиногорского комплекса. Месторождение изучалось А. И. Полянским, Н. В. Иншиным, Б. Г. Жилинским и другими. С поверхности фиксируется рудное тело окисленных медных руд мощностью 2,9 м и средним содержанием меди 1,2%. Рудное тело представляет собой систему пересекающихся и соплениющихся кварц-сульфидных прожилков в измененных порфирах.

В состав Заводинского рудного поля входят несколько рудопроявлений и месторождений жильного типа. Рудное поле сложено преимущественно вулканогенными породами островной андезит-дацитовой формации кислого состава, имеющими общее северо-западное простирание с падением на юго-запад под углом 15—30°, и многочисленными субвулканическими порфировыми интрузиями. Рудное поле располагается в висячем боку регионального надвига, полого падающего на юго-запад. С надвигом связаны поперечные крутопадающие разломы, вместе с которыми образуется сложный тектонический каркас. Тела полиметаллических руд жильного типа контролируются разломами северо-восточного простирания. Всего на рудном поле известно четыре жилы, крупнейшая из которых находится в месторождении Заводинское II.

Месторождение Заводинское II открыто в 1818 г. Оно представлено секущей кварц-сульфидной жилой, простирание которой северо-восточное, угол падения 50—70° на юго-восток. С се-

веро-востока рудное тело ограничено плоскостью Главного (Заводинского) надвига, а с юго-запада — зоной поперечного разлома, падающей навстречу Главному надвигу. Рудное тело погружается на юго-запад, в сторону падения плоскости Главного надвига. Висячий бок рудного тела представлен окварцованными порфирами, в которых развиты многочисленные тонкие рудные прожилки. Контакт сплошных руд с породами висячего бока, как правило, резкий, лежачий бок на верхних горизонтах (с первого по пятый) также сложен порфирами, а ниже пятого горизонта — туфами смешанного состава, в которых представлены прожилковое и вкрапленное оруднение.

Руды по составу полиметаллические. Отличаются от руд других месторождений Алтая несколько повышенным содержанием свинца и низким меди. Отношение $Zn : Pb : Cu = 30 : 15 : 1$, при суммарном содержании этих металлов более 11 %. Главные минералы в первичных рудах — сфалерит, галенит, пирит, халькопирит, блеклая руда и гессит, жильные — кварц, хлорит, серицит. Главные типы руд — кварц-пиритовые, сфалеритовые, галенитовые, сфалерит-халькопиритовые и полиметаллические. На месторождении четко выражена вертикальная зональность рудоотложения: с поверхности рудное тело представлено пустым молочно-белым кварцем, ниже располагается зона гнездово-вкрапленных, а затем сплошных существенно свинцовых и полиметаллических руд и еще ниже — зона сульфидных вкрапленников сфалерита, халькопирита, совместно с кварцем и хлоритом.

Полиметаллические месторождения Змеиногорско-Зыряновской полиметаллической подзоны

Змеиногорско-Зыряновская подзона включает преимущественно полиметаллические месторождения, в рудах которых резко преобладают свинец и цинк, при обычно резко подчиненном значении меди и пирита. Присутствуют также месторождения с существенно баритовыми рудами с повышенным содержанием золота, серебра и свинца. В свою очередь полиметаллические месторождения подразделяются на собственно полиметаллические с очень низким содержанием в рудах пирита и с отношением свинца к цинку не более 1 : 1,5—2 и полиметаллические месторождения, в рудах которых цинк значительно преобладает над свинцом и в относительно большем количестве присутствует пирит. Полиметаллическим составом руд обладает и единственное в рассматриваемой металлогенической подзоне скарновое Парыгинское месторождение.

Эта подзона охватывает площади окраинных структурно-формационных подзон Рудно-Алтайской зоны: Лениногорско-Зыряновской и Змеиногорской. Несколько условно в рассматриваемую подзону включен Рубцовский рудный район, характери-

зующийся отличным от остальных участков строением кварц-кератофировой формации. Особенности геологического строения указанных подзон, их формационный состав, объем и внутреннее строение, несомненно, влияли на формирование и полиметаллических месторождений, на состав их руд, морфологию рудных тел, их размеры и закономерности размещения. Перечислим некоторые из них.

1. Интенсивное проявление вулканизма в раннюю липаритовую фазу кварц-кератофировой формации в Лениногорско-Зыряновской подзоне. Относительно повышенное содержание калия в отличие от других подзон и в породах поздней серии кварц-кератофировой формации, хотя по абсолютному значению содержаний натрий и здесь преобладает над калием. В Рубцовском районе существенно натрий-калиевый состав вулканитов свойствен именно поздней серии.

2. Широкое развитие первичнокремнистых образований в вулканогенно-осадочных фациях кварц-кератофировой формации, удаленных от центров вулканических извержений.

3. Широкое проявление верхнепалеозойской граносиенит-гранитовой формации и дайковой серии пород основного состава, а также посткварц-кератофировой флишоидной и известковисто-сланцевой формаций.

4. Преимущественное приурочивание рудных тел или к осадочным горизонтам (особенно массивные руды), или к горизонтам частого переслаивания осадочных и вулканогенных (пирокластических и туффитовых) пород.

5. Наличие значительных полей отрицательных гравитационных аномалий, обусловленных, очевидно, размещением магматических тел кислого состава.

6. Присутствие метаморфического фундамента, сложенного первично-осадочными породами зеленосланцевой фации метаморфизма.

В соответствии с размещением главных рудоконтролирующих структур, благоприятных рудолокализующих фаций и расположением интрузивных масс в Змеиногорско-Зыряновской металлогенической подзоне могут быть выделены следующие рудные районы: Рубцовский, Змеиногорский (с Березовогорской, Змеиногорской и Корбалихинско-Лазурской группами месторождений), Снегирюхинский, Лениногорский, Тургусунский, Зыряновский, Мурзинцевский. Из них Тургусунский и Мурзинцевские районы представлены лишь мелкими рудопроявлениями, приуроченными к нижнекаменноугольным отложениям известковисто-сланцевой формации.

Рубцовский рудный район

Расположен в северной части Рудного Алтая, где палеозойские образования повсеместно скрыты под мощным чехлом кайнозойских отложений. Наличие здесь слепых полиметаллических

ских месторождений было установлено лишь в 1959 г. в процессе поискового бурения. В районе пока открыты три месторождения (Степное, Таловское, Рубцовское) и несколько рудопроявлений, образующих единое рудное поле, вытянутое в широтном направлении вдоль Таловской зоны разломов параллельно Березогорскому и Корбалихинскому рудным районам. Рудное поле приурочено к южному крылу Рубцовской синклиналии, сложенной девонскими и нижнекаменноугольными осадочно-вулканогенными образованиями. Рудные месторождения в структурном отношении тяготеют к субширотному Осиновскому разлому, отделяющему Рубцовскую синклиналь от структур Алейского антиклиниория. В разрезе девонских отложений района, по данным геологов Змеиногорской геологоразведочной экспедиции, выделяются:

1) нижнеберезовская подсвита, представлена лавами и туфами андезитовых порfirов и в небольшом объеме — алевролитами, туфами кислого состава, песчаниками. В низах подсвиты наблюдаются конгломераты с обломками пород суеткинской свиты. Мощность 400—500 м;

2) верхнеберезовская подсвита, преобладают алевролиты и аргиллиты, присутствуют известняки, туфы среднего и кислого состава слагают прослои в 3—50 м. Мощность 600—700 м;

3) шипуновская свита (D_2gv_2), к горизонтам которой приурочены рудные тела, характеризующиеся чередованием алевролитов и туфов кислого состава. Мощность 850 м;

4) давыдовская свита (D_2gv_2 — D_3), лавы и туфы кислого состава занимают до 95% разреза. По устному сообщению геологов Змеиногорской ГРЭ В. М. Чекалина и И. Г. Чинакова, в горизонте песчаников верхов давыдовской свиты обнаружены обломки полиметаллических руд нижележащих рудных тел.

В районе широко развиты гранитоидные интрузии каледонского, девонского и пермского возраста. Отмечаются дайки габбро-диабазов, подвергшиеся гидротермальным изменениям. Рудовмещающими структурами являются межпластовые зоны срыва по контакту пород различного состава и секущие зоны дробления. К этим структурам приурочены согласные линзовидные и лентовидные залежи массивных руд, сочетающиеся с секущими зонами руд штокверкового типа барит-полиметаллического состава.

Рудные тела месторождений находятся в верхней части шипуновской свиты, в которой на Степном месторождении выделяются: 1) надрудная толща, сложенная туфогенными породами кислого состава; 2) рудовмещающая пачка алевролитов с отдельными прослойями туфогенных пород; 3) подрудная пачка туфов кислого состава с прослойями лавобрекций.

На участке месторождения рудовмещающая пачка пород слагает антиклинальную складку широтного простириания. Рудовмещающей являются мощная секущая зона брекчирования и сопровождающая ее структура срыва и тонкого дробления. Рудные тела имеют форму линз, лентовидных тел и штокверка,

приурочены к крыльям крутых широтного простирания антиклиналей, осложненных разрывным нарушением. Они тяготеют к контакту кислых туфогенных пород с алевролитами, но залегают в основном в алевролитах. Прожилковые руды преимущественно развиваются в микрокварцитах по алевролитам. Гидротермальное изменение, развитое главным образом в лежачем боку рудных залежей, заключается в окварцевании, хлоритизации, серицитизации, карбонатизации и баритизации пород. В результате окварцевания образовались микрокварциты, которые обычно залегают в лежачем боку рудного тела.

Хлоритизация, приведшая к образованию кварц-хлоритовых, карбонатно-хлоритовых, серицит-хлоритовых и хлоритовых пород, развита лишь в рудной зоне, причем хлоритовые породы образуют прожилки и в микрокварцитах. Хлорит-серицитовые и хлоритовые породы почти всегда брекчированы и залечены более поздним серицитом, карбонатами, кварцем и сульфидами. Серицитизация привела к образованию хлорит-серицитовых, кварц-серицитовых, хлорит-карбонатно-серицитовых и серицитовых пород, содержащих обломки хлоритовых пород. В хлорит-серицитовых породах более поздний тонкочешуйчатый серицит образует пятнистые участки или жилки, цементирующие обломки хлоритов. Карбонатизация проявлялась часто одновременно с серицитизацией, в серицитах включения карбоната брейнерита составляют до 40% породы. В рудную стадию образовались кальцит, анкерит, доломит-анкерит. Баритизация проявилась преимущественно в рудной зоне.

Линзовидные рудные залежи сплошных сливных руд и прожилковые руды приурочены к двум рудным зонам, в которых разведано 30 рудных тел. Полиметаллические руды составляют 96,6%, а баритовые и барит-полиметаллические — 3,4%. Сплошные тонкозернистые и вкрапленные руды составляют 73% запасов сульфидных руд, прожилковые (штокверковые) руды — 24%.

Главные рудные минералы первичных руд: сфалерит, галенит, встречаются халькопирит, пирит, тетраэдрит; редкие и очень редкие минералы: магнетит, рутил, сфен, аргентит, алтait, гематит, флюорит и др. Жильные минералы представлены кварцем, баритом, хлоритом, кальцитом, доломитом, альбитом, серицитом. Отношение $Pb : Zn : Cu = 3 : 7 : 1$.

Таловское месторождение, расположенное в 2,5 км к северо-западу от Степного месторождения, характеризуется еще более концентрированным оруднением. Рубцовское месторождение находится от них в 30 км. По мнению И. Г. Чинакова, руды Рубцовского месторождения приурочены к структуре палеокальдерного типа. На участках выклинивания руд и на флангах в песчаниках, по сообщению И. Г. Чинакова, наблюдались обломки руд размером до 3—4 см. Некоторые обломки обрастают пиритом с халькопиритом.

Змеиногорский рудный район

Район включает месторождения, расположенные на территории Змеиногорской структурной формационной подзоны. Здесь выделяются две группы полиметаллических и барит-полиметаллических месторождений (Березовогорская и Змеиногорская, Карболихинская), расположенные в наложенных синклиналях северо-восточного крыла Алейского антиклиниория, и группа существенно цинково-колчеданных полиметаллических месторождений, находящаяся в северо-восточной части подзоны. Последние приурочены к внутренней части Быструшинского синклиниория.

Березовогорская группа месторождений. Представлена Тушканыхинским и Майским месторождениями и несколькими рудопроявлениями, приуроченными к Березовогорской синклинали широтного направления. Раннепалеозойские и девонские образования ранней серии кварц-кератофировой формации, слагающие Березовогорскую синклиналь, являются в сущности останцами среди разновозрастных гранитных интрузий каледонского, среднепалеозойского и позднепалеозойского возраста.

Тушканыхинское месторождение расположено на северном крыле Березовогорской синклинали. Оруденение приурочено к породам верхней части березовской свиты, сложенной алевролитами, кремнистыми породами и пирокластическими образованиями. Интрузивные породы представлены субвулканическими кварцевыми порфирами и дайками диабазов. Вмещающие породы простираются в субширотном направлении и имеют крутое южное падение. Залегание их осложнено серией тектонических нарушений, среди которых наиболее отчетливо выражены межпластовые срывы, развивающиеся на контакте пород с различными физическими свойствами. Рудовмещающими являются субширотные нарушения типа сбросов и взбросо-сдвигов, сближенных, параллельных, кулисообразно расположенных и интенсивно минерализованных. Рудные зоны включают по несколько линзовидных и жилообразных рудных тел протяженностью 80—400 м и мощностью 1—30 м. Okolo 90% рудных тел залегает в кремнисто-глинистых алевролитах, остальная часть — в вулканических породах кислого состава.

Первичные руды преимущественно вкрапленные, реже штокверковые, брекчиивидные, еще реже сплошные, пятнистые и полосчатые. Сплошные руды встречаются только в алевролитах. Главными минералами руд являются галенит и сфалерит, реже пирит и халькопирит, марказит, мельниковит; редки и очень редки аргентит, пирагририт, блеклые руды, магнетит, гематит, рутил. Главными жильными минералами являются кварц, хлорит, реже кальцит, серцицит, ортоклаз, тальк, гипс.

Околорудные изменения вмещающих пород выражены в скарнировании, хлоритизации, окварцевании, серицитизации и карбонатизации.

Скарны встречаются лишь в единичных случаях в керне скважин. Они сложены спессартитом, диопсидом и кварцем. Из более поздних наложенных минералов в них отмечаются эпидот, хлорит, кальцит, кварц и сульфиды. Окварцевание привело к образованию микрокварцитов, залегающих обычно в лежачем боку рудных тел. Мощность тел микрокварцитов варьирует от 0,2 до 50 м.

Хлоритизация является наиболее широко распространенным процессом. Хлоритизированные породы вмещают и окаймляют рудные тела, развиваются вдоль тектонических нарушений. Наиболее интенсивно хлоритизация проявлена около рудных тел в алевропелитах, особенно резко между сближенными рудными телами. В этих местах образуются мономинеральные хлоритовые породы. Серицитизированные породы встречаются реже и менее тесно связаны с рудными зонами. Наиболее интенсивная серицитизация отмечается в зонах тектонических нарушений. Карбонатизированные породы распространены относительно редко.

Майское месторождение (Березовогорское) находится восточнее Тушканчикского месторождения. Участок месторождения сложен осадочными и пирокластическими образованиями березовской свиты, представленными известково-глинистыми сланцами, кремнистыми и глинисто-кремнистыми (рудовмещающими) алевролитами, прослоями известняков и песчаников, переслаивающимися с маломощными прослойями туфов кварцевых порфиров. В кремнистых сланцах встречаются реликты радиолярий и спикул губок. Туфы кварцевых порфиров сильно перекристаллизованы и калишпатизированы. Толща прорвана субвулканическими интрузиями кварцевых порфиров, калишпатизированных, хлоритизированных, эпидотизированных, рассеянных местами кварц-флюоритовыми и хлорит-кварц-сульфидными прожилками. Интрузивные породы представлены дайками диабазов и диабазовых порфиритов, дайками фельзит-порфиров и плагиогранит-порфиров. В 1,5—2 км восточнее месторождения находится Саввушкинский массив гранитов пермского возраста. Порфировидные граниты неопределенного возраста вскрыты буровыми скважинами в 0,5 км южнее месторождения.

Майское месторождение находится на северном крыле Березовогорской синклинали. Руды приурочены к широтной тектонической зоне. Выделяются две рудные зоны: Северная (прослежена по падению на 400—500 м при мощности от 2 до 35 м) и Южная (прослежена на 1200 м). Разобщенные рудные тела полиметаллического состава имеют лицизовидную и трубообразную формы. Руды прожилковые и гнездово-вкрапленные. Отношение $Pb : Zn : Cu = 6 : 8 : 1$. Главные минералы: сфалерит, галенит,

халькопирит. Присутствуют также магнетит, гематит и пирротин; жильные минералы: кварц, хлорит, редко барит. В рудах восточного участка вблизи гранитного массива широко развиты калишпат и флюорит.

Для месторождения характерны процессы окварцевания, хлоритизации, оталькования, серicitизации и калишпатизации. Несколько в стороне от месторождения имеются и скарны. Они залегают среди кремнистых алевролитов в виде крутоопадающих секущих жилообразных залежей или тел до 10 м мощности. На скарны наложены гидротермальные изменения [63]. Скарны состоят из аномального граната, пироксена, скаполита, антофиллита, талька, кальцита, кварца. Рудные минералы представлены в оруденелых разностях сфалеритом, галенитом, магнетитом. Хлоритизация проявилась широко в зонах тектонических нарушений, особенно в алевропелитах, с образованием метасоматических пород: хлорит-кварцевых, кварц-хлоритовых, хлорит-тальковых, мономинеральных хлоритовых и тальковых пород. Неравномерная слабая хлоритизация охватывает все породы месторождения. Мономинеральные хлоритовые и тальк-хлоритовые породы заполняют швы тектонических трещин, причем хлоритовые породы нередко находятся в тальковых породах в виде реликта. Хлорит имеет $Nm=1,580$, $Ng-Np=0,001 \div 0,003$, $2V$ отрицательное и, видимо, относится к магнезиальному клинохлору.

По данным исследований [63] оталькование происходит в процессе серicitизации магнезиальных пород, хлоритовых, антофиллитовых и др. Калиевый метасоматоз захватывает относительно широкие зоны, однако интенсивно проявляется с образованием существенно калишпатовых пород преимущественно в зонах брекчирования, особенно в восточной части месторождения. Калишпатовые и кварц-калишпатовые жилы с флюоритом и апатитом секут ранние метасоматиты. Интенсивность оруденения возрастает в западном направлении.

З. В. Сидоренко и М. К. Ершова среди хлорит-тальковых пород и в хлорит-карбонатной массе установили пятнистые участки, сложенные пироксеном, гранатом и стильтиномеланом. Они предполагают, что здесь происходило наложение скарнирования на карбонатно-тальково-хлоритовую минерализацию.

Змеиногорско-Корбалихинская группа месторождений. Расположена в окрестностях г. Змеиногорска, в бассейне р. Корбалихи. Месторождения приурочены к южному крылу Змеиногорской наложенной синклинальной структуры субширотного простирания, ограниченной с юга Корбалихинским субширотным разломом. К последнему пространственно и тяготеют месторождения данной группы. Девонские образования, слагающие Змеиногорский синклиниорий, вместе с фундаментом разбиты субмеридиональными разломами, сопряженными с Корбалихинским разломом, на блоки. Эти разломы, среди

которых выделяются доэйфельские, внутриэйфельские и послеэйфельские, играли существенную роль в размещении оруденения. Так, все барит-полиметаллические месторождения расположены непосредственно вблизи Корбалихинского разлома, около которого породы рудовмещающей березовской свиты смыты в узкую крутую Южно-Корбалихинскую синклинальную складку. Полиметаллические же месторождения находятся на некотором удалении от Корбалихинского разлома и расположены севернее Долинного разлома, отделяющего Южно-Корбалихинскую грабен-синклиналь от остальной части синклиниория, где девонские образования собраны в относительно пологие брахиформные складки, среди которых находятся отдельные приподнятые блоки раннепалеозойских пород фундамента. Следует отметить, что баритовые руды присутствуют фактически во всех месторождениях Змеиногорской группы, но из их числа выделены собственно барит-полиметаллические месторождения, главным полезным компонентом которых в первую очередь является барит с примесью золота и серебра. К числу барит-полиметаллических месторождений принадлежат Зареченское и Змеиногорское месторождения и ряд рудопроявлений (Петровское, 2-е Карамышевское, Преображенское, Марказитовое и др.). К полиметаллическим месторождениям относятся Среднее, Стрижковское и многочисленные рудопроявления.

Змеиногорское месторождение залегает в породах нижней части верхнеберезовской подсвиты среднего девона, представленной аргиллитами, алевролитами и кремнистыми породами (микрокварциты, роговики); последние слагают линзообразные тела. Глубже в составе подсвиты появляются туфы кислых эфузивов. Породы моноклинально падают на север-северо-восток. Девонские образования прорваны дайками гранит-порфиров, плагиогранит-порфиров и диабазов очень свежего облика. Большое значение в локализации оруденения имел послойный срыв на контакте кремнистых пород с аргиллитами, сопровождавшийся отслоением и дроблением хрупких кремнистых пород.

Полиметаллические руды на месторождении условно группируются в три рудные зоны. Первая зона «Большого разноса» почти полностью отработана, имела форму согласной линзы с извилистыми контактами и мощность 1—70 м. Рудами в настоящее время являются породы кремнистого состава, залегающие в виде линз, согласных с напластованием пород. Одна из крупных линз, вмещающая прожилковые руды, и составляет лежачий бок богатых барит-сульфидных рудных тел, выработанных еще в прошлом веке. Висячий бок межпластиевой линзы был сложен безрудным баритом, а лежачий — сплошной барит-полиметаллической рудой. Снизу к залежи с лежачего бока примыкает оруденелая зона дробления штокверкового типа в кремнистых породах, представленных прожилковыми рудами, связанными с несколькими системами трещин. В строении рудного тела су-

щественную роль играют так называемые валунные зоны, это глыбы кремнистых пород (микрокварцитов), сцепментированные серицит-рудной массой с мелким включением серицитовых и хлоритовых пород. В валунных зонах, не содержащих оруденения, цемент хлоритизирован.

Главными рудными минералами являются сфалерит, галенит, пирит, в меньшей степени халькопирит, тетраэдрит, борнит, самородное золото, серебро и др. Нерудные минералы: кварц, барит, карбонаты, серицит, альбит, последний выделяется вместе со сфалеритом. З. В. Сидоренко установлена такая последовательность выделения сульфидов: 1) пирит, сфалерит; 2) метаколлоидный пирит; 3) галенит + халькопирит + пирит. Наблюдается нарастание метаколлоидного пирита на обломках сфалерита. В зональных пиритах наблюдается чередование пирита с прерывистыми зонами сфалерита, халькопирита. Обильные пойкилитоподобные включения галенита в пирите являются следствием возобновления роста зерен пирита или процесса сортировальной кристаллизации. Слабое изменение вмещающих пород проявляется в окварцевании, серицитизации, хлоритизации, карбонатизации.

Зареченское месторождение находится в 5 км западнее Змеиногорского. Вмещающими породами являются вулканогенно-осадочные породы верхнеберезовской подсвиты, представленные первично-кремнистыми породами, известняками и известковистыми аргиллитами с линзами мелкообломочных туфов кварцевых порфиров, прорванных серией даек габбро-диабазов. Основная структура месторождения — пережатая и глубокая Южная грабен-синклиналь субширотного простирания, ограниченная с юга и севера Долинным и Придорожным взбросами. Падение слоев крутое, близкое к вертикальному, на верхних горизонтах опрокинутое. Разрез рудовмещающей пачки сдвоен по Центральному разлому — взбросо-сдвигу субширотного простирания.

Изменения вмещающих пород проявлены слабо и выражились в окварцевании, баритизации и слабой карбонатизации, серицитизации, хлоритизации и гематитизации, приуроченных к зонам межпластового срыва, рассланцевания и отслаивания, к зонам брекчирования и трещиноватости, развивающихся, как правило, на контакте кремнистых пород с известняками. Рудные тела пространственно тесно связаны с кремнистыми породами. Выделяются три структурно-морфологических типа рудных тел: межпластовые линзы, лентовидные и трубообразные тела сплошных руд, приуроченных к срывам и отслоениям вдоль контакта кремнистых пород с известняками, зоны прожилковых и брекчевых руд. Рудовмещающей структурой являются крутопадающие зоны межпластового срыва и внутрипластового дробления.

Межпластовые рудные тела состоят преимущественно из барита и рудных минералов. В разрезе рудных тел намечается три последовательно сменяющиеся в направлении от кремнистых

пород к перекрывающим их известнякам зоны: барит-сульфидная, баритовая и менее четко проявленная барит-марказитовая.

По вещественному составу выделяются руды полиметаллические, золото-серебро-барит-полиметаллические, золото-серебро-барит-марказитовые, золото-серебро-баритовые и баритовые. Главными рудными минералами являются сфалерит, галенит, блеклые руды, халькопирит, борнит, халькозин; второстепенные — марказит, пирит, алтант, аргентит, электрум, золото, гематит, вюрцит, буронит, арсенопирит, гессит, апатит, полибазит, энаргит, штромейерит и др. Нерудные минералы: барит, реже кварц, карбонаты, серцицит, хлорит. Отношение $\text{Cu} : \text{Pb} : \text{Zn} = 1 : 3 : 4$.

Кроме субвулканических интрузий на месторождении выделяются комплексы дайковых пород, наиболее поздние из них представлены оливиновыми диабазами очень свежего облика. Последние четко секут баритовые рудные тела, но иногда в зальбандовых частях несут слабые следы гидротермального воздействия.

Участок Среднего месторождения представляет собой тектонический блок, ограниченный разломами. Главные рудные тела сосредоточены в основном в породах нижнеберезовской подсвиты и незначительно в нижнепалеозойских метаморфических сланцах. Нижнеберезовская подсвита сложена аргиллитами, алевролитами с прослоями и линзами кремнистых пород, песчаниками, туфопесчаниками, известняками и среднеобломочными туфами кварцевых порфиров. Последние слагают горизонт туfov, в котором сконцентрированы основные запасы руд месторождения. Субвулканические интрузии девонского возраста сложены альбитизированными диабазовыми порфирами, кварцевыми порфираторами и кварцевыми альбитофирами. К разрывным нарушениям приурочено более 200 разновозрастных диабазовых даек и две дайки плагиогранит-порфиров.

На месторождении выделено три брахискладки, заложение которых происходило еще в эйфельском веке, о чем свидетельствуют сильная изменчивость мощностей и фаций нижних горизонтов березовской свиты, в отличие от верхних горизонтов этой свиты. К этим структурам относятся Давыдовская синклиналь, Центральная антиклиналь, Маркшайдеровская синклиналь, осложненные дополнительной мелкой складчатостью, флексурами и разрывными нарушениями. Среди последних различаются субширотные надвиги, взбросы, взбросо-надвиги (Северо-Корбалихинское, Южно-Корбалихинское, Юркинские) и субмеридионального простирания сбросо-сдвиги: Матвеевский и Главный. Гидротермальные изменения выражены слабо и представлены окварцеванием, серцицитизацией, хлоритизацией приуроченных к зальбандам руд. Главными рудными минералами являются сфалерит, галенит, халькопирит, пирит; второстепенными и редкими — марказит, барит, блеклая руда, гематит, магнетит,

мельниквит, серебро, электрум, буронит и др. Главные жильные минералы: кварц, кальцит, серицит, хлорит, реже барит. Отношение Pb : Zn : Cu = 5 : 9 : 1.

Рудные тела представляют собой трубообразные и неправильные линзовидные орудененные зоны дробления штокверкового типа со сложным столбовым распределением руд в сочетании с мелкими согласными рудными телами. Оруденение приурочено к крыльям складок, осложненных флексурами, субширотными взбросами и надвигами в сочетании с субмеридиональными разломами древнего заложения. Руды локализованы во внутривластовых и секущих напластования зонах дробления и трещиноватости при подчиненной роли межпластовых срывов. Среди рудных зон различаются: 1) зоны в туфах кварцевых порфиров на участках пересечения субмеридиональных и субширотных разломов и флексурных изгибов пластов, 2) зоны в кремнистых породах, 3) зоны в аргиллитах, сопряженные с малоамплитудными надвигами.

Сходным строением и составом руд характеризуются и другие полиметаллические рудопроявления, в том числе мелкое Стрижковское месторождение.

Корбалихинско-Лазурская группа колчеданно-полиметаллических и полиметаллических месторождений. В пределах внутренних частей Змениногорско-Быструшинского синклиниория преимущественно распространены существенно цинковые, с примерно равным содержанием свинца и меди, колчеданно-полиметаллические месторождения и рудопроявления, крупнейшими из которых являются Корбалихинское и Лазурское месторождения. Имеется одно небольшое Семеновское месторождение полиметаллического типа, приуроченное к Гольцовско-Семеновской антиклинальной структуре.

Корбалихинское месторождение находится на правобережье р. Корбалихи, приурочено к юго-западному крылу Змениногорской антиклинали (на северо-западном окончании Быструшинского синклиниория). Рудовмещающими породами являются вулканогенно-осадочные образования давыдовской свиты (D_2gv_2 — D_3), подстилаемые тонкообломочными породами шипуновской свиты (D_2gv_2), составляющими третью серию кварц-кератофировой формации. Давыдовская свита представлена чередованием вулканогенных и осадочных пород. Рудовмещающий горизонт свиты подстилается туфами кислых эфузивов и перекрывается туфами и лавами миндалекаменных порfirитов. Горизонт имеет тонкослоистое строение и состоит из туфогенных песчаников, брекций, аргиллитов, алевролитов, кремнистых пород, туфов кислых эфузивов. Девонские субвулканические интрузии сложены согласными и секущими телами кварцевых порфиров, кварцевых альбитофириров и миндалекаменных порfirитов. Интрузивные образования представлены крутопадающими дай-

ками оливиновых габбро-диабазов. Вмещающие породы месторождения моноклинально падают на северо-восток под углом 30—35°. Главными рудолокализующими структурами являются нижний надвиг и сочленяющийся с ним крутопадающий Западный сбросо-сдвиг меридионального направления. Нижний надвиг, образованный системой чешуйчатых надвигов, представляет собой тектоническую зону мощностью до 100 м, в пределах которой породы интенсивно рассланцованны и подвергнуты гидротермальному метасоматозу с образованием хлоритовых, тальковых пород, частично карбонатизированных и огипсованных. Мощность гидротермально измененных пород в висячем боку достигает 35 м, а со стороны лежачего бока — 65 м. Гидротермальные изменения развиты и в зоне Западного разлома, где линзы секущих метасоматитов имеют мощность до 20—25 м. Мощность метасоматитов в нижнем надвиге изменяется от нескольких метров до 30—40 и 60—75 м. В юго-восточном направлении (от Западного разлома) ореол изменения постепенно затухает.

К гидротермальным метасоматическим породам принадлежат: 1) существенно хлоритовые (хлоритолиты, тальковые хлоритолиты, карбонатно-хлоритовые, кварц-хлоритовые, тальк-карбонат-хлоритовые); 2) существенно карбонатные (тальк-карбонатные, хлорит-карбонатные, тальк-хлорит-карбонатные); 3) существенно тальковые; 4) существенно кварцевые.

Хлорит в хлоритолитах представлен магнезиально-железистым клинохлором. Хлоритовые изменения охватывают аргиллиты, алевролиты, туфогенные песчаники. Хлоритолиты позже подверглись оталькованию, окварцеванию. Тальковые породы образуют небольшие линзы в висячем боку рудных тел. Серicitовые породы развиты ограниченно.

Рудные тела имеют форму согласных и пологоsekущих напластование линзовидных залежей. В зоне Западного сбросо-сдвига локализовались небольшие секущие рудные тела. Рудные тела линзообразной и пластообразной формы, имеют протяженность до 520 м, по падению прослеживаются от 40 до 450 м. Углы падения 35—40°, мощность рудных тел колеблется от 0,5 до 43 м.

Различаются руды колчеданно-полиметаллические, полиметаллические, барит-полиметаллические и медно-колчеданные. Наиболее распространены колчеданно-полиметаллические. Рудные тела в нижнем надвиге сложены массивными, пятнистыми, полосчатыми рудами, которые со стороны висячего и лежачего бока окаймлены реликтово-слоистыми вкрапленными рудами. Сплошные руды преобладают в линзах Западного разлома. Весьма характерным типом руд месторождения являются брекчиевидные, которые, по В. П. Дмитриеву, слагают в основном главную линзу месторождения. По Е. И. Венцловайте и Н. Н. Шатагину, брекчиевидные руды находятся

в обоих зальбандах сплошных руд. В распределении типов руд в зоне нижнего надвига отмечается определенная зональность. В лежачем боку зоны развиты колчеданные и медно-колчеданные, выше располагаются колчеданно-полиметаллические, а еще выше — полиметаллические руды. Однако в разрезе зоны различные типы руд слагают обособленные рудные тела, разделенные слабо минерализованными участками.

Главные рудные минералы: пирит, сфалерит, галенит, халькопирит; второстепенные и редкие: марказит, блеклая руда,

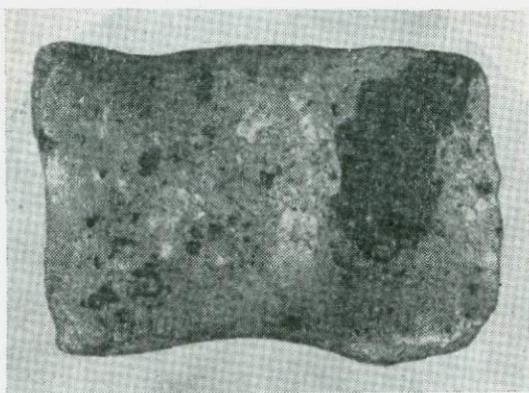


Рис. 21. Брекчиевая руда Корбалихинского месторождения. Обломки тонкозернистых полиметаллических и пирит-халькопиритовых руд в колчеданном цементе. Образец. Нат. вел.

пирротин, кубанит, магнетит, гематит, борнит. Главные жильные минералы: хлорит, тальк, карбонаты, кварц; второстепенные: серицит, барит, флюорит, параанкерит, альбит. Главные компоненты руд в среднем по месторождению ($Pb : Zn : Cu$) относятся как 1,1 : 4,9 : 1,0.

Весьма интересной особенностью руд Корбалихинского месторождения является широкое развитие среди них руд брекчевой текстуры. Изучение брекчийных руд позволяет пересмотреть сложившиеся представления о последовательности стадий рудоотложения алтайских полиметаллических руд. В брекчийных рудах обломки руд и пород размером от долей миллиметра до 10 см и более скементированы сульфидным существенно пиритовым цементом (рис. 21, 22) или хлоритом с густой вкрапленностью пирита. Обломки имеют остроугольную или полуокатанную форму, представлены чаще всего тонкозернистыми существенно сфалеритовыми или халькопирит-сфалерит-пиритовыми с небольшим содержанием галенита, или же реже пирит-халькопиритовыми и пиритовыми рудами. В числе обломков встречаются и обломки вмещающих пород.

Цемент, существенно пиритовый и хлорит-пиритовый, представлен агрегатом идиоморфных в подавляющем большинстве кубической формы кристаллов. Травлением выявляется его зональное строение (рис. 23). Около пирита часто развивается стебельчатый кварц, иногда серицит. Подобный же пирит развивается и внутри обломков, особенно в их периферических частях (см. рис. 23). В этом пирите имеются мелкие включения

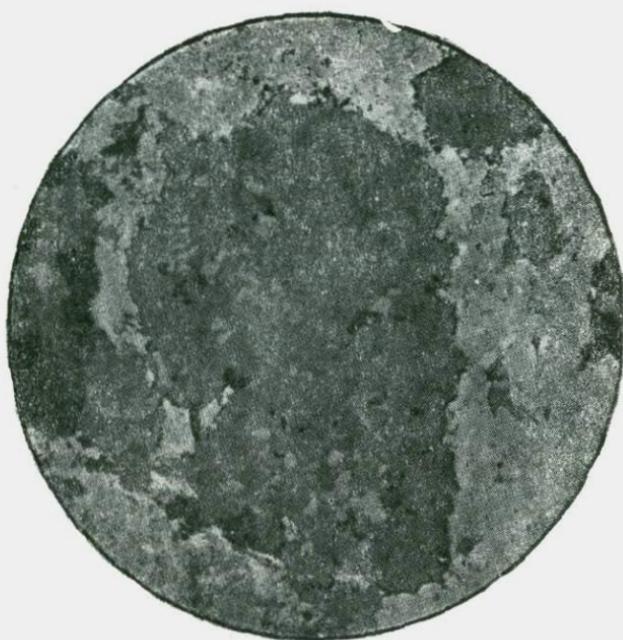


Рис. 22. Включение мелкозернистой полиметаллической руды в колчеданном цементе. Корбалихинское месторождение. Шлиф. Ув. 90.

сфалеритовых руд, сам пирит другими сульфидами не коррозируется. То же самое наблюдается в обломках пирит-халькопиритовых руд, хотя пирит собственно медной стадии халькопиритом коррозируется очень интенсивно.

Иногда порфиробласты пирита в краевых частях содержат прерывистую каемку халькопирита и пиритовую каемку с многочисленными включениями халькопирита (в пирит-халькопиритовых рудах) или сфалерита (в существенно сфалеритовых рудах), образовавшиеся, видимо, в результате захвата реликтов ранних минералов разрастающимися кристаллами пирита. Очень редко тонкие прожилки позднего халькопирита, видимо выделяемого из остаточного раствора, секут и ядра пиритовых новообразований. Новообразования пирита нередко образуют

в рудных обломках прожилки, сложенные скелетной формой агрегатами, формируют взаимно пересекающуюся сетку прожилков (рис. 24) или удлиненные агрегаты.

Происхождение брекчевых руд Корбалихинского месторождения объясняется по-разному. Наличие таких руд в висячем и лежачем боку рудных тел показывает несостоительность взгляда на них как на внутриформационные конгломераты, как



Рис. 23. Кристаллы зонального пирита с четкими границами с полиметаллической рудой. Орловское месторождение. Шлиф, Ув. 90.

полагал В. И. Дербиков [26]. Малоубедительно и представление об образовании их вследствие избирательного замещения обломков разных пород сульфидами разного состава, хотя в частных случаях это и могло иметь место, например наблюдаемое в отдельных случаях замещение пиритом обломков основных пород, но совершенно невероятным представляется образование тонкозернистых многокомпонентных руд путем замещения обломков пород. Несомненно, брекчевые руды образовались путем тектонического дробления руд раннего этапа и цементации их рудами позднего этапа.

Лазурское месторождение в отличие от Корбалихинского находится в шипуновской свите, сложенной основными эффизи-

замы, их туфами с прослойками осадочных пород. Кроме того, в геологическом строении месторождения участвуют субвулканические интрузии кварцевых альбитофиров, фельзит-порфиров и интрузии габбро-диабазов. Общее моноклинальное залегание пород в районе месторождения осложнено пологим поперечным перегибом складки, ось которой, имея общее северо-западное простирание, круто изгибается на протяжении 2-х км почти



Рис. 24. Пересекающиеся жилы скелетного пирита в полиметаллической руде. Корбалихинское месторождение. Шлиф. Ув. 90.

в широтном направлении. Месторождение находится в зоне интенсивного рассланцевания широтного простирания мощностью 100—150 м. Сланцеватость падает на север под углом 65—70°. В зоне рассланцевания осадочно-вулканогенные породы превращены в кварц-хлоритовые, кварц-серицитовые, кварц-калишпатовые.

В зальбандах руд развиты метасоматические мономинеральные хлоритовые и карбонатно-хлоритовые породы. Кварц-серицитовые сланцы, образовавшиеся по вулканогенным породам кислого состава, залегают в лежачем боку рудных залежей. Процесс наложенной калишпатизации проявился интенсивно в кварц-серицитовых породах.

Рудная зона представлена полосой гидротермально измененных пород, неравномерно насыщенной рудными телами на протяжении около 1500 м. Глубина залегания от поверхности до 340 м. Руды главным образом колчеданно-полиметаллические. Залежи сплошных руд представлены линзовидными кулисно расположенными субпараллельными телами с резкими колебаниями мощностей. Вкрапленные руды обычно окаймляют линзы сплошных руд.

Главные рудные минералы: сфалерит, галенит, халькопирит, пирит, реже — блеклая руда, магнетит, марказит, арсенопирит, самородное золото. Отношение $Pb : Zn : Cu = 1 : 4 : 1$.

Семеновское полиметаллическое месторождение приурочено к локальной зоне смятия меридионального простирания, по которой породы лосишинской свиты (D_{2e}), слагающие Семеновскую брахиантеклиналь, надвинуты на породы шипуновской свиты (D_{2gv_2}). Последние слагают восточное крыло Черепанхинской синклинали.

Вмещающими породами месторождения являются туфогенно-осадочные породы лосишинской свиты (ранняя серия.) Интрузивные породы представлены силлами и дайками габбро-диабазов. Рудомещающая пачка состоит из переслаивания известково-глинистых сланцев, кремнистых пород, песчаников, туфов, кислых эфузивов. Рудолокализующими структурами являются межпластовые зоны срыва и рассланцевания, а также внутрипластовые зоны дробления в хрупких кремнистых породах. В зоне интенсивного рассланцевания осадочные породы актинолитизированы, эпидотизированы, хлоритизированы и окварцовены. Отношение $Pb : Zn : Cu = 7 : 15 : 1$.

Другие рудопроявления в Змеиногорском рудном районе приурочены к зонам интенсивного рассланцевания в породах березовской свиты. Рудные тела обычно сопровождаются хлоритизацией и окварцеванием вмещающих пород. Имеется также несколько рудопроявлений жильного и кварц-жильного типа, приуроченных к вулканогенным толщам эйфельского возраста (Черепановское, Белоглинское рудопроявления).

Снегирихинский рудный район

Район расположен на пересечении субширотной системы разломов (Снегирихинско-Теремковской системы) с разломами северо-западного простирания, в отложениях нижней части третьей серии рудоносной формации. В отложениях ранней серии здесь известно всего несколько мелких рудопроявлений. Снегирихинское месторождение находится в Ананьевской зоне рассланцевания и гидротермального изменения пород субширотного простирания. Оруденение приурочено предположительно к зоне контакта пород таловской и шипуновской свит (кварц-плагиопорфировая серия). Породы имеют запрокину-

тое на юг крутое залегание. Сланцеватость в этой зоне падает на север под углом 75—85°. Таловская свита сложена лавобрекчиями, лавами и туфами кварцевых альбитофириров с мало мощными прослойками алевролитов. Шипуновская свита представлена полосчатыми глинистыми и глинисто-кремнистыми алевролитами, аргиллитами, туффитами, с прослойками и линзами туфов и туфобрекций дакитовых и андезитовых порфиритов.

Девонские породы, в особенности породы шипуновской свиты, прорваны многочисленными силлами и неправильной формы телами и дайками диабазов.

На месторождении установлены три крутопадающие рудные линзы мощностью 13—15 м, согласные общей сланцеватости. Восточное рудное тело по отношению к первым двум кулисно расположено и сложено медно-колчеданными рудами. Западное тело сложено сплошными медно-цинковыми, а центральное рудное тело — сплошными колчеданно-полиметаллическими рудами.

Рудные тела представляют собой короткие лентовидные залежи, возможно круто склоняющиеся на запад, хотя четкого склонения пока не установлено. В верхней части западного рудного тела вскрыты сплошные пирит-халькопиритовые руды с отдельными участками полосчатых сфалерит-халькопиритовых руд. Вблизи контакта с рудами вмещающие породы интенсивно изменены, превращены в кварц-серицитовые породы. В самих рудах встречаются линзовидные прослои серицизированных сланцев. Руды массивные с резкими зальбандами. В зальбанде руд во вмещающих породах наблюдались согласные рудные линзы. В самих вмещающих породах вблизи рудного тела имеются согласные со сланцеватостью жилы сплошных руд.

Лениногорский рудный район

Район занимает северную часть Лениногорско-Зыряновской структурно-формационной подзоны. На северо-востоке район граничит с Белоубинско-Маймырской подзоной, а на юго-западе — по скрытому глубинному разлому с Алейской подзоной. Основными структурами являются Синюшинский антиклинарий и крылья Белоубинского и Быструшинского синклинариев. Лениногорский рудный район включает полиметаллические и существенно цинковые колчеданно-полиметаллические месторождения, приуроченные к различным структурным элементам, ориентированным большей частью в широтном направлении. Это, во-первых, месторождения Лениногорского рудного поля, расположенные в Лениногорской грабен-синклинали широтного простириания, разделяющей Синюшинскую и Громатушинскую горст-антеклинали в пределах Синюшинско-

го антиклиниория; во-вторых, Тишинское рудное поле, приуроченное к системе субширотных разломов, осложняющих Кедровско-Бутачихинскую зону рассланцевания в месте их сигмидного широтного изгиба, и, в-третьих, месторождения Успенско-Карелинской и Белоубинской зоны разломов и рассланцевания, находящиеся на юго-западном крыле Белоубинского синклиниория. Выделяются два основных типа месторождений с промышленным оруднением.

1. Месторождения лениногорского типа, приуроченные к центральной части грабен-синклинали, представлены линзообразными и близкими к пластообразным залежами, локализующимися в купольных структурах, на крыльях брахиантиклиналей в мульдах в пологоскладчатых осадочно-вулканогенных породах, ранней натрий-калиевой серии кварц-кератофировой формации. Глубокие части этих месторождений имеют штокверковое и реже жильное строение рудных тел, занимающих как согласное, так и секущее положение относительно вмещающих толщ. Руды здесь существенно полиметаллические с преобладанием сфалерита и галенита над пиритом и халькопиритом.

2. Месторождения и рудопроявления тишинского типа приурочены к крутопадающим сложно дислоцированным линейно-складчатым зонам смятия и интенсивного рассланцевания. Они имеют линзообразные и жилообразные формы крутопадающих рудных тел, обусловленные морфологией рудовмещающих структур. Руды здесь преимущественно колчеданно-полиметаллические существенно цинковые, залегают чаще в породах верхних существенно натриевых серий.

Риддер-Сокольное месторождение. Является главным месторождением Лениногорского рудного поля. Мощность образований кварц-кератофировой формации в Лениногорском рудном поле составляет 1000 м и более. Лениногорский грабен с севера ограничен Северным надвигом, с юга — Ивановским разломом, с востока — Успенско-Карелинским надвигом, а с запада — Кедровско-Бутачихинской зоной смятия. Пологая Лениногорская грабен-синклиналь осложнена более мелкими складками близширотного же простирания. Все складчатые структуры характеризуются пологим залеганием пород на крыльях с углами падения 20—25°. Строение грабен-синклинали осложнено крутопадающими разрывными нарушениями северо-западного, меридионального и восток-северо-восточного простирания, разбивающими рудное поле на блоки. Эти разломы зачастую являются разграничающими фации отложений, что указывает на их синвулканический характер. Разнонаправленные движения по ним (броски, сдвиги, взбросы) привели к зарождению конседиментационных структур — брахиантиклиналей, куполов, мульд, сложенных отложениями большой фациальной пестроты. Особенностью рудо-

вмещающих толщ Лениногорского рудного поля являются существенно кислый с калиевым уклоном состав осадочно-вулканогенных образований, наличие в них крупных линз и пластов микрокварцитов, образованных большей частью по первично-кремнистым отложениям, большая пестрота и изменчивость фаций, частая перемежаемость туфогенных и кремнистых пород с алевропелитами, присутствие большого количества субвулканических интрузий, жерловых и прижерловых образований в верхней серии.

Риддер-Сокольное месторождение приурочено к центральной части рудного поля, имеющего горст-антиклинальное строение. Эйфельские вулканогенно-осадочные образования подразделяются на четыре свиты: лениногорскую, крюковскую, ильинскую и сокольную. Их можно свести к трем вулканогенно-осадочным ритмам, отвечающим трем элементарным периодам вулканизма. Первому ритму соответствуют существенно вулканогенные образования лениногорской свиты и существенно осадочные — крюковской свиты. Второму ритму соответствуют ильинская свита, сложенная осадочно-вулканогенными породами основного и смешанного состава, а третьему — осадочная сокольная свита с силловыми залежами кварцевых альбитофиров. Лениногорская свита залегает трансгрессивно на породах нижнего палеозоя. Нижняя часть свиты представлена лавами и лавобрекчиями кварцевых порфиров и их туфов, а также агломератовыми брекчиями. Мощность этой части разреза 70—270 м (за пределами рудного поля мощность возрастает до 700 м). В верхней части преобладают агломератовые туфо-брекчии, туфы, туффиты и туфогенные песчаники с прослойями глинистых и кремнистых алевролитов (20%). Обломки в этих породах представлены порфирами, их туфами, кремнистыми породами, серicitизированными породами, карбонатом, кварцитами. Мощность верхней части колеблется от 0 до 300 м.

К пограничным горизонтам лениногорской и крюковской свит приурочены секущие штокверковые рудные тела так называемого медно-цинкового горизонта. Значительное количество кварц-хлоритовых прожилков с редкими сульфидами отмечается в низах лениногорской свиты и в метаморфических сланцах.

Крюковская свита залегает на лениногорской согласно. Мощность и фациальный состав очень изменчивы. В центральной части рудного поля свита представлена алевролитами, силицилитами, кремнистыми, известковистыми и углисто-глинистыми алевролитами с маломощными прослойками туфов, порфиров, туффитов и песчаников. Вулканогенные породы здесь составляют 15—40% разреза, на восточном и юго-восточном флангах — 50—90%. Прижерловые фации лениногорской и крюковской свит [4, 6] расположены в стороне от месторожде-

ния, восточнее и западнее его, что обусловило изменчивость мощности крюковской свиты, которая меняется от 250—300 м в центральной части, до 400 м — в западной и 500 м — в восточной. Основная часть рудных залежей Риддер-Сокольного месторождения приурочена к терригенным и первичнокремнистым породам, подвергшимся интенсивным гидротермальным изменениям и перекрытым известково-глинистыми сланцами верхов крюковской свиты.

Главная масса наиболее богатых руд локализуется на контакте микрокварцитов и серицит-кварцевых пород с известковистыми глинистыми сланцами верхов крюковской свиты. Этот рудный горизонт назван Н. Н. Куреком «критическим». В пределах месторождения породы крюковской свиты интенсивно гидротермально изменены, перекристаллизованы, серицитизированы, доломитизированы, окварцовены, слабее проявилась хлоритизация. Продукты дорудного гидротермального изменения представлены главным образом микрокварцитами, серицитовыми микрокварцитами, серицит-глинистыми сланцами, состоящими на 20—30% из серицита, пятнистыми серицит-хлорит-кварцевыми породами. Большинство микрокварцитов, по-видимому, образовалось из первичнокремнистых и глинисто-кремнистых пород путем гидротермальной их перекристаллизации. Об этом свидетельствуют находки в них реликтов организмов — спикул губок, радиолярий. Микрокварциты наиболее развиты в верхах крюковской свиты, где они слагают пластовые и линзообразной формы тела, переслаивающиеся с алевропелитами, реже с измененными разнообломочными туфами и туффитами. Обломки микрокварцитов встречаются в породах вышележащей ильинской свиты. Восточнее месторождения известковистые алевропелиты сменяются толщей крюковских рифовых известняков, а в юго-восточной части месторождения — кремнистыми алевропелитами [79]. Именно к тектоническим срывам на контакте микрокварцитов с известковистыми алевропелитами приурочены богатые руды и кварц-баритовые «купола» Риддер-Сокольского месторождения.

Кроме гидротермальных изменений пород, охватывающих на месторождении целые пласти и пачки, в породах месторождения, особенно в породах крюковской свиты, имеют место локальные метасоматические образования, контролируемые разрывными нарушениями и находящиеся хронологически и пространственно ближе к полиметаллическому оруденению поздних этапов. По Н. Н. Куреку, они возникли после образования прожилково-вкрашенных руд в микрокварцитах и зачастую секут последние. К ним относятся серицитолиты, доломитовые серицитолиты, доломитолиты, хлоритолиты, доломитовые хлоритолиты, существенно кварцевые породы с тем или иным количеством карбонатов, серицитов или хлоритов и, наконец, кварцолиты. Для отдельных минералов этих образований неред-

ко характерно наличие реликтов коллоидных структур, особенно для карбонатов и кварцев, представленных округлыми сфероидальными образованиями. Для собственно Риддерского месторождения Н. Н. Куреком и П. П. Буровым были выделены дайки серицитолитов и карбонатных серицитолитов висячего и кварцевых серицитолитов лежачего боков. Первая из них тяготеет к контакту микрокварцитов с известковистыми алевропелитами висячего бока, а вторая располагается в микрокварцитах. Изучение образцов из дайки «серицитолитов висячего бока» показало, что они чаще представлены хлоритолитами или хлоритами, замещающимися серицитом и карбонатом. Хлорит этот принадлежит к магнезиальному клинохлор-прохлориту. Следовательно, хлоритизация и образование хлоритолитов в Риддер-Сокольном месторождении, как и в других полиметаллических месторождениях, занимают свое закономерное место в ряду процессов гидротермальных изменений, но процесс этот был «подавлен» серицитизацией, благодаря существенно калиевому составу вмещающей среды пород лениногорской и крюковской свит [54].

Ильинская свита сложена эфузивно-пирокластическими породами среднего и основного состава с подчиненными пачками туфов и лав кислого состава, а также разнообломочными туффитами и песчаниками, находящимися между собой во флишоидном чередовании. Мощность ее колеблется от 80 до 280 м. Прижерловые фации вулканизма находятся в отличие от вулканизма лениногорского и крюковского времени непосредственно в пределах месторождения. Субвулканические интрузии, связанные с образованиями ильинской свиты, слагают штоки и зализы плагиоклазовых и авгитовых порфиритов. У корневых частей этих интрузий располагаются иногда рудные тела и позднерудные эруптивные брекчии. В породах ильинской свиты находится Ильинское рудопроявление.

Сокольная свита сложена преимущественно терригенными породами, вмещающими пластовые субвулканические тела кислого состава. Максимальная ее мощность 450 м.

Интрузивные породы представлены кроме субвулканических интрузий дайками диабазов и эксплозивными брекчиями [79]. Диабазовые дайки простираются в северо-восточном направлении и имеют крутое падение. Они секут весь разрез девона и рудные тела, а также эксплозивные брекчии [79]. Редкие прожилки сульфидов наблюдаются и в самих дайках. Эксплозивные брекчии состоят из обломков пород крюковской и частично лениногорской свит, иногда сульфидных руд и других пород, скементированных тонкоперетертым серицитизированным материалом. Они слагают сложные, комбинированные в большинстве случаев тела, пологие, почти согласные в верхней части и секущие, круто опадающие в нижней, имеющие часто жилообразную форму. Иногда такие жилы приурочены к зальбандам порфири-

товых даек. Они секут рудные тела и сами секутся поздними кварц-карбонатными прожилками.

Главной складчатой структурой Лениногорского рудного поля является брахиантеклиналь, полого ($3-10^{\circ}$) погружающаяся на юг. Риддер-Сокольная горст-антеклиналь ограничена с запада и востока сбросами; ширина ее составляет около 600 м. К горст-антеклинальным структурам и осложняющим их блокам приурочены главные месторождения рудного поля, в том числе Риддер-Сокольное. Формирование Лениногорской антиклинали, вероятно, началось одновременно с седиментацией отложений девона. Большую роль в формировании горст-антеклинальных структур играли подвижки по сбросо-сдвигам меридионального и частично широтного простирания. По сбросо-сдвигу скважин 50—53 Вторая Риддерская залежь оказалась сброшенной на 90 м по отношению к надрудным слоям собственно Риддерской залежи, к которым руды Второй Риддерской залежи и приурочены.

Вторая Риддерская залежь представлена слоистыми полиметаллическими рудами экскальационно-осадочного генезиса [54]. Полиметаллические руды переслаиваются с известковистыми углисто-глинистыми сланцами, содержащими до 2% углистого вещества. По мнению рудничных геологов, рассматриваемые руды приурочены к палеовулканической мульде изометрического очертания. Большое значение в локализации рудных залежей гидротермального и гидротермально-метасоматического происхождения играют купольные структуры, осложняющие горст-антеклинали и являющиеся чрезвычайно характерным структурным элементом Лениногорского рудного поля. Морфологически купольные структуры представляют собой изометрические или вытянутые (до 250 м в диаметре) брахиантеклинали. Ядра куполов образованы кварц-баритовыми породами, возникшими в определенных участках путем постепенного наращивания ядра купола выпадением из гидротерм в процессе чередования отложения с тектоническим дроблением. В основании куполов залегают микрокварциты, содержащие прожилковое вкрапленное оруденение. Перекрывающие купола алевролиты как бы раздавлены давлением снизу, так как мощность пачек алевролитов над куполом всегда меньше их мощности на крыльях. Гидротермальные изменения в алевропелитах над куполами выражены очень слабо.

По мнению К. Ф. Ермолаева [31], возникновение куполов связано с блоковыми движениями нижнепалеозойского фундамента. Б. Л. Чепрасов [79] считает, что купольные структуры являются продуктом тектонической и гидротермальной деятельности, по его представлению — это купола минерализационного роста, т. е. последовательного наращивания жильных и рудных минералов в определенных центрах наиболее благоприятных в тектоническом и литологическом отношении сред. Последнее

предположение представляется нам наиболее вероятным. Формирование куполов имело место в девоне. Образование серицитолитовых и хлоритолитовых жил и части массивных полиметаллических руд, видимо, произошло позже.

Морфология и форма залегания рудных тел существенно изменяются в зависимости от уровня залегания. Наиболее богатая основная Риддерская залежь, выходящая на поверхность на юго-западном склоне Риддерской сопки, представляет собой крутопадающее линзовидное тело, состоящее из массивных руд и оруденелых микрокварцитов, заключенных между серицитовыми жилами висячего и лежачего боков. Главная рудолокализующая структура представляет собой сопряжение крутопадающих нарушений, залеченных метасоматическими жилами, с куполовидной складкой. Наиболее ценные сплошные сульфиды слагают залежь, вытянутую в северо-западном направлении согласно с вмещающими породами, параллельно контакту алевролитов висячего бока с микрокварцитами, а в более крупном плане — контакту минерализованных алевролитов и метасоматических карбонатных серицитолитов. Отдельные изолированные линзы массивных руд фиксировались в микрокварцитах и около кварц-серицитовых метасоматитов лежачего бока. Основные запасы руд на собственно Лениногорском (Риддерском) месторождении в настоящее время представлены оруденелыми микрокварцитами.

Приуроченность рудных тел к купольным структурам более четко выражена в Сокольном месторождении. В сущности все Сокольное месторождение состоит из группы кварц-карбонатно-баритовых куполов, в которых локализовано богатое полиметаллическое оруденение, и бедных зон прожилковых руд в микрокварцитах, расположенных ниже. Еще ниже располагается так называемый медно-цинковый горизонт, представленный субпараллельной системой крутопадающих на восток жильных и прожилковых рудных тел, верхней кромкой многих из которых служит прослой глинистых сланцев. Однако некоторые из крутопадающих медно-цинковых рудных тел «пробивают» этот прослой и поднимаются до «уровня» полиметаллических руд.

Купол Андреевской линзы расположен наиболее близко к Риддерской залежи, обрамлен куполами меньших размеров: Новосокольным, Промежуточным и Покровским.

Форма рудных тел месторождения линзовидная или пластообразная, переходящая часто в нижезалегающие жилообразные секущие зоны бедных руд. Текстура руд основного горизонта массивная и вкрапленная, а прожилковых руд — крустификационно-полосчатая или брекчневидная. Отношение $Pb : Zn : Cu = 1 : 1,97 : 0,15$ для рудных кварц-баритовых пород, для вкрапленных и прожилковых руд в микрокварцитах — $1 : 2,1 : 0,3$.

В пределах Центрального блока Риддер-Сокольского месторождения, ограниченного с запада сбросом скважин 50—53, а

с востока сбросом шахты «Николаевской», расположен горизонт медно-цинковых руд. Основная часть последнего находится под линзами Иннокентьевской и Западной. Оруденение представлено системой крутопадающих жил и прожилков, текстура руд массивная, иногда полосчатая или брекчиивидная. Основными минералами руд медно-цинкового горизонта являются халькопирит, пирит, сфалерит. Галенит находится в незначительных количествах. Отношение $\text{Cu} : \text{Pb} : \text{Zn} = 3 : 0,5 : 1,4$. Из нерудных минералов для руд этого типа весьма характерен хлорит-корундофиллит ($Nm = 1,605$).

Рудолокализующие структурные формы месторождения представлены (по Б. Л. Чепрасову): 1) купольными структурами кварц-барит-карбонатных пород с гнездовым и вкрапленным оруденением; 2) межпластовыми линзами сплошных и вкрапленных руд, с ними же ассоциируют сульфидные руды с серицитолитами, приуроченные часто к контакту хрупких и пластичных пород; 3) сетчатой системой трещин в хрупких породах (рудный штокверк). В верхних частях месторождения руды слагают согласные линзы, а в нижних частях контуры их неровные, часто от них вниз уходят секущие апофизы; 4) субпараллельными системами крутопадающих трещин, по которым образуются жильные цинково-медные рудные тела; 5) согласными слоистыми полиметаллическими рудами в углистых алевролитах вулканогенно-осадочного генезиса. В стратиграфическом разрезе крюковской свиты на месторождении эти руды занимают наиболее высокое положение и располагаются выше «критического» горизонта.

В целом в вертикальном разрезе месторождения намечается такая последовательная смена типов руд. Верхи куполов сложены крупнокристаллическим баритом и карбонатом, переходящим ниже в карбонатно-кварц-баритовую породу с отдельными обломками микрокварцитов. Еще ниже располагается зона обломков микрокварцитов, скементированных полосчатым, крустифицированным строения агрегатом из карбоната, кварца, барита, гематита, сульфидов. Цементирующая масса образует оторочки вокруг обломков микрокварцитов. При заполнении пустот между обломками микрокварцитов полосчатость этой массы располагается параллельно стенкам пустот. Полосчатость обусловлена чередованием тонких прослоев разных минералов: кварца, барита, карбоната, гематита, сульфидов, что отражает ритмичность отложения минералов, смены составов растворов, повторения тектонических подвижек. У основания куполов наблюдаются участок серицитолитов и тела богатых сульфидных руд. Ниже встречаются участки существенно кварцевых пород (кварциты отложения) с реликтами скоплений серицита. Кварц-этот часто имеет под микроскопом сферолитовую структуру, что является, видимо, реликтом метаколлоидного его строения. Еще ниже располагаются микрокварциты с сетчатой системой про-

жилков с сульфидами (рудный штокверк). Ниже полиметаллических руд располагается так называемый медно-цинковый горизонт. В самых низах лениногорской свиты и в породах метаморфического фундамента отмечаются мелкие кварц-хлоритовые прожилки с пирит-халькопиритовой минерализацией.

В целом минералогический состав полиметаллических руд месторождения довольно разнообразный. Основными рудообразующими минералами, по данным многих исследователей [9, 43, 55, 85], являются сфалерит, галенит, халькопирит и пирит. В подчиненном количестве содержатся тетраэдрит, калаверит, энаргит, арсенопирит, стефанит, электрум, аргентит, марказит, мельниковит, пирротин, гессит, сильванит, алтант и др.; жильные минералы: кварц, барит, доломит, кальцит, гидрослюды, серцицит, фенгит, хлориты, анкерит, магнетит, сидерит, гипс, ангидрит, альбит, цеолиты, флюорит и др. Среди редких и рассеянных элементов отмечаются повышенные содержания кадмия, сурьмы, мышьяка, висмута, олова, селена, теллура, ртути, галлия, индия, молибдена и др.

Отношения галенита, сфалерита и халькопирита на Риддерском месторождении 1 : 2 : 0,5, на Сокольном — 1 : 4 : 1,0.

Рудные тела залегают в удаленных фациях пород ранней серии кварц-кератофировой формации. Образования вышележащих серий характеризуют прижерловые фации. Выделяются следующие возрастные и генетические типы руд: 1) гидротермально-осадочные полиметаллические раннеэйфельского возраста; 2) гидротермально-метасоматические полиметаллические и барит-полиметаллические раннеэйфельского возраста; 3) цинково-медные гидротермальные эйфельского возраста; 4) гидротермальные ремобилизованные полиметаллические позднепалеозойского возраста.

Тишинское месторождение. В геологическом строении месторождения участвуют образования ильинской и сокольной свит, относящиеся к верхним сериям кварц-кератофировой формации. Ильинская свита сложена андезитовыми и дацитовыми порфиритами, их туфами и глинистыми сланцами. Сокольная свита представлена чередованием песчаников, полосчатых кремнисто-глинистых, известково-глинистых и углистоглинистых сланцев. Общее простиранье пород 280—290°, падение крутое до запрокинутого. На отдельных участках слои образуют резкие флексураобразные изгибы. Интрузивные породы представлены кварцевыми альбит-порфирами и диоритовыми порфиритами. Кварцевыми альбит-порфирами сложены группа позднепаловских субвулканических интрузий и отходящие от нее на восток апофизы, а также несколько даек. По данным большинства исследователей, внедрение кварцевых альбит-порфиров проходило на заключительных этапах формирования элементов складчатых структур, сопровождавшихся возникновени-

ем зон рассланцевания. Диоритовые порфиры слагают несколько даек, согласно залегающих с вмещающими породами.

Тишинское месторождение, так же как и другие месторождения Тишинского рудного узла («Габриэль», Сигнальное и др.), приурочено к участку пересечения Кедровско-Бутачихинской зоны смятия Лениногорской системой субширотных разломов. Вследствие этого на участке пересечения Кедровско-Бутачихинская зона и слагающие ее девонские отложения образуют широтный изгиб. Рудное поле ограничено с севера и юга региональными разломами субширотного профиля, с востока — Тишинским разломом. Рудовмещающими являются породы ильинской и сокольной свит эйфельского яруса. Из них верхняя сокольная свита в пределах месторождения сложена известковистыми аргиллитами и алевролитами с отдельными линзами известняков, песчаников и туфов, отлагавшихся, видимо, в синвулканических депрессиях — мульдах. Общая ее мощность 500 м. К северо-западу и юго-востоку от рудного поля в разрезе формации резко возрастает роль прижерловых эфузивно-пирокластических фаций. Ильинская свита подразделяется на две пачки. Верхняя пачка представлена переслаиванием лав, лавобрекий и туфов плагиоклазовых порфиритов с редкими прослоями аргиллитов, алевролитов и песчаников, мощностью отдельных прослоев от 0,1 до 20 м. Мощность пачки 300 м. Нижняя пачка ильинской свиты имеет туфогенно-осадочный состав и представлена песчаниками, туфопесчаниками, алевролитами, туфогенными алевролитами, аргиллитами.

Главная масса руд месторождения, заключенная в залежи Основной, приурочена к тектонически осложненному контакту осадочно-вулканогенной толщи ильинской свиты и осадочной толщи сокольной свиты. Главная масса колчеданных руд залежи Основной находится в основании сокольной свиты. Остальные рудные тела и Северо-Западная залежь месторождения залегают в рассланцованных породах ильинской свиты. Вмещающие породы месторождения расположены в общем моноклинально и имеют крутое, почти вертикальное, падение, местами несколько запрокинуты на юг. Осадочные, вулканогенные и в меньшей степени интрузивные породы подвержены региональному рассланцеванию и гидротермальному метаморфизму, охватывающим главным образом отложения ильинской и низы сокольной свиты. Тишинское месторождение пространственно тяготеет к южному борту этой региональной зоны смятия, в пределах которой выделяется несколько узких зон интенсивного рассланцевания. Некоторые из таких локальных зон интенсивного рассланцевания проходят через рудную зону месторождения. К ним относится Главный (или Центральный), I и II Параллельные, Северо-Западный разломы. Изгибы полосчатости, наблюдающиеся в рудах, указывают, что деформации в этих

зонах подверглись и руды, но проявления катаклиза в них, видимо, замаскированы последующей их перекристаллизацией.

Более конкретно о характере тектонических дислокаций можно судить по нарушениям поверхности контакта пород ильинской и сокольной свит. Этот контакт на участке месторождения осложнен унаследованным флексурным изгибом, подвижками по разломам северо-западного простириания. Кроме этого, рудоконтролирующая роль придается и разломам юго-западного простириания. Такой разлом контролирует рудную апофизу, отходящую от основного тела в лежачий (южный) бок месторождения, и в значительной степени минерализацию рудного столба основного тела. Центральная зона интенсивного рассланцевания сечется под острым углом зоной дробления.

Вмещающие породы месторождения интенсивно гидротермально изменены (серicitизированы, хлоритизированы, карбонатизированы, окварцовены, пиритизированы), отмечаются также проявления альбитизации, а в кварцевых альбит-порфирах и калишпатизации. По характеру гидротермальных изменений вмещающих пород Тишинское месторождение имеет сходство с месторождениями Прииртышской подзоны. В отличие от ряда полиметаллических месторождений, приуроченных к зонам интенсивного рассланцевания, в Тишинском месторождении отсутствуют мощные жильные тела моно- и биминеральных гидротермально-метасоматических пород (хлоритолитов, серицитолитов), хотя маломощные зоны хлоритовых или серицитовых пород и имеются. Отсутствует и достаточно четко устанавливаемая вертикальная зональность гидротермальных изменений. По степени и характеру изменений гидротермально измененные породы месторождения занимают в метасоматической колонке промежуточное положение между зоной кислотного выщелачивания и зоной отложения. Горизонтальная зональность затушевывается многократным чередованием полос интенсивно измененных пород с относительно слабо измененными, но общая тенденция усиления интенсивности гидротермального метаморфизма по направлению к центру зон и к рудным телам несомненна. При приближении к рудным телам кроме усиления процессов изменения развивается окварцевание и карбонатизация. Появляются крупночешуйчатый хлорит, мусковит, серицит. Породы, вмещающие рудную залежь Основную, интенсивно гидротермально изменены со стороны висячего бока в полосе 50—60 м, а со стороны лежачего бока — в полосе шириной до 300 м. Калишпатовое изменение проявилось главным образом в кварцевых альбит-порфирах.

В результате калиевого метасоматоза образуются существенно калишпатовые образования с линзами серицитовых сланцев. В их эндоконтактовых частях обособляются альбитовые метасоматиты. Различаются следующие разновидности пород: 1) в калишпатовой основной массе имеются порфиробласти микрокли-

на; в зонах дробления по ним развивается ассоциация минералов серицит + карбонат + пирит + адуляр + кварц; 2) в серицитовой основной ткани — породы с порфиробластами калишпата; 3) в краевых частях метасоматитов в серицитизированной основной массе развиваются порфиробласти альбита. В этих метасоматитах по спектральным анализам в повышенных количествах содержатся сопутствующие элементы: Zn, Pb, Cu, As, Cd, Ga, Ti. Отмечается значительная вкрапленность пирита и халькопирита в сопровождении хлорита.

Главнейшими структурными особенностями месторождения являются: 1) моноклинально залегающие пачки пород, различные по составу и компетентности; 2) флексурообразный изгиб на контакте осадочно-вулканогенных пород ильинской свиты с аргиллитами и алевролитами сокольной свиты; 3) Продольный, Позднепаловский и другие разломы, по которым многократно перемещались блоки; 4) мощные зоны рассланцевания: Центральная, Северная и Южная; 5) узкие зоны дробления. Важнейшие структурные факторы локализации оруденения связаны с существованием Позднепаловского и Продольного разломов и обусловлены блоковыми перемещениями разграниченных ими массивов пород, а также возникновением флексурообразного изгиба, зон рассланцевания и зон дробления.

Месторождение представлено Основной и Северо-Западной рудными залежами. Первая, включающая Главное рудное тело, I и II Параллельные рудные тела, находится в Центральной зоне рассланцевания. Северная зона включает рудные тела Северо-Западной залежи. На Центральную зону рассланцевания наложена зона дробления, секущая под острым углом флексурообразную поверхность контакта ильинской и сокольной свит. Зона дробления при этом сама тоже образует флексурный изгиб, но менее ярко выраженный как в плане, так и в разрезе по сравнению с изгибом поверхности контакта свит. Рудные тела вытянуты в субширотном направлении, согласно с простиранием складчатых структур.

Главное рудное тело имеет длину около 1 км. На восточном фланге оно ограничено Позднепаловским разломом, а на западе выклинивается в области разветвления Позднепаловской интрузии. Форма его линзо-жилообразная при отношении средней мощности к длине, равном 1 : 63. Мощность рудного тела изменчива. В центре его наблюдается раздув в виде рудного столба, который сложен полосчатыми сплошными и прожилково-вкрапленными рудами. Первые преобладают на верхних, вторые — на нижних горизонтах. Параллельно Главному рудному телу располагается ряд вытянутых линзообразных залежей, наиболее крупной среди которых является Параллельная. Серий последовательных разломов рудные тела разбиваются на блоки и смешаются на первые десятки метров. Залегая в общем согласно с

вмещающими породами, рудные тела в деталях обнаруживают секущее положение по отношению к напластованию.

Рудные тела Северо-Западной залежи приурочены к серии узких зон рассланцевания. Они небольшие по простирианию и мощности. Форма их линзовидная. Минерализация представлена прожилками и вкрапленниками сульфидов меди и цинка.

Руды по составу являются типично колчеданно-полиметаллическими, со значительным преобладанием цинка. Отношение $\text{Cu} : \text{Pb} : \text{Zn} = 1 : 2,6 : 15$. Кроме того, в этих рудах содержится золото, серебро, кадмий и др.

По минеральному составу руды делятся на серноколчеданные, медно-колчеданные, медно-цинковые и полиметаллические. Основными рудообразующими минералами являются сфалерит, галенит, халькопирит и пирит. Основные нерудные минералы: кварц, серицит, доломит, хлорит; второстепенные минералы: блеклая руда, альбит, калишпат, кальцит; редкие минералы: алтант, гессит, теллуриды висмута, калаверит, золото и др. Элементы-спутники представлены кадмием, теллуром, селеном, галиием, индием, мышьяком, сурьмой, висмутом, молибденом.

Среди сульфидных руд выделяются сплошные и прожилково-вкрапленные, отношение в них $\text{Cu} : \text{Pb} : \text{Zn} = 5 : 15 : 80$ и $7,5 : 15 : 117$.

Пиритизированные породы развиты широко и в висячем, и в лежачем боку главных рудных тел. Сплошные серноколчеданные руды развиты меньше, но распространены тоже и в лежачем, и в висячем боку Главного рудного тела и на его флангах. Они наблюдаются и внутри полиметаллических руд. От сплошных серноколчеданных руд к вкрапленным имеются постепенные переходы. Медно-колчеданные руды имеют подчиненное значение. Они залегают в виде неправильных линз мощностью до 2-х м в зонах интенсивной пиритизации, в основном на восточном фланге. Имеются также маломощные пирит-халькопиритовые жилы, секущие полиметаллические руды. Главное рудное тело имеет северо-западное склонение. На глубоких горизонтах происходит уменьшение содержания металлов, причем в наибольшей степени свинца, а содержание цинка даже возрастает. Также относительно увеличивается объем серноколчеданных руд.

Месторождение «Габриэль» находится стратиграфически несколько выше Тишинского, преимущественно в вулканогенных образованиях прижерловой фации, синхронных осадочным породам сокольной свиты Тишинского месторождения. Руды Тишинского месторождения, вероятно, сформировались в два этапа. Сформировавшиеся в среднем девоне гидротермальные руды в позднем палеозое испытали под воздействием агрессивных гидротермальных растворов перекристаллизацию с частичным переотложением.

Зыряновский рудный район

Месторождения Зыряновского рудного узла расположены в пределах сложно построенной Ревнюшинской антиклиниорной структуры с четко очерченными геологическими границами. Западной границей Зыряновского рудного района служит пояс гранитных интрузий, залечивших глубинный разлом, разделяющий Алейскую и Лениногорско-Зыряновскую подзоны. С востока район ограничен Березовским глубинным разломом. Северная граница проходит по субширотному скрытому разлому, залеченному гранитоидами Щебнюхинского массива, за которым располагается опущенный Кедровско-Тургусунский блок. С юга район ограничен скрытым Подорловским разломом и областью распространения нижнекаменноугольных отложений Соловьевской синклинали (опущенный Соловьевский блок). Главным месторождением района является Зыряновское. Кроме него известно более 10 месторождений менее значительных и рудопроявлений: Греховское I, Греховское II, Снегиревское, Александровское, Богатыревское, Осочихинское, Путинцевское, Малеевское, Сажаевское, Долинное, Парыгинское, Мамонтовское и др.

Перечисленные месторождения группируются в пять рудных полей — Зыряновское, Греховское, Путинцевско-Малеевское, Парыгинское, которые занимают в Ревнюшинской антиклиниорной структуре разную позицию. Широкий диапазон типов изменений боковых пород, определенность их взаимоотношений с разновозрастными интрузивными комплексами делают эти месторождения весьма интересными объектами для изучения процессов рудообразования в целом. Район в геологическом отношении имеет резко выраженное двухъярусное строение. Нижний ярус сложен метаморфическими породами раннего палеозоя. Верхний ярус сложен породами среднего — позднего девона и раннего карбона, принадлежащими кварц-кератофировой (D_2e), флишиодной (D_{2gv} — D_3), известково-сланцевой (C_1t — v_1), приразломной андезит-базальтовой формации (C_1v_2 —п). Последняя формация развита преимущественно вдоль глубинного разлома, ограничивающего рудный район с востока.

Интрузивные образования представлены суббулканическими интрузиями кварцевых альбитофиров девонского возраста, связанными с кварц-кератофировой формацией, диабазовыми интрузиями позднедевонского и раннекаменноугольного возраста, гранитоидными интрузиями змеиногорского комплекса, гранитными интрузиями пермского возраста и комплексами малых интрузий позднепалеозойского возраста.

Единичные проявления полиметаллического оруденения в районе наблюдаются почти по всему разрезу кварц-кератофировой формации, а иногда и в гранитоидах змеиногорского комплекса (Парыгинское месторождение), и в пермских гранитах

(рудопроявление, вскрытое буровой скважиной западнее Зыряновского месторождения).

Рудные тела главных месторождений Зыряновского района залегают стратиграфически несколько выше, чем в Лениногорском районе, в средней части разреза кварц-кератофировой формации, в той ее части, где существенно вулканогенная ревнюшинская свита сменяется существенно осадочной маслянской свитой. Вместе с тем рудные тела отдельных месторождений залегают и в верхах маслянской свиты (Греховское I, Малеевское месторождения), а также в низах ревнюшинской свиты (Правоберезовское рудопроявление). Кварц-кератофировой формации и здесь свойственны разнообразие вулканогенных фаций и изменчивость их в пространстве, особенно это относится к породам ревнюшинского времени. Жерловые фации ревнюшинского времени обнажаются на горе Ревнюха, на ее северных, восточных и южных склонах, где жерловые образования прорывают породы раннего палеозоя, слагают штокообразные тела с многочисленными обломками пород раннего палеозоя.

В породах маслянского времени кроме фаций вулканизма отмечается фациальность седиментогенная, обусловленная, видимо, наличием «антиклинальных отмелей». Это выражено в том, что на северном и южном участках Зыряновского района (на северо-восточном склоне Подорловского гребня и на участке Малеевского месторождения), в верхах маслянской свиты появляются прослои грубозернистых туфогенных пород с признаками размыва (наличие карманов размыва, прогрессивная флишоидная ритмичность отложений). В центральной же части района, в пределах самого Зыряновского месторождения, маслянская свита представлена преимущественно тонкозернистыми осадками (известковистыми алевролитами с небольшими линзами известняков, кремнистыми алевролитами). Горизонт с признаками размыва повсеместно перекрыт черными алевролитами мощностью 180—200 м. Эффузивно-пирокластические образования в составе маслянской свиты занимают относительно небольшое место, они известны в Путинцевско-Малеевском рудном поле, на Александровском и Греховском II месторождениях, в Подорловском гребне. Жерловые образования известны на Александровском месторождении, где они слагают штоки, имеющие в плане округлую форму, диаметром 40—100 м.

Таким образом, Зыряновское рудное поле в позднем эйфеле представляло собой внутреннюю часть палеодепрессии, окаймленную палеоподнятиями, расположеннымми восточнее, а также севернее и южнее. Широко развиты в породах маслянской свиты субвулканические согласные интрузивные залежи кварцевых альбитофиров. Наиболее крупные массивы кварцевых альбитофиров находятся в районе пос. Ландман, восточнее пос. Лесная Пристань, между Греховским I и Греховским II месторождениями. Известны они также в Зыряновском, Путин-

цевском, Сажаевском I и др. Крупные массивы кварцевых альбитофиров обычно сложены массивными плотными породами, тогда как небольшие тела, как правило, подверглись рассланцеванию и превращены в порфириоиды, в особенности в краевых частях интрузивных тел.

В общих чертах кварц-кератофировую формацию в Зыряновском районе можно подразделить на три пачки, литолого-фациальный состав которых отражает ритмику осадочно-вулканогенного процесса или элементарные циклы вулканизма района. Разрез их снизу вверх выглядит так:

	Мощность, м
1) кристаллокластические, литокристаллокластические туфы, реже лавы липаритового состава	до 300
частое чередование алевролитов с кристаллическими туфами, песчаниками	60—200
невыдержаный горизонт кварцевых порфиров и их туфы	80—150
2) туффиты среднего и смешанного состава, туфогенные алевролиты, лавы и туфы среднего и смешанного состава, порфириоиды, алевролиты	50—300
3) частое переслаивание туфов кислого состава с алевролитами, песчаниками, туффитами (так называемый пятнистый горизонт — верхи ревнюшинской свиты)	40—240
существенно осадочная маслянская свита (известковистые алевролиты, алевропелиты, кремнистые алевролиты, отдельные линзы известняков). Местами отложения свиты содержат прослои и линзы туфов, туфобрекчий, кварцевых альбитофиров и туффитов	450—700

Среднепалеозойские породы Зыряновского района на значительных площадях интенсивно изменены под влиянием различных агентов метаморфизма, динамометаморфизма, контактowego метаморфизма, метасоматических процессов. Ореол термально-контактового метаморфизма в связи с гранитоидами диорит-гранодиоритовой формации (змеиногорского комплекса) не превышает 0,3—0,5 км и представлен относительно невысокотемпературными фациями роговиков.

С калиевыми биотитовыми гранитами пермского возраста (сложной и многофазной граносиенит-гранитовой формации) связано широкое проявление контактового метаморфизма, охватившего вмещающие породы Зыряновского месторождения, а также Александровского, Сажаевского I, Парыгинского и др. Биотитовые граниты и граносиениты слагают крупные массивы в западной части района. Контактовому метаморфизму подверглись метаморфические, осадочные и осадочно-вулканогенные породы раннепалеозойского, девонского и раннекарбонового возраста, а также дайки габбро-диабазов и интрузии змеиногорского комплекса. Ширина ореола контактовых роговиков и ороговикованных пород достигает местами 8 км. Характер зональности фаций контактовых роговиков, расположение их параллельно контактам гранитных массивов, убывание степени метаморфизма по мере удаления от гранитов не оставляют ме-

ста сомнению в связи термально-контактового метаморфизма именно с калиевыми биотитовыми гранитами [72]. Минеральный состав и микроструктура контактных роговиков обусловлены химическим и минералогическим составом исходных пород, а также степенью термального воздействия интрузива. В соответствии с этим выделяются внутренняя фация мигматитов и контактных гнейсов, биотит-полевошпатовых гнейсов, гранат-кордиерит-биотитовых роговиков, промежуточная амфибол-пироксеновых, биотитовых и биотит-мусковитовых роговиков и внешняя биотит-цеозитовых роговиков и ороговиканных пород.

Из метасоматических процессов весьма характерен и широко развит в породах района процесс микроклинизации. Микроклинизация является характерным автометаморфическим процессом калиевых и сиенит-гранитов. Она широко проявилась в породах кварц-кератофировой формации (в суббулканических интрузиях, эфузивно-пирокластических образованиях, туффитах). Микроклинизация локализуется обычно около долгоживущих разломов преимущественно северо-западных направлений. Она устанавливается в породах Зыряновского месторождения (вдоль дисъюнктивов Южной промзоны, залежи Юго-Восточной), Александровского, Осачихинского и Богатыревского, а также юго-восточнее Греховского II. Различаются высокотемпературная микроклинизация, тесно связанная с участками проявления контактного метаморфизма (участок Александровского месторождения и др.), и микроклинизация зон гидротермального метасоматоза. С первой из них ассоциирует медное оруденение, а со второй — свинцово-цинковое.

Зыряновское месторождение. Рудовмещающими породами Зыряновского месторождения являются существенно туфогенные отложения верхов ревнюшинской свиты и преимущественно (в пределах месторождения) осадочные маслянской свиты. Сплошные руды месторождения чаще всего залегают или в породах маслянской свиты, или приурочены к тектонически нарушенным kontaktам пород маслянской свиты с различными горизонтами ревнюшинской свиты. Вкрапленно-прожилковые руды залегают чаще в породах верхних горизонтов ревнюшинской свиты. Таким образом, в целом оруденение тяготеет к контакту маслянской и ревнюшинской свит, но тем не менее рудные тела занимают по отношению к напластованию пород чаще всего секущее положение. Верхняя часть разреза ревнюшинской свиты в пределах месторождения снизу вверх выглядит так:

Мощ-
ность,
м

- | | |
|--|----|
| 1) туфы кварцевых порфиритов с прослоями и линзами туфов кислых эфузивов | 45 |
| 2) туфогенные песчаники и алевропесчаники, превращенные большей частью в хлорит-кварцевые породы с реликтовой алевропесчанитовой микроструктурой | 50 |

- 3) туфы кислых эффузивов, тонкозернистые, слоистые с реликтовой туфовой микроструктурой, они обычно превращены в полосчатые серицит-кварцевые и кварц-серицитовые породы 50

В строении маслянской свиты участвуют главным образом известковистые и кремнистые алевролиты и их метаморфизованные разности. В основании свиты отмечаются отдельные линзы карбонатных пород — доломитов. Породы маслянской свиты на большей части месторождения превращены под влиянием контактового метаморфизма в цоизит-биотитовые роговики. В зонах интенсивных гидротермальных изменений они превращены в кварц-хлоритовые, кварц-хлорит-серицитовые, хлоритовые породы и кремневидные микрокварциты или листвениты. Осадочно-вулканогенные породы ревньюшинской свиты изменены в еще большей степени, чем породы маслянской. В них больше проявлены процессы серицитизации, окварцевания, местами микроклинизации. Они обычно превращены в кварц-серицитовые породы, серицитовые кварциты, серицит-хлорит-кварцевые, кварц-микроклиновые, реже хлорит-кварцевые породы.

Интрузивные породы в пределах месторождения представлены субвулканическими кварцевыми альбит-порфирами, дайками и интрузивными залежами порфиритов разных комплексов. Порфиры слагают интрузивные залежи, участвовали в складчатости, подвергались в мобильных зонах рассланцеванию, особенно интенсивно на южном крыле Зыряновской антиклинали. Кварцевые альбит-порфиры месторождения в различной степени микроклинизированы, особенно интенсивно в области южного крыла складки, где породы в наибольшей степени подверглись дислокациям и рассланцеванию. Вкрапленники в этих участках представлены преимущественно свежим метасоматическим микроклином, часто существенно микроклинизована и основная масса порфиров. У нижней кромки микроклинизованных интрузивных тел обычно отмечается зона окварцевания, представленная гидротермальными кварцитами, располагающимися позади фронта щелочного метасоматоза. В порфирах залежи северного крыла, относительно слабо подвергшихся тектоническому воздействию, вкрапленники представлены главным образом альбитом, микроклин редок. Интересно отметить, что в интрузивных залежах порфиров Путинцевского месторождения и на других участках, не испытавших процесса калиевого метасоматоза, полевые шпаты в аналогичных порфирах представлены преимущественно альбитом.

Широко развиты на месторождении интрузивные (дайковые) породы основного состава четырех возрастных групп. Первая из них слагает мощные неправильные дайки, не выдержаные по мощности, с многочисленными апофизами. Они сложены габбро-диабазами, диабазовыми порфиритами, изредка пирок-

сенитами. Эти дайки, в общем секущие, по отношению к складчатой структуре на некоторых участках имеют согласное залегание. В зоне гидротермального изменения породы даек этой группы нацело замещены вторичными минералами: хлоритом, эпидотом, альбитом, актинолитом, карбонатами, кварцем или лиственитизированы. Вторая группа порфиритов слагает мало мощные дайки, которые секут гидротермально метаморфизованные породы по трещинам широтного и северо-восточного простираций, но дайки нацело лиственитизированы и пересекаются залежами сплошных мелкозернистых полиметаллических руд. Третья группа порфиритов слагает дайки, секущие гидротермальные хлоритолиты. В целом эти порфиры в рудоносной зоне изменены слабее, чем дайки первых двух групп, в них сохранилась первичная микроструктура, а из минералов — альбитизированные плагиоклазы, хотя цветной минерал полностью замещен вторичными минералами: хлоритом, эпидотом и др. Иногда в них отмечается лиственитизация, а в зальбанде даек наблюдается сульфидная минерализация. Четвертую группу даек составляют биотит-полевошпатовые порфириты (лампрофиры). Они пересекают интенсивно метасоматически измененные лиственитизированные диабазовые порфириты первой группы. Сами они массивны, изменены относительно слабо, что выражено лишь в замещении крупных порфировых выделений биотита хлоритом с сохранением формы. Лиственитизацией они не затронуты. Все это дает основание считать их наиболее поздними дайками (пермский возраст).

Вмещающие породы Зыряновского месторождения собраны в антиклинальную складку, крылья которой (в основном южное) осложнены дополнительной мелкой складчатостью и продольными разрывными нарушениями. Зыряновская антиклиналь является складкой третьего порядка, осложняющей пологое западное крыло Ревнушинской антиклинали. Ось Зыряновской антиклинали погружается в западном направлении; в том же направлении происходит сужение складки, ширина ее уменьшается от 1,5 км до 200—100 м и меньше. На геологических разрезах восточного фланга месторождения Зыряновская антиклиналь представляется асимметричной складкой с круто залегающим северным крылом и более пологим южным, осложненным двумя дополнительными складками более высокого порядка. Осевые поверхности дополнительных складок опрокинуты на север, а их крылья в свою очередь осложнены продольным разрывным нарушением. В западном направлении дополнительные складки, постепенно выполаживаясь, сливаются с основной антиклиналью. Разрывные нарушения, приуроченные к крыльям дополнительных складок, также соединяются одно за другим со сбросовым швом, ограничивающим с юга рудоносную зону Зыряновского месторождения, к которому приурочена мощная порфиритовая дайка.

По северному крылу Зыряновской антиклинали проходит разрывное нарушение и зона интенсивного рассланцевания Северной промзоны. Шов этого нарушения приводит в соприкосновение крутопадающие алевролиты маслянской свиты с различными горизонтами ревнюшинской свиты. По южному крылу антиклинали проходит также продольное разрывное нарушение Южной промзоны.

Большинство разрывных нарушений органически сочетаются с пликативными дислокациями, большей частью они приурочены к крыльям складок или к антиклинальным перегибам.

Дизъюнктив Северной промзоны находится на северном крыле Зыряновской антиклинали. К нему приурочены массивные руды Покровской и Центральной линзы, Крючковской ветви, линзы «Новой». Шов этого нарушения на восточном фланге месторождения приводит в соприкосновение крутопадающие алевролиты маслянской свиты сначала с горизонтом измененных туфогенных песчаников, затем, западнее, с различными горизонтами слоя туфов кислых эфузивов ревнюшинской свиты, а еще западнее, а также в верхних горизонтах месторождения нарушение сечет породы маслянской свиты. Таким образом, в восточной части месторождения амплитуда смещения превышает 80—100 м, в западном же направлении амплитуда смещения, постепенно уменьшаясь, сходит, по-видимому, на нет. Шов нарушения имеет крутое падение (60 — 75°) на север, причем опущенным (брошенным) является висячее северное крыло нарушения. От шовной трещины нарушения отходят трещины оперения: в висячем боку в направлении вверх и на запад, а в лежачем боку вниз и на восток. Главное нарушение пересекается разломом северо-восточного направления. Место пересечения разломов определяет положение рудного столба Центральной линзы Северной промзоны.

Из всего этого видно, что рассматриваемое тектоническое нарушение представляет собой шарнирный сбросо-сдвиг, ограничивающий с севера ядерную часть Зыряновской антиклинали. В западном направлении сбросо-сдвиг затухает и переходит в безамплитудную зону интенсивного рассланцевания. Шов сбросо-сдвига почти повсеместно сопровождается развитием зоны интенсивного рассланцевания. К трещине дизъюнктива и к оперяющим его трещинам приурочены гидротермальные образования различных этапов, мощные метасоматические жилы мономинеральных хлоритовых, мусковит-хлоритовых пород, тела «вторичных» гидротермальных микрокварцитов второго этапа изменений, жилы карбонатных пород, кварцевые жилы, сплошные сульфиды.

Повторные подвижки вдоль шва дизъюнктива приводили к тому, что более ранние гидротермально-метасоматические образования подвергались рассланцеванию и дроблению и по новь возникшим трещинам проникали новые порции принад-

лежащих более поздним этапам растворов, производившие новые изменения или отлагавшие новые гидротермальные породы. Сплошные руды Северной промзоны приурочены чаще всего к тектонически осложненному контакту хлоритолитовых тел со слабо измененными осадочными породами маслянской свиты, тогда как прожилково-вкрапленные руды — к дробленым хрупким окварцованным породам ревнюшинской свиты.

Южная группа дизъюнктивов включает два дизъюнктива Внутренней промзоны, дизъюнктивы Южной промзоны, Маслянской промзоны и Южный сброс, ограничивающий с юга рудное поле месторождения.

К участкам указанных разломов, приводящим в соприкоснение осадочные породы маслянской свиты с породами ревнюшинской свиты, в верхних горизонтах месторождения приурочены массивные руды, метасоматические жилы хлоритовых пород, карбонатных пород. Около трещины разлома развиты прожилково-вкрапленные руды, уходящие на большие глубины, чем массивные. Около разлома Южной промзоны чрезвычайно интенсивно проявлен процесс фельдшпатизации пород, усиливающийся с глубиной.

Минерализованная зона Зыряновского месторождения является вместе с тем и зоной рассланцевания. Зона рассланцевания месторождения с севера ограничена сбросом Северной промзоны, приуроченным к северному крылу Зыряновской антиклинали. На юге и юг-юго-западе границей зоны рассланцевания служит Южный сброс, совпадающий с южным крылом сложной Зыряновской антиклинали. В рассланцованной зоне месторождения имеются отдельные клиновидные блоки нерассланцеванных пород маслянской свиты, слагающие синклинальные участки, зажатые между разломами.

Полиметаллическое оруденение в Зыряновском месторождении приурочено в основном к гидротермально измененным породам, слагающим главным образом ядерную часть Зыряновской антиклинальной структуры и ее крылья, осложненные зонами тектонических нарушений. В породах, почти не испытавших гидротермального изменения, залегают лишь апофизы висячего бока некоторых рудных тел, сложенных массивными рудами. Слабая гидротермальная измененность пород висячего бока отмеченных тел является их особенностью. Среди гидротермально измененных пород различаются собственно гидротермально измененные породы и гидротермально-метасоматические жильные породы, развитые в локальных зонах разрывных нарушений. С гидротермально измененными породами жильные метасоматиты обычно имеют резкие контакты. К первым относятся микрокварциты, хлоритовые, кварц-серицитовые и другие породы, ко вторым — хлоритолиты, слюдяно-хлоритовые и другие породы [72].

Гидротермальному метаморфизму в Зыряновском месторождении подверглись также контактово метаморфизованные породы. Непосредственно в самом месторождении последние представлены кварц-хлорит-циозит-биотитовыми породами (нередко с гранатом), образовавшимися по известково-глинистым алевролитам маслянской свиты, биотизированными туфами кислых эфузивов, измененными биотитизированными порфиритами [72]. Степень гидротермальных изменений на восточном фланге Зыряновского месторождения с глубиной ослабевает, а на западном фланге, т. е. в направлении склонения рудных тел, этого не наблюдается. С глубиной степень микроклинизации усиливается, а зона микроклинизированных пород расширяется. В некоторых участках они представлены преимущественно кварц-микроклиновыми и даже мономинеральными микроклинитами, почти не содержащими реликтовых минералов.

Руды на месторождении сформировались в основном после проявления в породах гидротермальных изменений. Рудные тела находятся в зонах повторного дробления и рассланцевания. В верхних горизонтах месторождения оруденение иногда проникает и в породы, не испытавшие значительного гидротермального изменения. В гидротермальном изменении пород намечается два этапа, разделенные периодом тектонических подвижек, повторного рассланцевания и внедрения дайковых пород. Первый — перекристаллизация, выщелачивание и образование в условиях железо-магниевого метасоматоза существенно хлоритовых пород и хлоритолитовых жил в зоне отложения метасоматической колонки; второй — проявление калиевого метасоматоза, образование слюдистых пород, микроклинизация, карбонатизация, оталькование, пиритизация и вместе с тем повторное окварцевание.

В Зыряновском месторождении предрудному гидротермальному метаморфизму подверглись среднепалеозойские породы, испытавшие частично синвулканические гидротермальные изменения, складчатость и контактовый метаморфизм. Гидротермально измененные породы слагают сравнительно узкую зону широтного простирания, секущую ореол контактовых роговиков поперек [72].

В плане полоса гидротермально измененных пород ограничена с двух сторон (на севере и юге) прямыми линиями разрывных тектонических нарушений [72]. В целом гидротермально измененные породы приурочены к полосе развития разломов и зон интенсивного повторного рассланцевания в ядре сложно построенной антиклинали широтного простирания.

В отличие от сквозных зон интенсивного рассланцевания и гидротермального метасоматоза полиметаллических месторождений Иртышской металлогенической подзоны гидротермаль-

ные изменения в Зыряновском месторождении приурочены к системе параллельных разломов несквозного типа, затухающих в направлении к земной поверхности. Вероятно, этим обусловлены большое развитие в вертикальной метасоматической колонке месторождения зоны «отложения» и относительно слабое изменение химического состава пород в зоне кислотного выщелачивания, выразившееся в минералогических преобразованиях без большого выноса оснований, с сохранением реликтов микроструктур первичных пород. Отмечается также большее изменение в проявлении вертикальной зональности, чем латеральной. Вне трещинных зон разломов состав гидротермально измененных пород в значительной степени обусловлен литохимическим составом первичной неизмененной породы, так как благодаря диффузионному характеру метасоматоза или медленному протеканию метаморфизующих растворов в случае инфильтрационного метасоматоза привнос вещества извне был сравнительно невелик [18].

Гидротермальная перекристаллизация пород происходила даже с сохранением реликтов микроструктур первичной породы. В связи с этим за счет кремнистых алевролитов произошли кремневидные микрокварциты, за счет карбонатно-глинистых алевролитов — кварц-хлоритовые породы и хлоритовые микрокварциты, за счет туфогенных алевропсаммитов среднего состава — кварц-хлоритовые и хлорит-кварцевые породы, а за счет туфов кислых эфузивов — серицитовые микрокварциты и кварц-серицитовые породы.

Совершенно по-иному происходили метасоматические процессы в трещиноватых зонах разломов, в зонах дробления. Здесь инфильтрирующие растворы, активно просачиваясь, обусловили интенсивный метасоматоз и даже переотложение вещества из более нижних горизонтов в верхние в молекулярной форме. В результате образовались жилоподобные тела мономинеральных пород. О выщелачивании вещества в зоне растворения свидетельствуют реликты скоплений хлорита или серицита в нижележащих окварцованных породах (кварцитах) в виде микроскопического размера хлоритовых или серицитовых участков с неправильными, рваными контурами. Но даже в случаях интенсивного инфильтрационного метасоматоза первичный литохимический состав пород, несомненно, влиял на формирование жильных метасоматических пород, так как тела хлоритолитов хотя занимают по отношению к вмещающим породам секущее положение, но предпочтительнее залегают в породах, изначально обогащенных магнием и глиноземом: в известковистых алевролитах, алевролитах, туффитовых песчаниках, что устанавливается по многочисленным химическим анализам пород. Нами наблюдалась жилы хлоритолитов, которые прерывались в вулканогенных породах кислого состава и снова появлялись в известковистых алевролитах.

Хлоритовые породы чаще всего наблюдаются на границе ороговикованных карбонатно-глинистых алевролитов с хлорит-содержащими микрокварцитами и другими гидротермально измененными породами, они как бы окаймляют прерывистой полосой зону гидротермального изменения месторождения. Хлоритовые породы наблюдаются и во внутренних частях зоны гидротермально измененных пород, главным образом в хлоритовых микрокварцитах и хлорит-кварцевых породах маслянской свиты, при этом по отношению к вмещающим их породам они имеют большей частью секущие положения (см. рис. 14). Лишь в редких случаях жилы хлоритолитов проникают в породы существенно серицового состава или в изверженные породы кислого состава. Контакты мономинеральных хлоритовых пород с вмещающими породами резкие, но тем не менее на некотором расстоянии от контакта вмещающие породы тоже хлоритизированы. Из вышеизложенного вытекает, что мономинеральные хлоритовые породы приурочены большей частью к тектоническим разрывам и трещиноватым зонам, т. е. к местам активной циркуляции гидротермальных растворов. Поэтому крайняя степень замещения с образованием мономинеральных пород должна была происходить по зонам трещиноватости в виде жилообразных масс, названных нами, по терминологии Д. С. Коржинского, метасоматическими жилами. Состав вновь образующихся минералов зависел и от состава раствора, и от компонентов исходной породы (глинозем, магний, кремнезем). Жилоподобные тела мономинеральных хлоритовых пород содержат обломки вмещающих пород, в том числе обломки микрокварцитов, что указывает на формирование их в зонах дробления.

Метасоматические жилы хлоритовых пород развиты в большинстве других месторождений Зыряновского узла. В Греховском, Снегиревском, Сажаевском, Путинцевском месторождениях они приурочены к зонам интенсивного повторного рассланцевания, секущим в первых трех месторождениях первичную слоистость пород поперек, а в последнем — по падению. В Малеевском месторождении хлоритолиты приурочены к межслоевым срывам. Они представлены обычно магнезиальным клинохлор-прохлоритом или прохлоритом.

Хлоритолиты по внешнему виду — это темно-зеленого цвета тонкочешуйчатые породы, чаще сланцеватой, реже массивной текстуры. Постоянно в них присутствует тонкая вкрапленность пирита, а также рутил, иногда сфен, апатит. Иногда в хлоритолитах присутствуют в незначительном количестве карбонаты, кварц, слюдистые минералы.

Вторая стадия дорудного гидротермального метасоматизма от стадии магниевого метасоматоза отделена тектоническими движениями, вызвавшими в отдельных участках дробление микрокварцитов, образование новых зон интенсивного расслан-

цевания, приведших к срывам и сдвигам вдоль контактов пород с различными физико-механическими свойствами.

Новые минералы, возникшие в связи с этой стадией метаморфизма, свидетельствуют о происходившем в этот период интенсивном калиевом метасоматозе. Проявление минерализации этого этапа отчетливо фиксируется в породах, богатых магнийсодержащими минералами: хлоритовых, хлорит-кварцевых, ороговикованных карбонатно-глинистых сланцах и др., благодаря появлению в интенсивно рассланцованных породах пластиночек и листочков слюд (флогопита, мусковита), располагающихся без всякой ориентировки и секущих сланцеватость. Проявление калиевого метасоматоза обнаруживается не только по новообразованиям калийсодержащих минералов в породах, ранее не содержащих минералов калия, но и по резко повышенному (вплоть до мономинеральности) их содержанию в породах кислого состава, таких как порфиры, их туфы, туффиты, кварц-серицитовых породах.

Калийсодержащие минералы, связанные с рассматриваемым этапом изменений, представлены слюдами (биотитом, флогопитом, мусковитом, серицитом) и полевыми шпатами (микроклином, адуляром, гиалофаном). В парагенезисе с калиевыми минералами обычно находятся карбонаты (со слюдами), кварц (с микроклином), пирит, тальк, апатит, указывающие на присутствие в растворах, производящих калиевый метасоматоз, углекислоты, сероводорода, фтора, фосфора. При замещении соединениями калия таких минералов, как хлорит, плагиоклазы, цветные минералы основных изверженных пород и др., одновременно образовались карбонаты (доломит, брейнерит, параанкерит и пирит), что и наблюдается. С рассматриваемым этапом метаморфизма связан и процесс окварцевания и образования части гидротермальных кварцитов, представляющих зону кислотного выщелачивания уже второго этапа.

Окварцевание второго этапа пространственно тесно сопряжено с участками проявления калиевого метасоматоза. Кварц совместно с микроклином образует кварц-микроклиновые породы, слагает жилы, содержащие калиевые полевые шпаты и слюды. На это также указывают: 1) ореолы окварцевания вокруг участков проявления микроклинизации; 2) позади фронта микроклинизации зоны своеобразных кварцитов, отличающихся от кварцитов раннего этапа гидротермальных изменений своей текстурой и микроструктурой, отсутствием реликтовых структур, большей зернистостью, гранобластовой структурой. Наличие в кварцитах остатков агрегатов слюд и хлоритов указывает на образование кварцитов путем замещения и выщелачивания указанных (в данном случае) минералов и перекристаллизации кварца. Вследствие неравновесного характера реакций метасоматоза и неполного замещения возникают по-

роды, в которых реликтовые и вновь образованные минералы находятся в самых различных пропорциях.

В результате калиевого метасоматоза по ороговикованным известковистым алевролитам маслянской свиты и интрузивным порфиритам образовались своеобразные листвениты, названные нами зыряновитами [72]. В них кроме обычных для лиственитов минералов (серицита, карбонатов) всегда присутствуют хлорит, пирит, часто биотит или флогопит. В лиственитах (зыряновитах) по осадочным породам, которые наблюдались нами в верхних горизонтах Маслянского рудника, присутствует и кварц. В лиственитах, образовавшихся по диабазовым дайкам ряда других месторождений Зыряновского узла (Богатыревского, Осочихинского и Молибденового рудопроявления), присутствует еще и фуксит. Во вмещающих породах указанных месторождений также интенсивно проявилась калишпатизация. Весьма своеобразные породы возникли при наложении минерализации этапа калиевого метасоматоза на хлоритолиты. Иногда хлориты полностью замещаются (прослежены по падению и простирации) слюдами, чаще серицитом, мусковитом и флогопитом. Нередко тела хлоритолитов по падению постепенно замещаются серицитом и переходят в мономинеральные серицитолиты. Иногда слюды (в верхних горизонтах) замещают хлоритолиты лишь частично, в этом случае чешуи слюд бывают распределены в хлорите более или менее равномерно, но располагаются несогласно по отношению к сланцеватости хлоритолита. Чаще же вместе со слюдами по хлоритолитам возникают еще карбонаты (доломит, параанкерит), образуя порфиробласты, гнезда, а иногда и слюдяно-карбонатные прожилки.

В результате калиевого метасоматоза случаи микроклинизации рассланцованных порфиров уже отмечались раньше. Очень отчетливо проявление микроклинизации фиксируется в слоистых туфах и туффитах верхов ревнюшинской свиты, превращенных в Зыряновском месторождении в кварц-серцитовые породы, за счет которых развиваются кварц-микроклиновые и микроклиновые породы. По внешнему виду это кварцитовидные очень плотные тонкозернистые породы. При описании горных выработок они очень часто принимаются за микрекварциты. Часто они настолько тонкозернисты, что даже при изучении под микроскопом при недостаточно крупном увеличении могут быть приняты за кремневидные породы. Так, тонкозернистые разновидности кварц-микроклиновых пород Богатыревского месторождения в ряде опубликованных работ описываются как микрекварциты, хотя из приведенных в них химических анализов ясно видно, что порода, описываемая как кварцит, состоит в основном из кварцита и калиевого полевого шпата ($K_2O=5,95$, $Al_2O_3=7,10$, $SiO_2=80\%$), тогда как более круп-

нозернистые с порфиробластами микроклина рассматриваются как магматические порфиры.

Метасоматические кварц-микроклиновые породы характеризуются неоднородной текстурой и изменчивыми в различных участках микроструктурой и соотношением слагающих минералов. Наиболее чистые разности этих пород сложены преимущественно микроклином и кварцем. При изучении под микроскопом часто обнаруживается пятнистая текстура, выраженная наличием мономинеральных микроклиновых участков, сложенных нередко тонкозернистым микроклином (диаметром зерен около 0,02 мм) с единичными порфиробластами, разделенных крупнозернистыми кварц-микроклиновыми участками. В кварц-микроклиновых участках микроклин почти всегда имеет кристаллографическую огранку, зерна его в разрезе имеют форму ромбиков и заключены в кварцевых зернах. В микроклиновых породах участка Александровского месторождения индивиды микроклина нередко имеют лейстовидную форму, что, возможно, унаследовано от замещенных пород.

Кварц-микроклиновые породы Зыряновского месторождения обычно содержат многочисленные включения вмещающих их гидротермально измененных пород раннего этапа: серицит-хлоритовых, серицит-кварцевых и т. д. Контакты описываемых пород с вмещающими их гидротермально измененными породами нерезкие. Переход от кварц-микроклиновых пород к вмещающим породам осуществляется постепенно, через разности с большими включениями вмещающих пород и через фельдшпатизированные и окварцованные разности гидротермально измененных пород, которые содержат многочисленные порфиробласти свежего микроклина и микроклиновые или кварц-микроклиновые жилки и гнезда. В породах, обогащенных глиноzemом и щелочами (в серицитовых породах), калиевый полевой шпат развивается в виде прожилков и порфиробласт. Для химического состава кварц-микроклиновых пород характерно, при высоком содержании калия, отсутствие для чистых разностей натрия, что для пород магматического происхождения не свойственно.

В Зыряновском месторождении крупное тело кварц-микроклиновых пород было установлено нами сначала в пределах Южной промзоны (17, 18 горизонты).

На востоке Греховского рудного поля кварц-микроклиновые породы слагают жилоподобные тела, приуроченные к секущим зонам интенсивного рассланцевания в порфиридах. В Богатыревском месторождении интенсивно микроклинизированные породы слагают секущие линзовидные тела в вулканогенных породах. В Александровском месторождении кварц-микроклиновые породы характеризуются большим разнообразием форм залегания. Во-первых, они слагают узкие секущие зоны в некообразном теле кварцевых альбит-порфиров. Во-вторых, они

заместили эруптивное тело размером в плане 8—12 м, прорывающее известковистые алевролиты, которые испытывали контактный метаморфизм. Обломки в эруптивном теле замещены на цело микроклином, а цемент — микроклин-биотит-кварцевой породой. В-третьих, это зоны дробления и интенсивного рассланцевания, где микроклиновые и кварц-микроклиновые породы слагают многочисленные линзовидные короткие жилы и гнезда в частично микроклинизированных туффитах. На выклинивающихся окончаниях жил кварц-микроклиновых пород отмечаются хлоритовые оторочки. В проявлении микроклинизации, как и ослаждения, намечается известная зональность. В участках проявления контактного метаморфизма развита высокотемпературная микроклинизация, сопровождаемая биотитизацией и образованием медного оруденения (Александровское месторождение). В участках проявления низкотемпературной микроклинизации отмечается развитие свинцово-цинковой минерализации.

Кварц-микроклиновые и фельдшпатизированные породы в Зыряновском, Богатыревском, Осочихинском месторождениях служат вместе лищем прожилково-вкрапленных галенит-сфalerитовых руд; они рассечены многочисленными кварц-сульфидными, альбит-кварц-сульфидными и сульфидными прожилками. Околорудные изменения в кварц-микроклиновых породах со свинцово-цинковым оруденением заключаются в альбитизации калиевых полевых шпатов.

Оптические свойства большинства калиевых полевых шпатов из различных месторождений Зыряновской группы сходны, а именно: $Ng = 1,525$; $Np = 1,520$; $2V = -80^\circ$, $\angle(001)$: $Np = 4 \div 8^\circ$. Эти константы, а также заметная во многих случаях микроклиновая решетка указывают на принадлежность полевых шпатов к микроклину, но иногда в породах отмечается присутствие и ортоклаза (адуляра). Изредка еще присутствует представитель калий-бариевого ряда — гиалофан, который встречен в кварц-полевошпатовых жилах. Оптические константы гиалофана следующие: $Ng = 1,531$, $Np = 1,526$, $2V = -(70 \div 73)^\circ$, $\angle(001)$: $Np = -5^\circ$. Химический анализ, проведенный в химической лаборатории ВСЕГЕИ А. Н. Аксельрод, показал содержание в минерале 6,27% оксида бария.

В размещении слюдистых новообразований этапа калиевого метасоматоза также проявлены определенная фациальная зональность. Это выражено в том, что наиболее высокотемпературные слюды биотит-флогопитовой серии и мусковиты образуют относительно небольшой ореол внутри широкого ореола серицита и развиты преимущественно на западном фланге Зыряновского месторождения (ближе к выходам пермских гранитов), а серицитовый же ореол намного шире; серицит широко развит и на восточном фланге месторождения. Калишпатизация развита по разломам.

Судя по оптическим свойствам флогопиты через промежуточные разности имеют постепенные переходы к биотитам. Железистость флогопитов возрастает с востока на запад.

Светлые слюды представлены крупночешуйчатыми (мусковиты) и тонкочешуйчатыми (серициты) разностями.

Из всего вышеизложенного можно сделать следующие выводы:

1) гидротермальный метаморфизм раннего этапа происходил значительно позже интрузии главной фазы пермских гранитов и образования ореола контактовых роговиков, в относительно однородных геотермических условиях;

2) гидротермальные изменения второго этапа (калиевого метасоматоза) осуществлялись (по крайней мере в начальном периоде) в условиях повышенного геотермического градиента (горизонтального), очевидно связанного с новой, дополнительной интрузивной фазой, обусловившей и проявление калиевого метасоматоза;

3) каждый из этапов гидротермальных изменений Зыряновского месторождения характеризуется своей метасоматической колонкой, своими зонами кислотного выщелачивания и отложения, прохождением своей опережающей волны кислотных компонентов. Можно думать, что элементы-основания первого этапа изменения извлекались в основном из боковых пород, а второго этапа частично привносились из магматического очага. Второй этап гидротермальных изменений проявился в полной мере не во всех месторождениях Зыряновского района.

В Зыряновском месторождении первичные сульфидные руды представлены массивными и прожилково-вкрапленными рудами. В стратиграфическом разрезе месторождения оруденение распределено неравномерно. Массивные руды обычно приурочены к нижней части маслянской свиты или к границе маслянской и ревнюшинской свиты, а вкрапленно-прожилковые руды — чаще к верхам ревнюшинской свиты, реже залегают в низах маслянской свиты. По-видимому, эта часть геологического разреза была наиболее благоприятна для локализации оруденения; ниже и выше оруденение встречается только в разрывных нарушениях.

Массивные сульфидные руды приурочены преимущественно к трещинам разрывных нарушений в алевролитах маслянской свиты и к тектоническому контакту алевролитов маслянской свиты с вулканогенными породами различных горизонтов ревнюшинской свиты, причем алевролиты служат висячим боком руд. Наиболее мощные участки рудных тел (рудные столбы) тяготеют к участкам пересечения рудовмещающего нарушения трещинами северо-западного простирания, к которым приурочены рудные апофизы висячего и лежачего боков главного рудного тела. Массивные руды имеют четкие границы, но ча-

сто со стороны лежачего бока сопровождаются прожилково-вкрашенными рудами. Контуры прожилково-вкрашенных руд нечеткие, границы их в известной мере условны, так как проводятся по промышленному минимуму содержания полезных компонентов. Наиболее богатые прожилково-вкрашенные руды также тяготеют к разломам, а сами залегают большей частью в зонах интенсивного рассланцевания, но контуры вкрашенных руд выходят за пределы зон интенсивного рассланцевания.

В интенсивно рассланцованных оруденелых породах рудные жилки подчеркивают реликтовые сланцеватые текстуры. В тех породах, в которых тектонические напряжения разрешались не возникновением сланцеватости, а образованием сети пересекающихся трещин и дроблением, как, например, в микрокварцитах, отложились прожилково-гнездовые вкрашенные руды штокверкового типа. Вдоль трещин тектонических нарушений прожилковые руды проникают и в более верхние горизонты. В ядерной части Зыряновской антиклинали, сложенной ревньюшинской свитой, прожилково-вкрашенные промышленные руды слагают секущие зоны, падающие большей частью на юг и юго-запад. В соответствии с имеющимися на месторождении главными рудоконтролирующими разрывными нарушениями, вдоль которых вытягиваются рудные залежи, различают несколько промышленных (рудных) зон: Северная промзона, Внутренняя промзона, Южная промзона, Маслянская промзона. Кроме того, выделяют Заводскую залежь.

Из вышеизложенного видно, что даже крупнейшие тела массивных руд в целом по отношению к вмещающим породам имеют секущее положение, хотя на отдельных участках залегают согласно, повторяя контуры пликативной структуры. По отношению к дорудным метасоматическим жильным породам руда, оказывается, залегает чаще в висячем, а иногда и в лежачем боку и внутри хлоритолитовой жилы.

Сплошные руды часто включают в себя разного размера глыбы и куски вмещающих пород: микрокварцитов, хлоритовых, серицитовых, карбонатных, измененных алевролитов. Судя по элементам сланцеватости в породах указанные глыбы оказались повернутыми относительно друг друга (см. рис. 12), что указывает на проникновение рудного вещества в тестообразном, вязком состоянии, способном перемещать обломки пород и более ранних вкрашенных руд. Включенные в руды обломки вмещающих пород обычно сами тоже оруденели. Создается впечатление, что массивные руды отложились позже вкрашенно-прожилковых. В некоторых участках рудное тело представлено прожилково-вкрашенной оруденелой вмещающей породой, пересеченной одной или несколькими жилами сплошных руд.

От главного тела массивных руд вдоль сланцеватости часто отходят многочисленные апофизы (см. рис. 13, 14). Другим

крупным рудным телом, хорошо доступным для обозрения, являлась центральная линза Северной промзоны. Форма рудного тела усложнена многочисленными апофизами, отходящими как в сторону висячего бока рудного тела, так и в сторону лежачего. Максимальные мощности рудного тела наблюдаются в местах соединения апофиз с главным телом. В остальных рудных зонах массивные руды представлены не одним крупным телом, а слагают в зоне вкрапленно-прожилковых руд мелкие разрозненные тела сплошных руд. Во вкрапленно-прожилковых рудах сульфиды и жильные минералы находятся в виде прожилков, иногда тонких, до микроскопических размеров, гнезд, реже в виде вкрапленности. В интенсивно рассланцованных породах эти прожилки располагаются обычно в трещинах сланцеватости, а в слабо рассланцованых — без особой ориентировки. В зонах дробления и интенсивного рассланцевания, развитых около малоамплитудных разрывов, наблюдаются кварц-карбонатные, кварц-карбонатно-баритовые жилы с сульфидной минерализацией.

Первичные сульфидные руды различаются по текстурному признаку: сплошные и вкрапленно-прожилковые руды. Сплошные руды представляют собой мелко- и среднезернистые скопления рудных минералов, размером от 0,05 до 1,2 мм, находящихся в тесном срастании между собой и с нерудными минералами. Чаще они представляют собой беспорядочное чередование скоплений, гнезд рудных минералов, имеющих неправильную форму, с реликтами вмещающих пород и с участками вкрапленных руд. Вкрапленные руды характеризуются большим разнообразием текстурного рисунка, которое обусловлено различием состава и физических свойств вмещающих пород. Основными компонентами руд, находящимися в промышленных концентрациях, являются цинк, свинец, медь и ряд сопутствующих элементов. К главным рудным минералам относятся сфалерит, галенит, халькопирит, пирит, блеклая руда; все остальные минералы второстепенные или редкие.

К числу редких и весьма редких рудных минералов принадлежат марказит, арсенопирит, пирротин, молибденит, гематит, магнетит, золото, электрум, штромейерит, валлерит, антимонит, кубанит, станнин и др.

Жильные минералы руд в порядке распространенности располагаются так: кварц, кальцит, магнезиально-глиноzemистый прохлорит (хлорит), альбит, серицит, барит, доломит, параанкерит, мусковит, флогопит, тальк, рипидолит, гиалофан, апатит. Наиболее распространенными жильными минералами являются кварц, кальцит, хлорит (магнезиально-глиноzemистый прохлорит), альбит, серицит, барит, тальк.

Стадийность в рудах Зыряновского месторождения проявилась слабо. Условно в рудообразовании принято выделять три стадии сульфидной минерализации: серноколчеданную, мелко-

зернистых полиметаллических руд, крупнокристаллических руд, но главная масса руд месторождения тем не менее сложена сульфидными минералами одной стадии — мелкозернистых полиметаллических руд.

На основе изучения руд можно сделать вывод о том, что степень метаморфизма руд не соответствует степени метаморфизма вмещающих пород (претерпевших многократный и в том числе региональный метаморфизм). Имеющиеся изменения в рудах связаны с локальными внутриминерализационными тектоническими подвижками. Интенсивность этих изменений возрастает от более поздних стадий к более ранним.

Гидротермальные изменения боковых пород, сопровождавшие непосредственно кристаллизацию сульфидов полиметаллических руд, могут быть отнесены к оклорудным изменениям в собственном смысле. Поскольку полиметаллические руды залегают преимущественно в породах, испытавших гидротермальный метаморфизм до формирования руд, то воздействию кристаллизующихся сульфидов подверглись главным образом ранее гидротермально измененные породы. Оклорудные изменения проявились несравненно менее интенсивно, чем предшествующие стадии гидротермального метаморфизма. Они сводятся главным образом к перекристаллизации и иногда переотложению минералов ранних стадий гидротермального метаморфизма, с укрупнением их зерен и чешуек. Рассмотрим оклорудные изменения по отдельным разновидностям пород, начиная с наиболее простых — мономинеральных жильных пород.

Оклорудные изменения хлоритолитов. Рудные тела сплошных сульфидов, а также прожилковые руды часто расположены внутри метасоматических жил мономинеральных тонкочешуйчатых хлоритовых пород, или же хлоритовыми породами сложен висячий либо лежачий бок рудных залежей. Оруденение хлоритовых пород сопровождается развитием в них крупночешуйчатого хлорита, кварца, пирита, иногда кальцита. Развитие карбоната (кальцита) всегда несколько предшествует окварцеванию и кристаллизации руд. Крупночешуйчатый хлорит, развивающийся около руд, по своему внешнему облику и оптическим свойствам отличается от тонкочешуйчатого хлорита мономинеральный породы. Оклорудный хлорит образует крупные чешуйки, часто в виде крупных веерообразных секущих по отношению к сланцеватости сростков, коррозирующих или прорастающих сфалерит руд. Оптически он также положителен, но от тонкочешуйчатого хлорита отличается высоким значением двупреломления, достигающим 0,009—0,012.

По своему химическому составу обе генерации хлоритов принадлежат, по классификации Д. П. Сердюченко, к одной разности хлорита — глиноземно-магнезиальному прохлориту, иногда переходному к клинохлору (обычно тонкочешуйчатые) или

к прохлорит-корундофиллиту (крупночешуйчатые). В относительно редких случаях наряду с глиноzemистым магнезиальным прохлоритом в мелкозернистых рудах присутствует в небольшом количестве более железистая разновидность хлорита — рипидолит. Рипидолит встречался только в рудах тех участков, которые характеризуются высоким содержанием пирита колчеданного этапа: Заводской и Маслянский участки. Рипидолит чаще всего находится в форме розеток; под микроскопом окрашен в зеленый цвет, плеохроичный, оптически положительный, угол $2V$ очень мал, $Nm=1,615$; рипидолит обладает аномальной красной интерференционной окраской.

Околорудные изменения флогопит-хлоритовых, мусковит-хлоритовых, серицит-хлоритовых и слюдяно-доломит-хлоритовых пород. Развитие кварца и крупночешуйчатого хлорита в этих породах при околорудном метаморфизме происходит так же, как в хлоритолитах. Но присутствие слюдистых минералов, а также карбонатов усложняет процессы околорудного изменения.

Непосредственно в интенсивно оруденелых породах флогопит обычно не сохраняется, а замещается крупночешуйчатым хлоритом или реже сростками хлорита с мусковитом. В околорудных боковых породах флогопит иногда сохраняется в виде реликтовых мономинеральных агрегатов, замещающихся хлоритом. В серицит-хлоритовых породах отмечается появление наряду с крупночешуйчатым хлоритом и чешуй светлой слюды — мусковита. Доломиты, входящие в состав хлорит-слюдяно-карбонатных пород, ведут себя по отношению к различным фазам полиметаллической минерализации по-разному. Ранняя халькопирит-сфалеритовая фаза полиметаллической минерализации на доломит воздействия не оказывает, а поздняя сфалерит-гальбитовая фаза полиметаллической минерализации вызывает оталькование доломитов, замещение их тальком и кальцитом. Диагностика талька производилась оптическими методами, по химическим, рентгеноструктурным и термическим анализам.

Альбитизация для Зыряновского месторождения — явление обычное, но она проявляется только при оруденении пород, содержащих в более или менее значительном количестве калиевые минералы — слюды и калиевые полевые шпаты. Причем альбитизация свойственна преимущественно рудам, обогащенным темным сфалеритом.

Для кварц-микроклиновых и микроклинизированных пород характерным процессом, сопровождающим полиметаллическое оруденение (особенно сфалеритовое), является альбитизация. Альбит этот обычно полисинтетически сдвойникован; содержание анортитовой молекулы в нем составляет 3—5%.

Иногда в фельдшпатизированных и флогопитизированных породах отмечается образование в ассоциации с пиритом, халькопиритом и кварцем зеленого железисто-магнезиального

хлорита (рипидолита или железистого корундофиллита). Хлорит образует сростки веерообразной формы, коррозирует калиевый полевой шпат, флогопит, серицит. Оптические константы хлорита: $Nm = 1,605 \div 1,618$, $+2V$ очень мал, $Ng - Np = -0,003 \div 0,007$; плеохроизм от синевато-зеленого до желтогенного. Этот хлорит постоянно ассоциирует с калиевыми минералами: микроклином, флогопитом, биотитом и с высокотемпературным пиритом I и халькопиритом.

Ороговиковые известковисто-глинистые алевролиты и их лиственитизированные и хлоритизированные разности являются наиболее обычными вмещающими породами сплошных руд Зыряновского месторождения, для которых они очень часто служат висячим боком. Изучение околоврудных изменений этапа полиметаллического оруднения в рассматриваемых породах показало, что они заключаются главным образом в слабом окварцевании и пиритизации. Около зальбанда руд в породах отмечается появление гнезд сгруппированных зерен кварца, кварцевых прожилков. Но в целом же изменения боковых пород около сплошных руд чаще всего носят более сложный зональный характер. На некотором расстоянии от зальбанда (0,5—1,5 мм) руд в боковых породах имеют место повышенные серицитизация и пиритизация пород.

Околоврудные изменения биотитовых гранитов граносиенит-гранитовой формации пермского возраста наблюдались нами в керне скважины Зыряновской ГРЭ № 1469. Полиметаллическая минерализация в виде прожилковых и вкрапленных зон сечет граниты. Сульфидная минерализация отмечается также в приконтактовых роговиках и секущих граниты аплитах и биотит-рогообманковых порфириях (лампрофирах). Сульфидная минерализация, представленная вкрапленностью галенита, сфalerита, халькопирита, пирита, иногда пирротина (в роговиках и порфириях), гематита, приурочена чаще всего к хлорит-кальцитовым, реже хлорит-кварцевым прожилкам. Сами граниты и аплитовые жилы часто в той или иной мере грейзенизированы, местами микроклинанизированы. Сульфидная минерализация наложилась на грейзенизированные и микроклинанизированные породы. В контактовых роговиках в участках сульфидной вкрапленности биотит замещен хлоритом, а кордиерит — серицитом.

Мелкие месторождения Зыряновского рудного района. Большинство других месторождений и рудоуказаний Зыряновского рудного района сходны в основных чертах с Зыряновским, отличаясь лишь отдельными особенностями геологического строения и состава руд. По существу в отдельных участках значительно более крупного и сложного Зыряновского месторождения указанные особенности в той или иной мере представлены, но не всегда достаточно четко. Описание Парыгинского месторождения, резко отличающегося

от Зыряновского по геологическому строению, приводится ниже. Геолого-петрографическая характеристика жильного медно-колчеданного Александровского и существенно свинцовых месторождений Осочихинско-Богатырской группы, отличных по составу руд, отмечена при рассмотрении геологического строения Зыряновского района и описании Зыряновского месторождения. Здесь мы остановимся только на особенностях геологического строения и состава руд других месторождений, дополняющих представления об условиях формирования и закономерностях размещения различных типов руд.

Оруденение большинства рассматриваемых месторождений представлено системой вытянутых и узких рудных линз, приуроченных к зонам интенсивного рассланцевания, гидротермальной проработки и повторного дробления, секущих слоистость не только по падению (Путинцевское месторождение), но чаще и по простиранию (Греховское I, Греховское II, Сажевское I, Александровское, Снегиревское и др.). Руды представлены сплошными, прожилковыми и вкрапленными типами. Контуры вкрапленных и прожилковых руд нечеткие, проводятся часто условно на основании данных опробования и требований кондиций. В сущности кулисно расположенные рудные линзы и рудные столбы, наблюдавшиеся в Снегиревском месторождении в местах пересечения северо-западных зон рассланцевания с благоприятными горизонтами, отделены друг от друга промежутками с рассеянной рудной минерализацией, совместный контур которых имеет в плане более или менее изометрическую форму. На флангах рудные зоны ограничены обычно литолого-фациальными границами в кварц-кератофировой формации.

В месторождении Греховское I рудные зоны секут осадочную толщу верхней части маслянской свиты, ограничены с севера порфировыми породами, хотя тоже рассланцованными, а с юга — габбро-диабазовой интрузией и отложениями флишондной формации. В Греховском II рудные зоны расположены в нижней осадочной толще маслянской свиты и в существенно осадочной верхней части разреза ревнюшинской свиты, где известковистые алевролиты часто переслаиваются с песчаниками, кремнистыми алевролитами и с редкими прослойками туфов. С юга рудные тела ограничены порфировым телом, а на севере — нередко монотонной осадочной туффитовой толщей. В Снегиревском месторождении рудные тела залегают в нижней части маслянской свиты, характеризующейся здесь переслаиванием различных литологических разностей пород. В целом в районе рудные тела редко находятся в стратиграфическом разрезе формации ниже горизонта порfiritoидов и туффитов. Только в Правоберезовском месторождении и в молибденовом рудопроявлении полиметаллическое оруденение находится в эфузивной толще, подстилающей толщу порфи-

ритондов, в последнем прожилки полиметаллических руд секут тонкорассеянное молибденовое оруденение.

В рассматриваемых месторождениях в связи с относительно (по сравнению с Зыряновским) простым строением более четко проявлена вертикальная и даже поперечная горизонтальная зональность в размещении фации дорудных гидротермально-метасоматических изменений, а также оруденения. Так, в верхних горизонтах месторождений интенсивно развиты хлоритизация, до образования хлоритовых жил — доломитизация, а в нижних горизонтах — окварцевание с образованием кварцитов и окварцованных пород. Вместе с тем гидротермальные и серицитовые кварциты второго этапа гидротермального метаморфизма занимают секущее положение не только по отношению к вмещающим породам, но и к метасоматическим хлоритовым жилам. Вертикальная зональность в размещении оруденения в Путинцевском месторождении заключается в том, что баритовые руды находятся преимущественно в верхних горизонтах рудника, ниже они сменяются полиметаллическими рудами. В ряде месторождений (Греховском II, Путинцевском, Долинном) в нижних горизонтах существенно возрастает в составе руд содержание меди. Так, в Западном рудном теле месторождения Греховское II скв. 50 на глубине были подсечены прожилковые халькопиритовые руды, заключенные в рассланцованных хлоритолитах. Вместе с тем в Снегиревском месторождении в размещении оруденения во втором рудном теле отмечается и горизонтальная зональность по простиранию рудного тела: северный фланг сложен преимущественно цинково-медными и медными рудами, а южный фланг — полиметаллическими (существенно свинцово-цинковыми). В рудном столбе, вскрытом вблизи восстающего № 37 (над промежуточным горизонтом), наблюдалось пересечение массивных существенно сфалеритовых руд мощной жилой пирит-халькопиритовых руд. Следовательно, халькопиритовые руды Снегиревского месторождения принадлежат к поздней медной стадии, не проявившейся в заметном объеме в Зыряновском месторождении. Своим минеральным парагенезисом они отличаются от медно-колчеданных руд Александровского месторождения, для которых характерна тесная ассоциация раннего пирита и халькопирита с пирротином, кубанитом, марказитом, валлеритом, а из нерудных минералов — с флогопитом, железистым хлоритом, микроклином, альбитом.

В отличие от руд Зыряновского месторождения в рудах рассматриваемых месторождений в большом количестве существует пирит и отчасти сфалерит. Большее развитие в рудах имеют полосчатые текстуры. Наблюдаются следующие основные типы полосчатости: 1) чередование сульфидных агрегатов с реликтами рассланцованных хлоритовых пород; 2) наличие нитевидных («пунктирных») прожилков мономинеральных

халькопиритового, реже сфалеритового состава в рассланцовых хлоритолитах; 3) чередование полос существенно сфалеритовых (полиметаллических) руд с пиритовыми или пирит-халькопиритовыми; 4) чередование полос пиритовых с пирит-халькопиритовыми или халькопирит-галенитовыми.

Детальное изучение взаимоотношений рудных минералов, их внутреннего строения, взаимоотношения с вмещающими породами показало, что возникновение полосчатых и зональных текстур обусловлено не региональным метаморфизмом руд, а унаследованием сланцеватой текстуры вмещающих пород и последовательностью стадий минерализации.

Этот вывод подтверждается целой серией фактов:

1) установлением тесной зависимости текстур руд от текстур вмещающих пород, полосчатые руды развиты лишь в интенсивно рассланцованных породах;

2) широким развитием в полосчатых рудах структур первичной кристаллизации: гипидиоморфнозернистой, аллотриоморфнозернистой, субграфической, и отсутствием явлений пластических деформаций; даже в нитевидных прожилках халькопирита при травлении устанавливается их неравномернозернистое строение без всяких следов двойников давления и вытянутости слагающих их зерен. Вытянутые выделения сфалерита также состоят из изометрических, округлых зерен с беспорядочно ориентированными двойниками роста;

3) сохранностью структур распада твердых растворов (эмulsionная вкрапленность халькопирита и пирротина в сфалерите);

4) присутствием катакластических структур лишь в ранних пиритах и отсутствием в пиритах полиметаллической стадии;

5) расположениемнерудных минералов (кварца, серицита, хлорита, альбита и др.) без всякой ориентировки, тогда как во вмещающих породах эти же минералы четко ориентированы по сланцеватости. Минералы вмещающих пород (серицит, хлорит) около рудных выделений испытывают перекристаллизацию и теряют присущее им ориентированное расположение;

6) сохранностью зональных структур широко развитых кварц-рудных прожилков. Центральные части прожилков чаще всего сложены кварцем со сфалеритом и пиритом, а периферические части состоят из халькопирита и галенита; реже центральная часть сложена кварцем и кварцем с пиритом, а в зальбандах располагаются сфалерит с галенитом.

Характерными образованиями месторождений рассматриваемой полосы являются послерудные хрусталеноносные кварцевые жилы с гнездами железисто-магнезиального хлорита типа рипидолита. Иногда эти жилы содержат (при пересечении руд) переотложенные сульфиды.

Особое положение среди месторождений Зыряновского рудного района занимает Малеевское. Согласные рудные тела ме-

сторождения, так же как интрузивные габбро-диабазы и гидротермальные хлоритолиты, приурочены к межслоевым трещинам отслоения и срыва. Согласные в общих чертах тела слагают и кварцевые альбитофиры, которые залегают непосредственно под рудоносным туфогенно-осадочным горизонтом. Оруденение приурочено к верхней части разреза маслянской свиты. В отличие от участка Зыряновского месторождения здесь в составе маслянской свиты присутствует значительное количество линз и прослоев туфобрекчий, туфов и песчаников. Отмечаются также признаки размыва в основаниях ритмов. Выше рудоносных слоев маслянская свита имеет преимущественно осадочный разрез и характеризуется переслаиванием алевролитов, кремнистых алевролитов и песчаников. Интрузивные образования представлены межпластовыми залежами и реже секущими дайками габбро-диабазов, амфиболовых и плагиоклазовых порфиритов.

Все породы месторождения, в том числе хлоритолиты и интрузивные породы, носят следы термального метаморфизма, выраженные в амфиболитизации пород основного состава, появлении в породах вторичного биотита, мусковита, актинолита, эпидота и цоизита. В хлоритолитах появляются звездчатые агрегаты tremolita и чешуи мусковита. Сплошные руды месторождения имеют существенно медно-цинковый состав и содержат много пирита. В размещении оруденения (по керну скв. 8) устанавливается вертикальная (поперечная) зональность. В верхнем зальбанде выделяется интервал богатых вкрапленных цинково-медных руд, за которым располагается маломощный интервал сплошных свинцово-цинковых руд, еще ниже наблюдаются массивные существенно цинковые руды, содержащие меди вдвое больше, чем свинца. У нижнего зальбанда отмечаются медно-цинковые руды с примерно равным содержанием меди и цинка. В 60-ти м ниже сплошных руд подсечена залежь существенно свинцовых вкрапленных руд. Для минералогического состава руд характерно присутствие кроме обычных минералов в небольшом количестве ассоциации высокотемпературных минералов: пирротина, кубанита (в халькопирите), самородного висмута, виттихенита, брейтгауптита, герсдорфита. Из нерудных кроме кварца, барита, кальцита, хлорита присутствуют актинолит-тремолит, клиноцизит, цельзиан. Тремолит в рудах представлен хорошо сформированными шестоватого габитуса кристаллами. Он, несомненно, принадлежит к ранней рудной стадии, сечется и слабо корродируется сфалеритом. Он бесцветный, $cNg = 16^\circ$; $2V = -86^\circ$; $Ng - Np = 0,27$. Цельзиан наблюдался в пирит-халькопиритовых выделениях, минерал с хорошей спайностью: $Ng = 1,582$; $Np = 1,570$; $\angle Ng(010) = 68^\circ$.

Парыгинское месторождение залегает в гранодиоритовом массиве Чушка змеиногорского интрузивного комплекса. Полиметаллическое оруденение приурочено к зоне дробления и пе-

рекристаллизации широтного простирания ($290-300^\circ$), шириной 100—120 м. К этой же зоне относится серия сближенных даек порфиритов и кварцевых диоритов, простирающихся согласно с направлением зоны дробления. Дайки и сама зона дробления имеют крутое падение на север, под углом 85° . Мощность даек колеблется от 10 см до 1,5—2 м. Дайки содержат включения обломков гранодиоритов. К северу и к западу от массива Чушка обнажаются биотитовые граниты пермского граносиенитового комплекса. Непосредственный контакт этих гранитов с гранодиоритами массива Чушка закрыт наносами. Как в гранодиоритах, так и в секущих их жильных порфириях отмечается проявление термально-контактового воздействия. В самих гранодиоритах, за пределами зоны дробления, это выразилось в слабой перекристаллизации и появлении сгруппированных чешуй биотита и в замещении последним роговой обманки и частично плагиоклаза. В зоне дробления породы испытали интенсивную, но неравномерную перекристаллизацию и метасоматическую переработку.

Главная рудная зона месторождения проходит по южной границе зоны дробления и перекристаллизации, выраженной более четко, чем северная граница. Главная рудная зона располагается между двумя дайками порфиритов. Рудная минерализация находится как в порфириях, так и в гранодиоритах, но наиболее интенсивное оруденение отмечается в приконтактовых частях даек, в скарновых гнездах в гранодиорите. Севернее главной рудной зоны отмечаются еще две зоны с бедной непромышленной рудной минерализацией.

Гранодиориты и секущие их порфиритовые дайки подвергались многоэтапному метаморфизму. В зоне дробления гранодиориты и кварцевые диориты испытали интенсивную, но неравномерную перекристаллизацию, а затем переработаны метасоматическими процессами, выразившимися в скарнировании, грейзенизации, турмалинизации и околоврудных изменениях. Перекристаллизованные гранодиориты из зоны дробления имеют облик массивных тонкозернистых часто гнейсовидных пород, окрашенных неравномерно в серый цвет. Порфировидная и гипидиоморфнозернистая структуры, характеризующие гранодиориты, в данных породах не сохраняются. Они представляют собой мелкозернистый агрегат кварца, калиевого полевого шпата, кислого плагиоклаза и биотита, характеризуются гранобластовой структурой с размером зерен от 0,02 до 0,06 мм. Лишь иногда при неполной перекристаллизации и грануляции в породах отмечаются реликты двойников и зонального строения первичных зерен плагиоклаза.

Дайковые породы густо пронизывают в пределах зоны дробления гранодиориты и кварцевые диориты, располагаясь согласно с простиранием и падением зоны дробления и оgneйсования гранодиоритов. За пределами зоны дробления они ред-

ки, и там они располагаются не так строго ориентированно. Дайковые породы всегда в той или иной степени изменены.

Пестрота минерального состава жильных пород обусловлена не только первичным магматическим составом, но в значительной степени метасоматическими процессами и перекристаллизацией пород. Главными разновидностями пород описываемой серии являются спессартиты, диабазовые порфиры и кварц-диоритовые порфиры. Интенсивно перекристаллизованные их разности могут быть отнесены к амфиболитам, амфибол-биотитовым породам и др. В результате калиевого и кварцевого метасоматоза появились разности существенно кварц-калишпатового состава. Интенсивно скарнированные породы полностью утратили свой первичный минералогический состав и первичную микроструктуру и превратились в метасоматические породы различных температурных ступеней скарнового процесса. Наложение более поздних стадий гидротермальных изменений еще больше осложнило состав перекристаллизованных и скарнированных пород.

Скарны и грейзены. Скарны слагают линзовидное тело, приуроченное к южной границе зоны дробления и перекристаллизации, пересекающей массив Чушка. Мощность главной скарновой линзы достигает 10 м при длине 40—60 м. Скарны имеют восточное склонение, согласное с контактовой поверхностью массива с песчано-сланцевыми толщами нижнего карбона. Скарны облекаются зоной околоскарновой минерализации, ореол развития которой превышает в несколько раз площадь самих скарнов. Скарны имеют сложный состав, причем из минералов высокотемпературного этапа в них сохранились гранаты, шпинель; минералы следующего этапа представлены амфиболом, биотитом, магнетитом, эпидотом, цоизитом.

Скарнированию подвергаются дайковые породы основного состава, кварцевые диориты и кварц-диоритовые порфиры и гранодиориты. Различия в химико-минералогическом составе исходных пород в значительной степени обусловили и состав самих скарнов: шпинель-гранат-биотитовые и гранат-амфиболовые скарны возникли исключительно по основным дайковым породам, а гранат-циозит-мусковитовые скарны — по гранодиоритам. Вследствие наложения на скарновую минерализацию также гидротермальных процессов более поздних этапов (грейзенизации и сульфидизации) минералогический состав скарнов очень усложнился. В них отмечены следующие минералы: гранат, шпинель, амфибол, биотит, эпидот, мусковит, магнетит, хлориты, цоизит, турмалин, цеолиты, кварц, сульфиды, калиевый полевой шпат, флюорит.

В гранат-шпинель-биотитовых скарнах гранат составляет от 6 до 25% объема породы. Он изотропный, $Nm=1,767$. Судя по спектральным анализам он относится к ряду альмандин —

спессартин со значительной примесью гроссуляра. За счет граната развиваются минералы эпидотовой группы. Шпинель представлена зернами, окрашенными в зеленый и синевато-зеленый цвет. Показатель преломления равен 1,760. Шпинель слагает от 5 до 15% объема породы. Биотит составляет до 60% объема пород, представлен чешуйками, окрашенными в оливково-зеленый цвет по Ng и желтоватый по Np ; Ng биотита равно 1,630. Цоизит содержится в количестве от 10 до 20%, представлен мелкими ксеноморфными зернами, расположеными между чешуйками биотита. Мусковит пятнами развивается на фоне цоизит-биотитовой породы. Иголочки амфибола, представленного бледно окрашенным, почти бесцветным актинолитом, занимают секущее положение по отношению к биотиту, гранату, шпинели, агрегатам эпидота и мусковита. Актинолит составляет около 4% объема породы, его игольчатые зерна имеют размер до 2 мм в длину. Актинолит, видимо, принадлежит к предрудной стадии минерализации. Хлорит, так же как и минералы эпидотовой группы, представлен несколькими генерациями. Одни хлориты замещают скарновые минералы, а другой хлорит слагает совместно с эпидотом прожилки в скарнах. Показатель преломления хлоритов колеблется от 1,610 до 1,628. По отношению к части хлоритов поздний актинолит и турмалин занимают секущее положение, но поздний хлорит замещает турмалин, и актинолит. Флюорит и цеолиты слагают в скарнах гнезда и прожилки.

Гранат-эпидотовые, гранат-мусковит-эпидотовые, хлорит-эпидот-мусковитовые породы. Наряду с гранатами и минералами эпидотовой группы в них широко распространен мусковит. Оптические свойства мусковита: $Ng=1,591$; $Ng-Np=0,029$, $2V=-38^\circ$. Хлорит менее развит, но представленическими разновидностями. Турмалин слагает прожилки и самостоятельные участки, составляя местами до 20% объема породы.

Турмалинизация развита преимущественно в породах зоны дробления и перекристаллизации. Турмалинизацией в этой зоне затронуты все породы, в том числе дайковые, скарны и гидротермальные метасоматические. Турмалин нередко присутствует в виде кучных скоплений, радиально-лучистых агрегатов (турмалиновые солнца), жилок и гнезд, иногда турмалин слагает почти сплошные массы. Турмалины нередко сопровождаются окварцеванием и мусковитизацией и могут рассматриваться как грязеновая стадия минерализации. Сульфидные минералы полиметаллического этапа секут и корродируют столбики турмалина; турмалин корродируется розетковидным хлоритом, сопровождающим сульфидную минерализацию. Жилки турмалина секутся рудными жилами. По химическому анализу турмалин относится к кальциево-железисто-магнезиальной разновидности.

Полиметаллическое оруденение Парыгинского месторождения приурочено к рассланцеванным kontaktам дайковых пород с гранодиоритами и к зонам интенсивного рассланцевания в перекристаллизованных гранодиоритах. Отмечается тяготение богатых руд к скарновым и к скарнизованным существенно эпидотовым породам. Вкрапленные руды приурочены к зонам рассланцевания. Сульфидная минерализация отмечается в гранодиоритах, скарнах и в дайковых породах. Богатые сульфидные руды слагают гнезда и линзы длиной от 1,0 до 10 м, при мощности от 0,1 до 1,5 м. С глубиной отмечается обеднение руд. По составу полезных компонентов руды Парыгинского месторождения отличаются от остальных руд Зыряновского рудного района высоким содержанием свинца и цинка. Для богатых сульфидных руд Парыгинского месторождения наиболее характерными являются массивные и пятнистые (гнездовые) текстуры. В рудах Парыгинского месторождения широко развиты гипидиоморфнозернистая, аллотриоморфнозернистая и интерстициальная структуры руд.

Полиметаллические руды сложены сфалеритом, галенитом, халькопиритом, пиритом, реже встречается пирротин, блеклая руда, встречены также единичные зерна кассiterита. Сфалерит обычно является преобладающим минералом, составляя от 30 до 70% всех минералов, галенит — от 10 до 30%. Содержание халькопирита в среднем не превышает 15%, хотя выделяются разновидности руд, приуроченные к порфиритам, в которых халькопирит в ассоциации с пиритом является главным рудообразующим минералом и составляет до 80% рудных минералов. Пирит в богатых рудах не является распространенным минералом, и его содержание в рудах не превышает 10%.

Колчеданно-полиметаллические и полиметаллические месторождения Белоубинско-Маймырской металлогенической подзоны

Колчеданно-полиметаллические месторождения Белоубинско-Маймырской подзоны размещены преимущественно в образованиях поздней серии кварц-кератофировой формации, на обоих крыльях одноименного синклиниория. Месторождения образуют два рудных района. Один из них находится в северо-западной части синклиниория и может быть назван Белоубинским, представлен месторождениями Гусляковским, Стрежанским, Старковским, Шубинским. Другой район находится в юго-восточной части синклиниория, в хр. Сарымсакты, и представлен пока одним месторождением — Никитинским, локализованным на северо-восточном борту синклиниория.

Белоубинский рудный район

Расположен к востоку и северо-востоку от Лениногорского рудного района, отделен от последнего Успенско-Карелинской зоной смятия. Рудовмещающие образования верхней серии кварц-кератофировой формации слагают успенскую и самые низы существенно черносланцевой большереченской свиты соответственно позднеэйфельско-живетского и живетского возраста. Вулканогенные отложения успенской свиты отличаются фациальной изменчивостью. Они слагают горизонты варьирующей мощности, породы которых связаны с несколькими центрами извержений. Как по простиранию, так и вкрест ему отмечается изменение и состава вулканитов: от преобладающих дакитов с участием базальтов в Старковском и Стрежанском месторождениях до липаритов с участием базальтов в Шубинском и липаритов в Гусляковском месторождении с преобладающим свинцово-цинковым составом руд. Успенская свита сложена в целом лавами и туфами кислых, редко основных эфузивов, переслаивающихся с туффитами и туфо-алевролитами кислого состава с единичными линзами углисто-глинистых аргиллитов. Мощность успенской свиты колеблется от 3000 до 800 м. Большелеченская свита, согласно залегающая на успенской свите, сложена в основном темно-серыми известковистыми аргиллитами, алевролитами, реже песчаниками аспидной формации. В основании свиты присутствуют и редкие прослои туфов. Отложения успенской свиты прорваны субвулканическими интрузиями липаритового и дакитового состава, последние отмечаются и в отложениях нижней части большереченской свиты.

Из интрузивных образований кроме широко развитых силловых диабазовых интрузий присутствуют также жильные породы, диабазы, кварцевые порфиры, гранит-порфиры. В большинстве случаев невдалеке от месторождений расположены гранитные массивы пермского белоубинского комплекса.

Старковское месторождение расположено непосредственно в ореоле термально-контактового влияния Белоубинского гранитного массива, воздействию которого на части восточного участка подверглись вмещающие породы месторождения, в том числе субвулканические интрузии, интрузивные диабазы, породы ранних этапов гидротермальных изменений, сопутствующие им колчеданно-полиметаллические руды. Вместе с тем регенерированное [25] существенно цинковое полиметаллическое оруденение формировалось в условиях значительного геотермического градиента, вызванного тепловым потоком остывающего гранитного массива. Вследствие этого по удалении от массива высокотемпературная минерализация сменяется низкотемпературной, в частности железистый сфалерит и пиротин — клейофаном и пиритом [25]. Регенерированные руды

приурочены к зонам повышенного рассланцевания. В некоторых из месторождений колчеданно-полиметаллические руды пересечены диабазовыми дайками позднедевонского возраста [35]. Тем самым фиксируется верхняя возрастная граница первичного оруденения. В размещении оруденения, очевидно, имели большое значение разломы древнего заложения северо-восточного и субширотного направлений. Отражением подвижек по скрытым разломам древнего заложения является образование в складках, к крутопадающим шарнирам которых приурочены рудные тела Стрежанского и Старковского месторождений, горизонтальных флексурных изгибов.

Рудные поля района в целом обладают сложным блоково-складчатым строением, обусловленным сочетанием складчатых, разрывных и вулкано-тектонических структур. В последние годы представления о геологическом строении и истории формирования месторождений района претерпели существенные изменения. Новые взгляды в этих аспектах стали складываться после детальных исследований последних лет и открытия новых месторождений [25, 34, 35, 54]. Толчком к пересмотру старых взглядов послужило выявление в Стрежанском месторождении слоистых руд экскавационно-осадочного происхождения, аналогичных рудам Второй Риддерской залежи и приуроченных к линзе углистых алевролитов и туффитов, перекрывающих экструзивный купол, образовавшийся, по палеовулканологическим реконструкциям [34], в палеокальдере.

Наряду с рудами экскавационно-осадочного происхождения в месторождении присутствуют и руды гидротермально-метасоматического и гидротермального типа, тесно связанные парагенетически с субвулканическими интрузиями липаритов среднедевонского возраста. Верхняя возрастная граница определяется также пересечением отмеченных руд дайкой диабазов позднедевонского возраста.

В Гусляковском месторождении, по данным В. Г. Золотарева [35], экскавационно-осадочная серноколчеданная минерализация и наложенное на нее гидротермально-метасоматическое существенно свинцовое полиметаллическое оруденение приурочены к нижней половине пачки туфо-алевролитов, отложившихся в вулканической палеодепрессии. Положение канала движения гидротерм, несущих оруденение, фиксируется положением осей ореолов гидротермально-метасоматических изменений, ориентированных перпендикулярно к напластованию пород и в северо-западном направлении. Это подкрепляется и минералогической зональностью, устанавливающейся по изменению составов минералов, в частности блеклых руд, и по термометрическим исследованиям [35].

В Шубинском месторождении рудовмещающий разрез представлен вулканогенно-осадочным типом отложений, переходным от преимущественно вулканогенного к перекрывающим

черносланцевым осадочным породам аспидной формации. Рудовмещающие породы сложены туфами и туффитами кислого состава, переслаивающимися с осадочными породами. Несколько в стороне в разрезе присутствуют и прослои основных эфузивов. Рудные тела месторождения согласны с вмещающими породами и перекрыты неизмененными осадочными породами, испытавшими некоторые изменения лишь по трещинам тектонических нарушений, тогда как породы успенской свиты в пределах рудоносной полосы подвержены интенсивным гидротермальным изменениям. Месторождение в целом и отдельные рудные тела обладают асимметричной поперечной зональностью. В строении рудных тел отмечается закономерная смена от висячего бока к лежачему в таком порядке: сплошные медно-цинково-колчеданные, сплошные медно-колчеданные, сплошные серноколчеданные, вкрашенные серноколчеданные, метасоматиты с пиритовой вкрапленностью.

В. Г. Золотарев подобную зональность, вслед за В. И. Смирновым, считает зональностью отложения, характерной для эксплатационно-осадочных руд. В строении рудной залежи участают до трех таких зонально сложенных ритмов, однако два из них выражены не очень четко [35]. Высказанное воззрение подкрепляется результатами термометрических исследований. Наиболее высокие температуры декрепитации отмечаются в центре рудных тел (220 — 260°C), падая к контактам, особенно к висячему боку. Серноколчеданные руды при приближении к медно-цинковым имеют низкие температуры декрепитации, тогда как более нижние тела их — высокие температуры (280 — 360°C). Вмещающие породы и руды Шубинского месторождения под воздействием динамических напряжений и наложенных гидротермально-метасоматических процессов претерпели изменения, перекристаллизацию и даже частичное переотложение.

В Никитинском месторождении, расположенному в хр. Сарымсакты, рудовмещающая осадочно-вулканогенная толща верхней серии кварц-кератофировой формации относится к верхней части верхнекултабарской свиты [74]. Вулканогенные породы рудоносной толщи относятся к натриевому ряду. Месторождение находится вблизи массивов пермских гранитов. Вмещающие породы месторождения, в том числе позднедевонские диабазовые интрузии, подверглись в узкой зоне рассланцеванию и двухэтапной гидротермально-метасоматической проработке [74], при этом поздний этап сопровождался калиевым метасоматозом. Разведочные работы на месторождении по существу еще не проводились, поэтому суждение об оруденении получено лишь по наблюдениям на поверхности.

Оруденение во всех участках месторождения приурочено к зонам интенсивного рассланцевания и гидротермальной проработки. Ширина этих зон составляет от нескольких метров до сотен метров, при протяженности до 1 км и более. Маломощ-

ные зоны гидротермальных изменений и гидротермальной проработки наблюдаются и в породах перекрывающей аспидной формации, где они нередко представлены ассоциацией минералов верхней части метасоматической колонки, в том числе хлоритолитами. К зонам дробления в подобных хлоритолитах приурочены сплошные колчеданно-полиметаллические руды Параллельной зоны.

Особенность руд рассматриваемого месторождения заключается в обилии в них пирита, который является не только составной частью колчеданно-полиметаллических руд, но слагает и самостоятельные тела сплошных и густовкрапленных серноколчеданных руд, и зоны пиритной вкрапленности в метасоматически измененных породах.

УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ И КОЛЧЕДАННО- ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ И ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ИХ РАЗМЕЩЕНИЯ

Проявления свинцово-цинкового полиметаллического и колчеданно-полиметаллического оруденения Алтая сосредоточены преимущественно в Рудно-Алтайской и Южно-Алтайской структурно-формационных зонах герцинских геосинклинальных прогибов, в зонах пригеосинклинальных прогибов: Коргонской, Курынской, Ануйско-Чуйской, а также в Чарышском синклиниории, сформировавшемся на месте остаточных прогибов каледонид этой части Горного Алтая. Однако месторождения промышленного значения расположены преимущественно в Рудно-Алтайской и частично Южно-Алтайской структурно-формационных зонах, возникших на месте вторичных геосинклинальных прогибов, каледонский фундамент которых сложен интенсивно метаморфизованными терригенными и карбонатно-терригенными породами, прорваными многочисленными массивами досилурийских гранитоидов. История геологического развития Рудного Алтая характеризуется большой сложностью. Территория его разбита на ряд узких блоков, которые в течение герцинского тектонического цикла развивались весьма дифференцированно. Интенсивный и контрастный магматизм протекал при большом участии процессов синтексиса, ассилияции и контаминации, особенно на ранних стадиях развития, постепенно затухавших к концу геосинклинального этапа. Преобладающие в начале тектонического цикла процессы синтексиса при магмообразовании сменялись ослабленно проявившимися процессами ассилияции и контаминацией, а завершался вулканизм в собственно геосинклинальный этап излиянием небольшого объема толеитовой магмы. Указанная эволюция магматизма, по-видимому, сопровождалась ослаблением и процессов первичного рудогенерирования.

Постинверсионный магматизм щелочноzemельной серии протекал снова при усиении процессов ассилияции, тогда как последующие проявления гранитного магматизма сопровождались интенсивными метасоматическими процессами, которые в совокупности с термальным воздействием могли способствовать регенерированию концентрированного оруденения в одних случаях и мобилизации рассеянного оруденения в других. Особо-

бенности тектонического развития и своеобразия магматизма нашли отражение в формациях палеозойских отложений отдельных частей Рудного Алтая, в строении и составе расположенных на этих территориях полиметаллических месторождений и, наконец, обусловили металлогеническую специализацию всей зоны и сложный механизм формирования рудных месторождений.

Территория преимущественного распространения главных полиметаллических и колчеданно-полиметаллических месторождений, охватывающая всю Рудно-Алтайскую структурно-формационную зону и окраинные части Белоубинско-Маймырской подзоны Южно-Алтайской структурно-формационной зоны, выделяется нами в полиметаллическую металлогеническую зону. За пределами указанной зоны в остальной части полиметаллического пояса наряду с месторождениями редких металлов и железа распространены исключительно мелкие свинцово-цинковые месторождения и рудопроявления.

Связь оруденения с вулканогенными формациями

В геологическом разрезе Рудно- и Южно-Алтайской структурно-формационных зон полиметаллическое (включая колчеданно-полиметаллическое, колчеданное и свинцово-цинковое) оруденение приурочено преимущественно к образованиям кварц-кератофировой формации. Вне названной формации известно всего два небольших жильных месторождения: Парыгинское (в гранодиоритах змеиногорского интрузивного комплекса) и Заводинское (в породах островной андезит-дацитовой формации). Имеется еще ряд рудопроявлений, связанных главным образом с андезит-дацитовой формацией; очень редко сульфидная минерализация отмечается в образованиях андезит-базальтовой и известковисто-сланцевой формаций, в гранитоналах змеиногорского комплекса, в гранитах пермского возраста и в породах фундамента.

В зонах Коргонского, Курьинского, Ануйско-Чуйского пригеосинклинальных прогибов Горного Алтая свинцово-цинковое оруденение приурочено к девонским осадочно-вулканогенным формациям, синхронным кварц-кератофировой формации Рудного Алтая. Эти формации по геологическим условиям образования и по химическому составу пород занимают положение, промежуточное между геосинклинальной кварц-кератофировой формацией и орогенными вулканогенными формациями. В Чарышском синклиниории полиметаллическое оруденение приурочено к существенно карбонатным отложениям силурийской и позднеордовикской молассоидной известковисто-сланцевой формации каледонид.

В прилегающих к Рудному Алтаю частях Иртышской медно-золоторудной металлогенической зоны слабая свинцово-цин-

ковая минерализация отмечается в карбонатно-песчано-сланцевой формации, синхронной кварц-кератофировой формации. Следовательно, в герцинском структурном этаже полиметаллическое оруденение сосредоточено преимущественно в девонской кварц-кератофировой формации Рудного и Южного Алтая, а полиметаллическая минерализация — и в синхронных ей отложениях других зон Алтая. В каледонском структурном этаже относительно бедное полиметаллическое оруденение отмечено в позднеордовикских и силурийских отложениях, сформировавшихся в каледонских остаточных прогибах.

Полиметаллическое оруденение в кварц-кератофировой формации подчиняется закономерностям ее внутреннего строения и фациальным особенностям. Структурно-формационные подзоны Рудно- и Южно-Алтайской зон значительно различаются между собой по характеру разреза и петрохимическому составу кварц-кератофировой формации. Различаются они и в металлогеническом отношении. Так, Лениногорско-Зыряновская структурно-формационная подзона и участки Змеиногорской подзоны, прилегающие к Алейскому антиклиниорию, характеризуются большим удельным весом в разрезе кварц-кератофировой формации пород ранней натрий-калиевой серии, в том числе и субвулканических интрузий соответственного состава. Относительно повышенное содержание калия свойственно в рассматриваемых подзонах, особенно в Лениногорско-Зыряновской, и последующим плагиопорфировым сериям. Вместе с тем именно на территориях этих подзон, объединяемых в одну металлогеническую подзону, распространены преимущественно собственно полиметаллические месторождения. Полиметаллический или существенно свинцовый состав руд свойствен в этой металлогенической подзоне и скарновым месторождениям, например Парыгинскому, а также Мамонтовскому, Щебнюшинскому и другим жильным проявлениям, приуроченным к гранитоидным интрузиям.

В Холзунско-Сарымсактинской структурно-формационной подзоне из образований кварц-кератофировой формации развиты преимущественно породы калиевой, липаритовой серий. Соответственно там распространены исключительно свинцово-цинковые и свинцовые рудопроявления. Территория их распространения выделяется в особую Холзунско-Сарымсактинскую металлогеническую зону.

В окраинных частях Белоубинско-Маймырской структурно-формационной подзоны прерывисто развиты породы натриевой плагиопорфировой серии с относительно высоким удельным весом пород дацитового и андезитового состава с натриевым уклоном. Соответственно с этим здесь распространены преимущественно колчеданно-полиметаллические месторождения и рудопроявления. В Алейской структурно-формационной зоне вулканизм раннего липаритового периода проявился относи-

тельно слабо и становление кварц-кератофировой формации достигло максимального развития в периоды образования натриевых плагиопорфировых и диабазовой серий. Соответственно в Алейской металлогенической подзоне распространены колчеданно-полиметаллические, колчеданные и медные месторождения. Медным и медно-цинковым составом руд в отличие от Змеиногорско-Зыряновской подзоны характеризуются скарновые месторождения и особенно рудопроявления, связанные с гранитоидами змеиногорского интрузивного комплекса. В тектонических клиньях Прииртышской металлогенической подзоны преобладают колчеданно-полиметаллические месторождения. Здесь в составе кварц-кератофировой формации особенно большую роль играют туффитовые фации пород, но и по ним устанавливается вертикальная смена натрий-калиевых пород натриевыми, причем мощность последних в разрезе значительно больше.

Общие закономерности в размещении рассматриваемых типов оруденения в кварц-кератофировой формации очень четко проявлены в разрезе. Они заключаются в том, что во всех структурно-формационных и металлогенических подзонах месторождения и рудопроявления с относительно повышенным содержанием свинца размещены, за небольшим исключением, в нижней части формации: в породах ранней натрий-калиевой серии, а месторождения существенно колчеданные с повышенным содержанием меди или меди с цинком — в средней и верхней частях разреза кварц-кератофировой формации, в породах кварц-плагиопорфировых серий. С учетом наличия в низах кварц-кератофировой формации сингенетичных полиметаллических месторождений экскальационно-осадочного происхождения, а также фактов наложения в некоторых месторождениях колчеданного оруденения на полиметаллическое можно сделать вывод о тесной связи полиметаллического оруденения с ранней натрий-калиевой серией кварц-кератофировой формации и о его более раннем, чем колчеданное и колчеданно-полиметаллическое оруденение, возрасте.

Рассмотрим характер размещения полиметаллического оруденения в разрезе кварц-кератофировой формации важнейших металлогенических подзон. В Змеиногорско-Зыряновской металлогенической подзоне почти все собственно полиметаллические и барит-полиметаллические месторождения (Майское, Змеиногорское, Зареченское, Среднее, Лениногорское, Сокольное и др.) приурочены к породам натрий-калиевого ряда, обычно слагающим низы разреза рудоносной формации. Лишь в Зыряновском месторождении оруденение совпадает с породами, находящимися стратиграфически несколько выше образований ранней серии, но здесь по сравнению с другими районами относительно повышенное содержание калия свойственно и породам верхней серии. Кроме того, руды месторождения, приуроченные к зоне интенсивного рассланцевания, могли

быть и перемещенными. В целом же в Змеиногорско-Зыряновской металлогенической подзоне в образованиях верхних пла-гиопиритовых серий расположены преимущественно колчеданно-полиметаллические месторождения: Корбалихинское, Тишинское, Снегирихинское, Лазурское, Черемшанская, «Габриэль» и другие с повышенным содержанием в рудах цинка, а также меди и серного колчедана. Среди вмещающих пород этих месторождений часто значительно развиты эфузивные и интрузивные породы андезит-дацитового состава, например в Тишинском, и диабазового состава — в Корбалихинском, Лазурском, Снегирихинском.

В Алейской металлогенической подзоне ранняя серия заключает рудные тела Орловского, Золотушинского, Шемонаихинского, Таловского, Покровского II и других колчеданно-полиметаллических месторождений, среди которых резко выделяется Орловское месторождение высоким содержанием в рудах меди и серного колчедана. Как мы видели из описания месторождения, это отклонение обусловлено наложением минерализации позднего медно-колчеданного этапа оруденения. В Верхубинском рудном районе отмеченная закономерность затушевана наличием в породах ранней серии кварц-кератофировой формации ряда скарновых и гидротермальных медных месторождений и рудопроявлений, связанных с гранитоидами змеиногорского интрузивного комплекса, многочисленные массивы которых приурочены к Шемонаихинско-Секисовской зоне разломов.

В породах поздних серий рудоносной формации эйфельско-живетского и франского возраста расположены преимущественно колчеданные, медно-колчеданные, серноколчеданно-медно-цинковые и колчеданно-цинковые месторождения. Причем в образованиях ранних серий обширного Николаевского района фиксируются два этажа оруденения, приуроченные соответственно к двум литолого-фациальным типам разреза: 1) к более ранним осадочным образованиям — существенно медные (Камышинское месторождение) или существенно цинковые (Рулихинское месторождение) согласные руды; 2) к более поздним прижерловым и жерловым вулканогенным образованиям — серноколчеданные (Сугатовское, Новониколаевское), серноколчеданно-медно-цинковые (Николаевское месторождение), штокверковые медно-колчеданные (Рулевское рудопроявление), жильные цинково-медные (месторождение «Чудак») руды.

В Прииртышской металлогенической подзоне Березовское колчеданно-полиметаллическое месторождение и Глубочанские залежи Белоусовского месторождения и другие рудопроявления с повышенным содержанием свинца находятся в породах существенно туффит-осадочной части разреза кварц-кератофировой формации, характеризующейся относительно высоким содержанием калия и магния, а Новоберезовское, Иртышское,

Белоусовское колчеданно-полиметаллическое месторождение, относительно бедные свинцом, располагаются в породах выше лежащей плагиопорфировой серии. Причем наиболее колчеданным составом характеризуются руды пирротинового ряда Новоберезовского месторождения, метаморфизованные под воздействием гранитоидов змеиногорского комплекса.

Фациальные особенности и закономерности расположения фаций кварц-кератофировой формации в пространстве, несомненно, во многом предопределили размещение в ней полиметаллического оруденения. К сожалению, до последнего времени изучению и съемке вулканогенных фаций уделялось мало внимания. Тем не менее данные, полученные при геологическом изучении отдельных рудных полей, показывают необходимость знания распространения фаций для понимания закономерностей в проявлении оруденения.

Сингенетичное оруденение непосредственно связано с определенными фациями вулканогенных пород, поэтому для сингенетических руд (и их видоизмененных разностей) фации могут быть использованы как прямой критерий поисков. Вулкано-тектонические структуры, контролировавшие размещение поствулканического гидротермального оруденения, связанного парагенетически с субвулканическими интрузиями, могут быть выделены лишь на основе фациального анализа. Наконец, физико-механическая гетерогенность, создаваемая совокупностью фаций, обусловливала во многом возникновение при дислокациях складчатых и разрывных структур, благоприятных для локализации первично или вторично гидротермальных (перемещенных) руд. При гидротермально-метасоматических процессах, сопровождавших рудообразование, решающее значение приобретают контрастность вещественного состава фаций, их химический состав, физико-химические и физико-механические свойства (пористость, проницаемость, пластичность, хрупкость, твердость и др.). Многие из структурных форм развивались при складчатости унаследованно по вулкано-тектоническим и конседиментационным структурам.

Имеющиеся материалы по рудным полям Алтая показывают, что состав руд и пространственное их размещение часто оказываются обусловленными именно фациальным составом пород. Благоприятными для локализации полиметаллического и барит-полиметаллического оруденения, а также для образования наиболее крупных месторождений оказались фации кремнистых и карбонатно-кремнистых пород, тонкозернистых туфов и туффитов, алевропелитовых пород, формировавшихся в понижениях подводного рельефа (вулканических депрессиях) и находящихся на некотором удалении от синхронных им центров подводных вулканических извержений, как, например, в Риддер-Сокольном и Зыряновском месторождениях. Такой харак-

тер-размещения фаций вулканизма для Лениногорского рудного района был выявлен В. В. Поповым [57].

Руды барит-полиметаллических, полиметаллических и ряда колчеданно-полиметаллических месторождений приурочены в Лениногорском, Сокольском, Змеиногорском, частично Зыряновском, к участкам развития мощных линз первичнокремнистых пород, перекрытых горизонтами алевролитов и аргиллитов; в Зареченском месторождении — к кремнистым сланцам, перекрытым известняком; в Золотушинском, Орловском, Корбалихинском и др. — к тонкозернистым породам, переслаивающимся с кремнистыми сланцами и тонкозернистыми туфами, и в Березовогорском, Степном, Березовском, Семеновском месторождениях — к алевропелитам, переслаивающимся с тонкозернистыми туфами, известняками, углистыми сланцами. Ряд исследователей значительную роль в локализации оруденения отводят углистому веществу, имеющемуся в составе отложений [61], что особенно характерно для Второй Риддерской залежи, Рулихинского, Белоусовского, Березовского, Иртышского месторождений. Весьма примечательной особенностьюrudовмещающих пород Зыряновского, Риддер-Сокольского, Тишинского, Путинцевского (полиметаллических) и Белоусовского, Шубинского, Никитинского, Снегиринского, Стрежанского, Гусляковского, Старковского (колчеданно-полиметаллических) месторождений является перекрытие осадочно-вулканогенных рудоносных горизонтов мощными терригенными толщами, низы которых заключают тела богатых, часто сплошных руд. Режеrudовмещающие существенно осадочные толщи перекрыты мощными эфузивными толщами, как это имеет место в Золотушинском, Орловском, Новозолотушинском месторождениях. Еще реже они перекрыты основными эфузивными и субвулканическими породами, что наблюдается в Корбалихинском, Рулихинском и частично Николаевском месторождениях.

Над рудными телами иrudовмещающими гидротермально измененными породами большинства полиметаллических и колчеданно-полиметаллических месторождений расположены линзовидные тела субвулканических интрузий. Значительно реже, например в Новозолотушинском, Тишинском, Шубинском месторождениях, субвулканические тела располагаются на флангах рудных тел. Все вышеперечисленные особенности строения рудоносных горизонтов рудных полей полиметаллических месторождений обусловливали резкую физико-механическую анизотропностьrudовмещающей среды, способствующую разрядке тектонических напряжений, проявившихся в виде разрывных нарушений, срывов по плоскостям отслаивания пород, дробления хрупких пород. При этом возникали многочисленные разрывные нарушения и других направлений. Все они являлись путями циркуляции водных растворов и эманаций в различные периоды развития структур. Вместе с тем приуроченность боль-

шинства полиметаллических месторождений, в том числе наиболее крупных, к фациям пород кварц-кератофировой фации, удаленной на 2 км и более от центров извержения, подчеркивает близкую связь формирования вулканогенно-осадочных образований и оруденения. По-видимому, условия образования фациальных комплексов пород, удаленных от центров извержений, благоприятствовали наряду с гидротермальной рудной минерализацией возникновению и гидротермально-осадочной минерализации [54].

В отличие от полиметаллических месторождений к совершенно иным фациям приурочены колчеданные, серноколчеданно-медные и некоторые колчеданно-полиметаллические месторождения. Они связаны преимущественно с вулканогенными толщами прижерловой фации. Колчеданные руды часто приурочены к апикальным частям штокообразных тел, к жерловинам, неккам или субвулканическим интрузиям кварцевых альбитофиров или к контактам таких тел, прорывающих вулканогенные толщи, что имеет место в месторождениях Сугатовской группы, в Николаевском месторождении, в Новониколаевском, Рулевском и других рудопроявлениях. Значительно большее разнообразие в приуроченности свинцово-цинковой минерализации к определенным фациям кварц-кератофировой формации отмечается в Холзунско-Сарымсактинской металлогенической зоне, где рудопроявления и месторождения находятся в субвулканических интрузиях, в туфогенных конгломератах, формирующихся у подножий вулканических гряд, приурочены к экструзивным образованиям, к горизонтам песчанико-сланцевых и сланцевых пород, но особенно характерны рудопроявления с рассеянной галенитовой вкрапленностью в тонких доломитизированных известняках.

Закономерности размещения полиметаллической минерализации различного состава в фациях вулканических пород, установленные в образованиях кварц-кератофировой формации, имеют место и в породах островной андезит-дацитовой формации. Относительно слабая полиметаллическая минерализация отмечается в них преимущественно в толщах, сложенных кислыми эфузивами, а единственное полиметаллическое Заводинское месторождение, находящееся в образованиях формации, приурочено к участку развития пород липаритовой серии. Медные рудопроявления распространены и в более основных сериях.

Геохимическая и металлогеническая специализация осадочно-вулканогенных кварц-кератофировой и островной андезит-дацитовой формаций

Из анализа геохимических особенностей геологических формаций складчатой системы [19] вытекает, что роль главных рудообразующих элементов — свинца, цинка и меди — в ка-

чество сопутствующих элементов в породах геологических формаций возрастает от более древних к более молодым, причем не в одинаковой степени. В породах кварц-кератофировой формации вне рудных полей свинец и цинк содержатся в количествах значительно ниже кларковых, в больших количествах присутствует лишь медь. В последующих геосинклинальных формациях в составе сопутствующих элементов возрастает значение цинка. Свинец же в большом количестве случаев в вышекларковых количествах устанавливается лишь в орогенных и позднеорогенных формациях. Часть свинца в них находится и в сульфидной форме [19].

В рудных полях полиметаллических месторождений породы с рассеянной сульфидной минерализацией занимают очень большие объемы, превышающие во много раз объемы рудных тел. Контуры самих рудных тел большей частью (прожилково-вкрашенных) определяются условно, исходя из промышленного минимума содержания для данного месторождения. Содержание свинца и других металлов в ореоле рассеянной сульфидной минерализации за пределами рудных тел колеблется от тысячных и сотых долей процента до 0,5—1%. По данным исследований, выполненных А. Н. Литвинович, В. В. Поповым [57], а также по подсчетам, сделанным А. А. Малыгиным для ореола рассеянной сульфидной минерализации, в Лениногорском рудном поле содержатся запасы свинца в десятки раз больше, чем в рудных телах вместе с выработанной их частью. Возрастное взаимоотношение ореола рассеянной рудной минерализации и промышленных рудных тел без специальных исследований едва ли может быть установлено точно. Вероятно, не может быть оправданным и перенос факторов структурного и магматического контроля оруденения, установленных для руд, в особенности сплошных, на все оруденение в целом, тем более если учесть приведенные уже отдельные факты более позднего формирования массивных руд даже по отношению к прожилково-вкрашенным рудам.

Факторы интрузивно-магматического контроля оруденения

Полиметаллические, колчеданно-полиметаллические и медные месторождения Полиметаллической металлогенической зоны Алтая находятся в пространственной связи со многими интрузивно-магматическими комплексами. Принимая указанный признак за основу при выяснении генезиса и возраста оруденения, исследователи алтайских полиметаллических месторождений пришли к весьма противоречивым выводам.

В свете вышеизложенного связь алтайских рудных месторождений с магматическими комплексами, по мнению автора, имеет весьма сложный, но зачастую косвенный характер. Представляется также неоправданным ограничение формирования

месторождений хотя и стадийным, но одноступенным процессом отложения сульфидов. Очевидно, под влиянием последующих эндогенных процессов, в первую очередь термального воздействия интрузивно-магматических масс (а они занимают до 50% площади Рудного Алтая), тепловых потоков и гидротермальных растворов, первичное рудное вещество минерализованных участков и руды подвергались мобилизации и перекристаллизации с некоторым перемещением компонентов и добавлением при этом новых. При мобилизации перемещаемое рудное вещество приспособливается к вновь возникшим структурным условиям. Переотложение руд зачастую сопровождалось концентрацией оруденения, накоплением его в благоприятных структурах и образованием богатых руд. Таким образом, формирование рудных месторождений Алтая продолжалось, вероятно, длительное время, в течение всего герцинского тектономагматического цикла, характеризовавшегося в Алтайской металлогенической зоне обильным проявлением многочисленных магматических комплексов.

Характер связи оруденения месторождений разного типа с различными интрузивными комплексами в возрастной последовательности рассмотрим ниже.

Гранитные комплексы девонского возраста. Межовский средне-позднедевонский гранитный массив является относительно хорошо изученным в Алтайской металлогенической подзоне. Он сложен существенно микроклиновыми биотитовыми гранитами. Непосредственно в зоне экзоконтакта, т. е. в ореоле контактовых роговиков и высокотемпературного метасоматоза Межовского массива, расположено Таловское месторождение. Рудные минералы месторождения находятся в ассоциации с такими высокотемпературными метасоматическими минералами, как флогопит, ганит (цинковая шпинель), магнетит, пироксены (ромбический и салит), роговая обманка, замещенными позже частично баститом, тальком, хлоритом, а еще позже подвергшимися перекристаллизации с образованием секущих иголочек tremolита. Главная масса руд представлена высокотемпературной ассоциацией минералов из очень железистого сфалерита (марматита), халькопирита, пирита, магнетита, а также из пирротина, кубанита, валлернита. Все это указывает на то, что ранняя высокотемпературная рудная ассоциация минералов образовалась путем перекристаллизации руд в условиях большого температурного градиента, обусловленного Межовским гранитным массивом. Последующие слабо проявившиеся низкотемпературные стадии рудоотложения полиметаллического состава не оказали существенного влияния на состав руд ранней стадии.

Рулихинское месторождение расположено дальше от контакта Межовского гранитного массива, чем Таловское, но здесь оруденение представлено также двумя разными морфогенети-

ческими типами руд, различающимися по минеральному и химическому составу. Первый тип представлен магнетит-пирит-сфалеритовыми рудами в скарновых образованиях и слагает чаще секущие тела. Второй тип оруденения представлен прожилково-вкрашенными полиметаллическими рудами в согласных зонах пирит-кварц-серийтовых изменений. Николаевское месторождение расположено от Межевского массива еще дальше. Непосредственно в самом месторождении высокотемпературная минерализация не отмечается. Скарнированные известняки с медной минерализацией отмечаются несколько восточнее месторождения. Оруденение в месторождении представлено двумя разновозрастными и с разными структурно-текстурными особенностями типами руд. Первый тип — это сплошные и вкрашенные кристаллические руды, образовавшиеся стадийно. В них на серно-колчеданное оруденение наложено медное и медно-цинковое оруденение. Второй тип — это сплошные метаколлоидные руды с относительно повышенным содержанием свинца. Такие руды возникли позже, цементируют обломки кристаллических руд и образуют в них жилы и прожилки.

Комплекс габбро-диабазовых интрузий позднедевонского и раннекарбонового возраста. Он приурочен к зонам глубинных разломов, в Белоубинско-Маймырской металлогенической подзоне с ним пространственно ассоциируют колчеданно-полиметаллические месторождения, а в Вавилонском рудном районе Иртышской металлогенической зоны — пирротиновые месторождения, руды которых возникли, по-видимому, путем метаморфизма серноколчеданных руд под влиянием гранитных интрузий калбинского комплекса. Характер связи оруденения с рассматриваемыми интрузиями остается невыясненным. По результатам наших исследований, тела сплошных мелкозернистых колчеданно-полиметаллических руд Никитинского месторождения окончательно сформировались после того, как интрузивные диабазы и другие вмещающие породы месторождения подверглись гидротермальным изменениям и интенсивному калиевому метасоматозу. В Старковском месторождении на колчеданно-полиметаллическое оруденение и диабазовые интрузии накладывается высокотемпературная минерализация, связанная с гранитами белоубинского комплекса пермского возраста. В Стрежанском месторождении колчеданно-полиметаллические руды секутся диабазовыми дайками рассматриваемого комплекса.

Змеиногорский гранитоидный комплекс на-мюрского или среднекаменноугольного возраста. В Березовско-Белоусовском рудном районе с ним ассоциируют рудные тела Новоберезовского месторождения, которые частично находятся непосредственно в экзоконтакте массива кварцевых диоритов. Рудные прожилки отмечаются в

краевой части и самого массива. Влияние интрузии кварцевых диоритов на оруденение усматривается в приуроченности руд «пирротинового ряда» к участкам рудных тел, прилегающих к массиву кварцевых диоритов, тогда как руды «пиритного ряда» располагаются на удалении от массива. Наличие в «пирротиновых рудах» бластопорфировых выделений пирита — реликта серноколчеданных руд, очевидно, указывает на их перекристаллизацию под влиянием интрузии. Руды Новоберезовского месторождения, особенно пирротинового ряда, отличаются от руд других месторождений района высоким содержанием сульфидов железа, пирита и пирротина и низким — свинца, цинка.

В Алейской металлогенической подзоне с массивами гранитондов змеиногорского интрузивного комплекса, главным образом гранодиоритового состава, связаны многочисленные мелкие месторождения и рудопроявления меди гидротермального и скарнового типов. Они обычно располагаются в экзоконтактовой зоне интрузий или на небольшом удалении от комплекса. Кварц-жильные рудопроявления наблюдаются и в самих гранитондах. Отмеченные месторождения находятся в отложениях различных формаций, прорываемых гранитондами змеиногорского комплекса, в том числе в породах фундамента и известковисто-сланцевой формации (Пещерное рудопроявление), но главные месторождения и рудопроявления этого типа, такие как Верхубинское, Орловское скарновое, Хребты, Опенышевское и др., залегают в сбразованиях кварц-кератофировой, а Павловское, Бухтарминское, Погранично-Александровское и др. — в островной андезит-дацитовой формации. Интересные данные о взаимоотношении серноколчеданной минерализации со змеиногорскими гранитондами получены при бурении скважин на Опенышевском месторождении, расположенном над сводовой частью гранодиоритовой интрузии. Скв. 19, пройденной Шемонаихинской ГРП, колчеданные руды в хлоритолитах, залегающие в мощной зоне гидротермально измененных вулканогенных пород, подсечены в 180—200 м над кровлей интрузии. Скв. 35, пройденной восточнее скв. 19, в 30—50 м над кровлей гранодиоритовой интрузии в контактовых роговиках встречена густая вкрапленность уже пирротина, очевидно заместившего пирит, что указывает на доинтрузивный возраст по крайней мере части колчеданной минерализации.

В Зыряновском районе Змеиногорско-Зыряновской металлогенической подзоны к гранитондам змеиногорского интрузивного комплекса приурочены Парыгинское полиметаллическое месторождение и Шебниохинское, Мамонтовское, Сивозерское и другие полиметаллические и свинцовые рудопроявления кварц-жильного типа.

Комплекс близповерхностных гранитондных интрузий позднепалеозойского возраста. Он характеризуется кварц-диорит-плагиогранитовым составом.

В Алейской металлогенической зоне, в Орловском месторождении, рассматриваемые гранитоиды местами подверглись интенсивным гидротермальным изменениям с образованием в них хлоритолитов, идентичных околоврудным хлоритолитам и другим гидротермально измененным породам. В зальбандах дайкообразной апофизы массива рассматриваемых гранитоидов отмечаются прожилковые колчеданно-полиметаллические руды. Этот факт дает основание предполагать, что второй колчеданный этап рудообразования в Орловском и Золотушинском месторождениях мог происходить в позднем палеозое по интрузии указанных пластигранитов. Своебразная обратная последовательность формирования руд Орловского месторождения, выразившаяся в том, что обломки более ранних тонкозернистых существенно сфалеритовых полиметаллических руд скементированы поздними колчеданными рудами, возможно, связана с проявлением интрузивного комплекса отмеченных пластигранитов и гранодиоритов. Таким образом, намечается по крайней мере два этапа формирования руд. При этом поздний из них сопровождается образованием магнезиально-железистых хлоритов, замещающих магнезиальные хлориты ранних хлоритолитов.

Образование метаколлоидных руд второго этапа в Николаевском и Новозолотушинском месторождениях, вероятно, произошло в другое время, чем в Орловском и Золотушинском месторождениях. То обстоятельство, что обломки метаколлоидных руд Николаевского месторождения обнаружены в отложениях малоульбинской свиты, указывает на формирование этих руд до намюрского века. Можно предположить, что второй этап оруденения в Орловском и Золотушинском месторождениях является следствием частичной переработки и переотложения руд гидротермальными растворами и связан с интрузивным магматизмом. Руды же второго этапа оруденения Николаевского месторождения, возможно, обусловлены действительно образованием самой рудоносной формации.

Комплекс пермских гранитов. Для него наиболее характерны граниты и граносиениты. Развит преимущественно в Змеиногорско-Зыряновской металлогенической подзоне. Четкие взаимоотношения с ними полиметаллических руд устанавливаются в Зыряновском месторождении, которые находятся в ореоле контактовых роговиков гранитов. Гидротермальный метаморфизм, сопровождающий формирование руд, наложился на контактовый метаморфизм. Формированию сплошных и прожилковых руд предшествовали два импульса гидротермального метасоматоза, разорванные во времени и, очевидно, связанные с двумя фазами единого интрузивного комплекса или, может быть, с двумя самостоятельными интрузивными комплексами. Особенностью руд месторождения, по крайней мере сплошных, является образование их в основном

в одну стадию и приуроченность рудных тел к разрывным тектоническим нарушениям и секущим зонам повторного интенсивного рассланцевания. Если исходить из концепции регенерации, то следует считать, что руды Зыряновского месторождения претерпели полную переработку. Перемещением и перекристаллизацией сульфидов завершалось прохождение через вмещающие породы и руды месторождения потока гидротермальных растворов, производивших метасоматические изменения пород.

В Змеиногорско-Зыряновской металлогенической подзоне наиболее развиты интрузии граносиенит-гранитовой формации; по геофизическим данным область распространения интрузий еще шире в глубинных частях подзоны. Об этом свидетельствуют обширные локальные гравитационные минимумы в геофизическом поле рассматриваемой металлогенической подзоны, обычно связанные с наличием на глубине гранитных масс. Интрузии граносиенит-гранитовой формации оказывают на вмещающие породы чрезвычайно сильное контактовое воздействие, намного более интенсивное, чем воздействие прочих интрузивных образований металлогенической зоны. Видимо, большая насыщенность магмы граносиенит-гранитовой формации водой и другими летучими обусловила значительные метасоматические изменения, а впоследствии интенсивное проявление гидротермального метасоматоза. Нахождение почти всех полиметаллических месторождений в периферических частях локальных гравитационных минимумов дает основание полагать, что все месторождения могли испытать в той или иной мере влияние гранитных интрузий либо в виде контактового метаморфизма, либо контактово-метасоматического воздействия, либо же гидротермального метасоматоза. В Зыряновском месторождении проявились все перечисленные факторы, то же самое имело место в Березовогорском (Майском) месторождении. В большинстве других месторождений проявилась, видимо, главным образом гидротермальная переработка, обуславливавшая различную и частичную перекристаллизацию руд или даже их перестяжение.

Комплексы малых интрузий позднепалеозойского возраста. Представлены дайковыми поясами иногда и более древнего возраста. Широко развиты в рудных полях почти всех месторождений. Среди крупных месторождений они не известны лишь в Тишинском. Пространственные и возрастные взаимоотношения молодых дайковых образований с рудами в разных месторождениях неодинаковы. В одних месторождениях, таких как Зыряновское, почти все дайковые породы пересекаются рудными телами, сложенными главным типом руд. Большая часть дайковых пород испытала гидротермальный метасоматоз. Близкие взаимоотношения с рудами имеют дайковые породы Иртышского и ряда других месторож-

дений. В Золотушинском, Николаевском, возможно, Змеиногорском и других месторождениях иного типа дайковые породы моложе руд первого этапа, но в то же время являются предрудными по отношению к рудам второго этапа. В Зареченском, Сокольном и других месторождениях третьего типа диабазовые дайки пересекают рудные тела, но сами испытывают иногда слабые гидротермальные изменения, несут слабую рудную минерализацию или секутся поздними тонкими кварцевыми прожилками [79].

Факторы структурного контроля оруденения

Значение фактора структурного контроля в размещении и локализации алтайского полиметаллического оруденения очень велико и отмечалось многими исследователями. Однако представления о характере проявления структурного фактора со временем значительно изменились. Отчасти это обусловлено изменениями мнений о времени формирования разрывных и складчатых структур, а также о механизме и последовательности формирования их. Еще недавно образования складчатых и разрывных нарушений связывались лишь с поздними стадиями развития подвижных зон, а сами тектонические движения, создавшие структурные формы, с кратковременными моментами фаз складчатости поздних стадий. Отсюда делался вывод о позднепалеозойском возрасте всех эндогенных проявлений, наложенных на складчатые и разрывные структуры, в том числе и полиметаллического оруденения. Позднепалеозойским считалось время возникновения, в частности, Риддер-Сокольной брахиантклинальной и купольных структур Лениногорского рудного поля, брахискладчатых структур Змеиногорского района и др.

Из всего изложенного в предыдущих разделах вытекает, что территория Алтайского полиметаллического пояса на всех стадиях герцинского тектono-магматического цикла сохраняла подвижность и развивалась в условиях активных тектонических движений. Ее геологическое строение характеризуется большой сложностью. Территория была разбита с самого начала на ряд узких блоков, разделенных долгоживущими разломами северо-западного простириания, развивавшихся дифференцированно. Строение указанных блоков осложнено поперечными структурными линиями: долгоживущими разломами и скрытыми разломами субширотного простириания, устанавливаемыми по геологическим и геофизическим признакам.

В ходе тектонического развития геологическое строение усложнялось формированием конседиментационных складок и разрывных нарушений, вулкано-тектонических структур, а также поздними деформациями. Тектонические движения вдоль долгоживущих разломов обусловили возникновение зон рас-

сланцевания и околовразломных складок уже в раннюю стадию развития складчатой зоны.

В целом рудовмещающие среднепалеозойские отложения полиметаллической зоны характеризуются развитием относительно пологих брахискладчатых структур, осложненных многочисленными разрывными нарушениями. Сжатые складки, а также узкие грабен-синклинали наблюдаются лишь вдоль зон глубоких или долгоживущих разломов северо-западного, а иногда широтного простирания. В генетическом отношении многие складчатые структуры относятся к типу глыбовых складок облекания, возникших вследствие дифференциальных движений блоков фундамента. В Рудном Алтае весьма многочисленны разломы, сместившие блоки фундамента, но постепенно затухающие в отложениях среднепалеозойских формаций, часто переходящие выше либо во флексурные изгибы слоев, либо в изгибы крыльев складок (Зыряновская, Риддер-Сокольная антиклинали).

Влияние крупных региональных структур в размещении оруденения проявилось большей частью не прямо, а косвенно. Они контролировали размещение благоприятных рудоносных и рудовмещающих осадочных и вулканогенных фаций, интрузивного магматизма, гидротермальных систем, возникающих в связи с магматическими комплексами и формирующими скопления руд.

Крупнейшими рудолокализующими структурами металлогенического пояса являются достаточно большие асимметричные синклинали, редко антиклинальные структуры, ограниченные со всех или с нескольких сторон глубинными и долгоживущими региональными разломами и представленные среднепалеозойскими отложениями с образованиями кварц-кератофировой формации в основании разреза. Очевидно, накопление последних и возникновение первичных вулканических прогибов происходило синхронно с деятельностью локальной группы вулканических аппаратов. Об этом свидетельствует сходство разреза кварц-кератофировой формации в пределах отдельно взятого первичного прогиба, являющегося в сущности в условиях Рудного Алтая и рудным районом. В пределах такого прогиба кварц-кератофировая формация характеризуется особенностями строения, распределением фаций и свойственными каждому из прогибов локальными закономерностями размещения оруденения. Поэтому изучение строения кварц-кератофировой формации первичных прогибов является одной из важнейших предпосылок правильного направления поисковых работ.

Образование в пределах указанных прогибов многих частных структур — брахиантклиналей и разломов, осложняющих их строение, — происходило, видимо, конседиментационно; однако формирование их продолжалось и позже. Несмотря на то что

большая часть площади развития кварц-кератофировой формации оказалась погребенной под молодыми отложениями, а строение первичных прогибов усложнилось в связи с позднейшими тектоническими движениями, многие из этих прогибов могут быть выделены и теперь достаточно уверенно по имеющимся материалам. Это важно потому, что площадь многих рудных районов соответствует указанным первичным прогибам и занимает определенную часть структуры. Рудные же тела месторождений контролируются и приурочены к более мелким структурам, осложняющим строение первичных прогибов, причем многие из них, несомненно, возникли или сформировались в поздние стадии развития подвижной зоны. Рассматриваемые первичные вулканические прогибы и сформировавшиеся на их месте синклинальные структуры развиты на крыльях главных антиклиниориев Рудного Алтая и в участках их погружения. Иногда такие прогибы представляют собой грабен-синклинали, развитые в центральных частях антиклиниориев. К числу первичных прогибов относятся и шовные синклинальные прогибы, развитые частично на северо-восточном крыле Иртышского антиклиниория, на стыке с синклинальными структурами Алейской подзоны.

Руд крупных прогибов рассматриваемого типа находится на юго-западном крыле Алейского антиклиниория: Успенско-Раздольненский, Сугатовско-Веселовский и Шемонаихинско-Секисовская синклиналь, осложненные дополнительными брахискладками и грабен-синклиналями. На северном погружении Алейского антиклиниория находится система кулисно расположенных прогибов Змеиногорско-Корбалихинского, Березовогорского, Рубцовского районов, простирающихся параллельно друг другу в субширотном направлении. На северо-восточном крыле Алейского антиклиниория находятся, сменяя друг друга в юго-восточном направлении, разделенные между собой субширотными разломами прогибы: Змеиногорский, Черепанихинский, Петровский, Быструшинский. На северо-востоке от них выделяется Гольцовско-Семеновская антиклиналь.

Между структурами Алейской подзоны и Иртышским антиклиниорием расположены шовные синклинали Березовско-Беллоусовского района, осложненные дополнительными складчатыми разрывными нарушениями, а также Сажаевско-Долинская и Джалтырская шовные антиклинали. На северном погружении Синюшинского антиклиниория выделяется прогиб широтного простирания, ограниченный Снегирехинско-Теремковской системой разломов. Центральную часть Синюшинского антиклиниория пересекает Лениногорская грабен-синклиналь широтного простирания, ограниченная Лениногорской системой широтных разломов. Юго-западное крыло Синюшинского антиклиниория граничит с Быструшинским синклиниорием по Кедровско-Бутачихинскому глубинному разлому, а северо-восточное — с Красногорско-Беллоусовским синклиниорием по Красногорско-Беллоусовскому разлому.

сточное крыло — с Белоубинским синклиниорием по Успенско-Карелинскому разлому. На юго-восточном погружении Синюшинского антиклиниория располагаются, соответственно чередуясь, Тургусунский прогиб, Ревнюшинский антиклиниорий, Соловьевский синклиниорий. Юго-восточнее Соловьевского синклиниория можно предположить наличие еще одного антиклиниорного поднятия, перекрытого полностью флишоидными толщами. Ряд районов со своей системой вулканических центров может быть намечен в Холзунско-Сарымсактинской и Белоубинско-Маймырской металлогенических подзонах.

Многие из перечисленных структур и приуроченные к ним рудные месторождения Прииртышской и Белоубинско-Маймырской подзон, частично Зыряновского и Лениногорского рудных районов располагаются непосредственно в зонах глубинных разломов северо-западного простирания. Часть месторождений, например, такие, как Снегиринское, Лазурское, находится в зоне широтных долгоживущих разломов или приурочены к участкам пересечения их с глубинными разломами северо-западного простирания, например, месторождения Тишинской рудной зоны. Значительная часть рудных районов расположена около глубинных и долгоживущих разломов северо-западного простирания, ограничивающих рудный район с одной стороны, как, например, в Николаевском и Орловско-Золотушинском, или с двух сторон, как в Лениногорском и Зыряновском.

Размещение месторождений в рудном районе контролируется долгоживущими и глубинными разрывными нарушениями. Часть рудных районов, таких как Змеиногорский, Березовогорский, Рубцовский, вытягивается вдоль долгоживущих разломов субширотного простирания. Многие рудные поля и месторождения в Николаевском, Зыряновском и других районах располагаются в тектонических блоках, ограниченных разрывными нарушениями, оперяющими глубинные разломы. По отношению к глубинному разлому оперяющие их разломы находятся обычно под острым углом. От Иртышского разлома они отходят вправо на север-северо-запад или меридионально, а от Березовского разлома в Зыряновском районе — на северо-запад. Так же ориентированы оси глыбовых складок с ныряющими шарнирами, сопряженных с разломами оперения.

Размещение месторождений, а в особенности рудных тел внутри рудных районов, контролируется локальными структурами, образовавшимися в разное время. Лениногорское, Сокольное, Зыряновское, Белоусовское и другие месторождения приурочены к брахантиклиналям, осложненными разломами, а Золотушинское, Орловское и другие — к тектоническим осложненным крыльям антиклиналей и синклиналей, Иртышское, Новоберезовское, Березовское — к сквозным зонам интенсивного повторного рассланцевания и дробления.

Ряд месторождений Зыряновской группы приурочен к зонам интенсивного рассланцевания, развитым вдоль оперяющих разломов, рудные тела нижних горизонтов Сокольного месторождения — к крутопадающим трещиноватым зонам, а Николаевского, Среднего, Корбалихинского и других — к участкам пересечения зон межпластового отслаивания или пологих надвигов сбросо-сдвигами и другими нарушениями. Частными структурными элементами, непосредственно вмещающими рудные тела, являются зоны межпластового отслоения, срыва и дробления; зоны повторного интенсивного рассланцевания, гидротермальной проработки и дробления, развитые вдоль крупных разломов или разломов оперения; внутрипластовые и секущие зоны дробления и трещиноватости; секущие трещины сбросов, сбросо-сдвигов. Чаще бывают сочетания нескольких частных структурных элементов, вмещающих рудные тела.

Устанавливаемая тесная связь полиметаллического оруднения с кварц-кератофировой формацией предполагает решающее значение в размещении и локализации оруднения помимо фаций вулканизма еще синвулканических структур. Уже первые палеовулканологические реконструкции, проведенные в Рудном Алтае пока в незначительном объеме, позволили выявить на ряде месторождений некоторые частные синвулканические рудолокализующие структуры. Для полиметаллических руд экскальационно-осадочного происхождения — это локальные мульды, иногда палеокальдеры с линзами и горизонтами углистых аргиллитов и алевролитов, содержащих прослои эфузивов или перекрывающих экструзивные порфироевые купола. Для полиметаллических и части колчеданно-полиметаллических месторождений гидротермально-метасоматического происхождения — это секущие разломы и зоны трещиноватости в сочетании с зонами межпластового отслоения или дробления в палеодепрессиях, расположенных между вулканическими сооружениями. Для колчеданных и некоторых колчеданно-полиметаллических месторождений, расположенных обычно в прижерловых и жерловых участках, характерна приуроченность руд к раздробленным участкам апикальных частей штокообразных субвулканических интрузий, к зальбандам субвулканических интрузий разного морфологического типа, к синвулканическим трещинам разлома и дробления.

Говоря о рудных телах, под рудой понимают такие минеральные скопления, которые по технико-экономическим требованиям могут быть объектом добычи в настоящее время или в ближайшем будущем. Требования к рудам разных месторождений различны: для мелких месторождений они высокие, для крупных — намного ниже. В последних контуры рудных тел часто определяются в минерализованных участках условно, по результатам химических анализов и в соответствии с требованиями к рудам. С изменением кондиций контуры рудных тел

могут резко меняться. Запасы металлов в рудных телах в ряде случаев, видимо, составляют лишь незначительную часть запасов, заключенных в ореоле сульфидной минерализации.

Морфология рудных тел месторождений обусловлена во многом их тектоническими особенностями. В связи с длительностью формирования полиметаллических месторождений Алтая и усложнением за это время их строения в разные этапы формирования месторождений изменялось и значение структурного контроля в локализации руд. Поэтому почти во всех месторождениях представлены рудные тела разных морфологических типов. В зависимости от интенсивности перестройки структурного плана в одних месторождениях преобладают морфологические типы рудных тел, характерны для ранних этапов формирования месторождений, а в других — для поздних этапов. В целом имеется несколько наиболее распространенных сочетаний морфологических типов рудных тел.

1. Залежи линзообразные и близкие к пластообразным, нередко локализующиеся в купольных структурах в общем согласно, чаще в пологоскладчатых, реже в крутоскладчатых вулканогенно-осадочных толщах. Обычно нижние части этих месторождений имеют штокверковое и жильное строение рудных тел, занимающих как согласное, так и секущее положение относительно вмещающих толщ. Подобная морфология характерна для месторождений Лениногорского рудного поля, Змеиногорского и отчасти Золотушинского месторождения. Часто строение рассматриваемых месторождений осложнено зонами серицитолитов, хлоритолитов (метасоматических жил) и так называемыми валунчатыми зонами, приуроченными к участкам послойного срыва или дробления, реже к секущим участкам. В Лениногорском месторождении серицитолиты и хлоритолиты совпадают с контактом известковистых алевролитов и микрокварцитов, окаймляют снизу главное тело массивных руд Лениногорского месторождения. Кварцевые серицитолиты, образуя дайки лежачего бока Лениногорского (Риддерского) месторождения, секут оруденелые микрокварциты. В Сокольном месторождении серицитолиты приурочены часто к основанию и к крыльям брит-кварцевых куполов. Здесь же залегают обычно и линзы массивных руд. В Змеиногорском месторождении валунчатые зоны с серицитовым цементом и с богатыми сульфидными рудами были установлены в зоне контакта кремнистых микрокварцитов с аргиллитами. В Золотушинском месторождении валунчатые зоны с оруденелым хлоритолитовым цементом ограничивают снизу рудную зону месторождения.

2. Лентовидные рудные тела, развитые в зонах интенсивного повторного рассланцевания и интенсивной гидротермальной проработки в региональных зонах смятия, нередко секущих слоистость. Наиболее резко выражен этот морфологический тип в Иртышском месторождении, где рудные тела рас-

положены в секущей сквозной тектонической зоне, в которой интенсивные гидротермальные метасоматические изменения характеризовались преобладающим развитием процессов кислотного выщелачивания, а сами руды представлены главным образом богатыми и в сущности одностадийными разновидностями с массивной текстурой. В Березовском месторождении вмещающими породами для рудных тел рассматриваемого типа часто являются хлоритовые, карбонатно-хлоритовые и другие метасоматические образования, характерные для верхней части метасоматической колонки, по Д. С. Коржинскому. Вместе с тем широкое развитие в рудах полосчатых текстур, возможно, указывает на относительно меньшую гидротермальную переработку руд по сравнению с рудами Иртышского месторождения. Особенностью строения Белоусовского месторождения, где зоны интенсивного рассланцевания и гидротермальной проработки развиты как по зонам межпластового срыва, так и по крутопадающим секущим зонам разломов, является наличие усложненной залежи в виде узких, протяженных, лентовидных рудных тел с раздувами, многочисленными апофизами в их висячем и лежачем боках.

3. Линзовидные рудные тела в крутопадающих зонах интенсивного рассланцевания и гидротермальной проработки, развитые в области контакта двух толщ, сложенных соответственно осадочными и существенно вулканогенными породами. В местах пересечения зонами интенсивного рассланцевания флексурных изгибов контакта толщ, а также зон интенсивного рассланцевания диагональными разломами, линзовидные залежи имеют раздувы в виде рудного столба, сложенного богатыми рудами. Такой тип рудных тел характерен для Тишинского месторождения, месторождений Белоубинско-Маймырской подзоны и др.

4. Линзовидные, часто неправильные рудные тела. Обычны для зон интенсивного рассланцевания и гидротермальной проработки несквозного типа, развитые вдоль разломов, сопряженных с глыбовыми складками. Они приурочены часто к крыльям складок и опеरяющим их разломам. Зоны интенсивного рассланцевания обычно секут породы по падению, а в областях периклинального замыкания крупных складок — и вкrest их простирации. Местами крутопадающие зоны интенсивного рассланцевания сочетаются с зонами межпластового отслаивания и срывов. Богатые массивные руды и часть прожилковых располагаются локализованно в хлоритолитах и других гидротермально-метасоматических жильных породах, как, например, в месторождениях Зыряновского района.

5. Линзовидные тела в относительно пологих зонах межслоевого срыва и дробления, сочетающихся с крутыми сбросо-сдвигами. Породы в таких зонах обычно интенсивно гидротермально переработаны, вплоть до образования мощных тел

хлоритолитов. В рудах широко развиты брекчевые текстуры, обусловленные наложением колчеданно-полиметаллического оруденения позднего этапа на раннее пирит-сфalerитовое или полиметаллическое оруденение. Такой тип рудных тел характерен для Орловского, Корбалихинского, Золотушинского и других месторождений.

6. Залежи богатых колчеданных руд сложной формы, обусловленные выполнением рудным веществом полостей в зонах секущих долгоживущих тектонических нарушений, проходящих по контакту субвулканических порфировых интрузий, пологих полостей отслоения и дробления, образовавшихся в контакте субвулканических интрузий и лавовых горизонтов с пирокластическими горизонтами. Такой тип залежи характерен для Николаевского месторождения, где руды принадлежат к двум различным этапам рудообразования. Руды первого этапа представлены кристаллическиернистой колчеданной разновидностью со своей стадийностью, а руды второго этапа — метаколлоидной разностью. Более простой разновидностью этого типа являются серноколчеданные руды, приуроченные к гидротермально измененным участкам штокобразных тел субвулканических интрузий кварцевых альбит-порфиров. Они наблюдаются в Сугатовском месторождении.

7. Сложной формы тела прожилковых, штокверковых, реже сплошных руд в трещинных зонах и зонах срыва, сопряженных с разломами. Наблюдаются в нижних горизонтах кварц-кератофировой формации и частично в породах фундамента в связи с мелкими блоковыми передвижками последнего. По морфологии рудных тел различаются месторождения, представленные: а) многочисленными короткими по падению крутопадающими минерализованными зонами в самых низах разреза формации и в породах фундамента (Стрижковское месторождение); б) линзовидными и трубообразными внутривластовыми и пологосекущими зонами прожилковых руд сложного внутреннего строения, близкого к штокверку (Среднее месторождение); в) телами линзовидной и трубообразной формы сплошных баритовых и сульфидных руд в межпластовых зонах срыва, при подчиненном значении прожилковых или штокверковых руд в крупных кремнистых породах (Зареченское месторождение).

Гидротермальные изменения во вмещающих породах рассматриваемого типа проявлены слабо, а гидротермально-метасоматические жильные породы отсутствуют вообще.

8. Одиночные секущие жильные тела и минерализованные зоны повышенной трещиноватости и дробления. Это небольшие по масштабу оруденения месторождения и рудопроявления, такие как «Чудак», Локтевское и др.

Ко второму, третьему и четвертому морфологическим типам рудных тел относятся месторождения, руды которых окончательно сформировались в поздние этапы развития складчатой

зоны, и если исходить из концепции регенерирования, то они принадлежат рудам, почти полностью или полностью переработанным наложенными метасоматическими процессами. Поэтому в локализации рудных тел поздние наложенные тектонические структуры имели весьма важное значение. В месторождениях с пятым и шестым типами рудных тел наряду с первичными рудами присутствуют и руды «переработанные» или руды второго этапа. Поэтому в локализации отдельных рудных тел наложенные структурные элементы тоже имели значение, хотя некоторые из них и развивались унаследованно. В месторождениях с первым типом рудных тел «переработанные» руды занимают относительно скромное место, поэтому локализация рудных тел в них контролируется в основном первичными ранними структурными элементами, а в месторождениях с рудными телами седьмого типа — полностью ими. Месторождения с рудными телами восьмого типа могли формироваться в разные этапы развития металлогенической зоны.

Изотопный состав свинцов и серы

На основе 67 спределений изотопного состава свинцов и отношения изотопов ^{206}Pb , ^{207}Pb , ^{208}Pb к изотопу ^{204}Pb А. П. Виноградов, Л. С. Тарасов и С. И. Зыков [11, 12] среди алтайских полиметаллических месторождений выделили четыре основные группы. Первую группу с наибольшим значением указанных отношений представляют месторождения Лениногорского рудного поля и Змеиногорского района. Вторую группу с наименьшими значениями указанных отношений составляют месторождения Зыряновского района, из которых выделяется несколько иным составом свинцов Путинцевское месторождение. Для третьей группы характерны так называемые жильные месторождения, куда отнесены месторождения самого различного типа, залегающие в породах различного возраста и состава: Семеновское, прожилковые руды Пневского и Ушкунгийского месторождений, расположенных в девонских известняках, жильного Мурзинцевского месторождения, приуроченного к нижнекаменноугольным терригенным толщам. Свинцы третьей группы месторождений идентичны свинцам Зыряновского месторождения. Четвертую группу составляют месторождения, названные прииртышскими. Они характеризуются значительным разбросом изотопных определений. При этом свинцы многих месторождений из числа расположенных в Иртышской зоне смятия весьма близки по изотопным соотношениям к свинцам Зыряновского месторождения. Особую пятую группу составляют свинцы Заводинского месторождения со своими отличными параметрами, расположенного, по нашим представлениям, в образованиях островной андезит-дакитовой формации. В рудах Заводинского месторождения присутствуют вместе с главной

разновидностью также свинцы, несколько приближенные по составу к свингам Зыряновского месторождения.

В своих работах А. П. Виноградов и другие [11] отметили, что изотопный состав многих рудных свинцов отклоняется от теоретической кривой; возраст рудного свинца по изотопному составу, особенно разных провинций, часто не коррелируется с геологическим возрастом руд.

В 1970 г. М. Н. Голубчина и Ю. Л. Шергина завершили многолетнее изучение изотопного состава свинцов и серы алтайских месторождений. В результате их исследований расширился круг месторождений, охваченных для анализа изотопного состава свинцов, а главное, увеличилось количество определений. Дополнительные исследования позволяют уточнить закономерность изменения изотопного состава свинцов в связи с историей формирования месторождений. Новые анализы подтверждают в основном результаты прежних исследований.

Анализ всех имеющихся данных по определению состава свинцов позволяет уточнить схему классификации, предложенную А. П. Виноградовым и др. [11]. Выделяются две резко различающиеся по изотопной характеристике группы месторождений. В первую группу входят месторождения Зыряновского района, Березовско-Белоусовского района, Тишинское и Успенское в Лениногорском районе, Вавилонское и Семеновское, некоторые жильные, такие как месторождения «Чудак», Мурзинцевское, а также прожилковые руды южно-алтайских месторождений, характеризующиеся наименьшими значениями изотопных отношений, т. е. наименее радиогенным свинцом. Причем наименее радиогенными оказались свинцы рудопоявления, приуроченного непосредственно к гранитам пермского возраста. Другую группу месторождений с наибольшими значениями отношений изотопов и, следовательно, наиболее радиогенным свинцом в рудах составляют месторождения Змеиногорского района и Лениногорского рудного поля. Вместе с тем в верхних горизонтах Лениногорского месторождения присутствуют руды с изотопным составом свинцов, сходным с Зыряновским. Промежуточная группа месторождений расположена в Алейской металлогенической подзоне. Из них наиболее характерным является Николаевское месторождение, где присутствуют руды с изотопным составом, свойственным месторождениям как первой, так и второй группы.

Как видим, разделение месторождений на группы по изотопному составу свинцов руд в целом соответствует их классификации по геолого-минералогическим признакам. Особую группу составляют свинцы Заводинского месторождения, которые в свою очередь также состоят из двух разновидностей.

По данным М. Н. Голубчиной, результаты исследования изотопного состава серы руд алтайских месторождений свиде-

тельствуют о глубинном происхождении главной массы серы, которая по отношению $^{32}\text{S}/^{34}\text{S}$, близка к сере сульфидов метеоритов и к вулканической сере. Резко отличная сера биогенно-осадочного типа отмечается в ранних пиритах Николаевского месторождения.

Сопоставление результатов определения изотопного состава серы и в ссобенности свинцов руд алтайских полиметаллических месторождений с историей формирования последних приводит нас к выводу о существовании прямой связи между колебаниями в изотопном составе свинца и отчасти серы и интенсивностью воздействия различных эндогенных процессов на руды месторождений. Более молодые руды месторождений, переработанные наложенными процессами, характеризуются наименее радиогенным составом свинцов, а руды, испытавшие слабые изменения, наибольшим значением изотопных отношений $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$; $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$; $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$. В рудах месторождений с двухэтапным оруденением, переработанных лишь частично, присутствуют свинцы обоих типов.

Физико-химические условия формирования полиметаллических руд

Глубина образования полиметаллических месторождений, определенная путем реставрации разрезов, существовавших в момент завершения их формирования, колеблется в довольно широких пределах — от 0,5 км в Николаевском и Змеиногорском месторождениях до 3—3,5 км в Зыряновском, а может быть и больше. Глубина же образования ранних руд, связанных непосредственно со становлением кварц-кератофировой формации, определяется в момент рудоотложения мощностью надрудных толщ указанной формации без учета высоты столба воды и колеблется от нескольких метров до 1 км.

Максимальный вертикальный размах оруденения в одном рудном теле наблюдается в месторождениях, приуроченных к крутопадающим зонам интенсивного рассланцевания. Отдельные рудные столбы в таких зонах прослежены в отдельных случаях более чем на 1200 м, например в Зыряновском и Тишинском месторождениях. В месторождениях, приуроченных к пологим структурам, вертикальный размах в одном рудном теле и залежи значительно меньше. Ширина рудных тел по падению редко превышает несколько сотен метров, а мощность и того меньше. Рудные тела располагаются многоярусно. Температурные условия формирования руд определены с помощью геологических термометров: температур полиморфных превращений минералов, структур распада твердых растворов и состава твердых растворов, а также на основе определения температур гомогенизации газово-жидких включений и декрептизации [8, 10, 24, 73, 75, 76, 78]. По этим данным формирова-

ние руд происходило большей частью в интервале температур 180—300° С, хотя по некоторым ассоциациям минералов руды формировались и в более низкотемпературных условиях. В относительно низкотемпературных условиях образовались слабо метаморфизованные руды Зареченского месторождения в Змеиногорском районе, для которых методом гомогенизации получены температуры 120—200° С. Низкие температуры (порядка 100° С) по методу гомогенизации и декрепитизации определены для экскальационно-осадочных руд Второй Риддерской залежи [55] и других месторождений [35], для руд Холзунско-Сарымсактинской зоны Южного Алтая, приуроченных к карбонатным толщам [73]. Данные о более высокотемпературных условиях образования имеются для Таловского [71], Талово-Тургусунского [75], Новоберезовского [78], Вавилонского в Иртышской зоне [33], Рулихинского [61], Зыряновского, Александровского, Малеевского [73], Сургутановского [8], Старковского [25] и других месторождений, а также для глубоких зон Золотушинского рудного поля [16].

О высокотемпературных условиях формирования руд перечисленных месторождений свидетельствуют помимо ассоциации руд с высокотемпературными метасоматитами присутствие марматита, наличие эмульсионной вкрапленности халькопирита и пирротина в сфалерите, звездчатых обособлений сфалерита в халькопирите, пластинчатых выделений кубанита в халькопирите, таких редких минералов, как валлерит, виттихенит, герсдорфит и других, высокое содержание индия и железа в сфалерите, наличие непосредственно в парагенезисе с сульфидами таких нерудных минералов, как актинолит, эпидот, цельзиан, антофиллит, купферит. Определению солевого состава жидких включений в минералах руд уделялось мало внимания. По результатам наших исследований, в рудных минералах некоторых алтайских месторождений установлены реликты растворов галогенидов, сульфатов, бикарбонатов натрия, кальция, магния и калия [73].

Этапы и стадии рудообразования

В сводных работах, посвященных полиметаллическому оруднению в месторождениях Алтая, стадийность рудообразования обычно рассматривалась исходя из универсальной схемы последовательности их образования. Во всех месторождениях Алтая, в изложении большинства исследователей, отложение руд происходит примерно по одинаковой схеме стадийности, близкой к обычной последовательности кристаллизации сульфидов: пирит — халькопирит — галенит или пирит — сфалерит — халькопирит — галенит. Оно осуществлялось в зависимости от места разгрузки гидротермальных растворов в средне- и низкотемпературных условиях и при достаточно высоких

давлениях даже при отложении на дне морского бассейна, при очень высоких давлениях происходило формирование руд при их регенерации. В высокотемпературных условиях осуществлялась кристаллизация при наложении термально-контактowego метаморфизма и высокотемпературных метасоматических процессов.

Многие исследователи, разбирая стадийность рудообразования, подчеркивали и раньше нечеткость ее проявления. Они указывали на то, что в некоторых месторождениях основная масса полиметаллических, а иногда и колчеданно-полиметаллических руд является образованием одной, редко двух стадий и что к остальным стадиям относятся минеральные парагенезисы, слагающие количественно лишь незначительную часть руд. В рудничной и разведочной практике принято различать промышленные сорта руд: колчеданный, медный, медно-цинковый, полиметаллический и др. Эти сорта, однако, не соответствуют стадиям оруденения. Выделяемые сорта руд могут содержать в себе минералы различных стадий и парагенезиса.

В результате рассмотрения фактического материала выясняется, что переработка вещества руды протекала часто путем мобилизации и переотложения или перекристаллизации под интенсивным воздействием гидротермальных растворов, и не только на руды, но и на вмещающие породы, вызывая их метасоматические изменения. Волны гидротермальных растворов, действующих на руды, могло быть и несколько, каждая связана с различными магматическими комплексами или даже разными фазами одного комплекса. При этом наиболее мощные гидротермальные волны были связаны с крупными массами кислых магм. Именно мобилизацией вещества руды и переотложением его растворами, связанными с глубоко находящимися огромными батолитами, некоторые американские исследователи объясняют образование крупнейших «мезотермальных» свинцово-цинковых месторождений США, например месторождения Кёр-д'Ален (Айдахо), Магма (Аризона), рудные столбы и жилы которых пересекают огромной мощности толщи докембрийских кварцитов и аргиллитов и уходят на большую глубину. Хотя оруденение затрагивает интрузии и ларамийского возраста, возраст свинцов месторождений по изотопному составу докембрийский [17].

Первые порции растворов вызывали метасоматические изменения пород, а кристаллизация рудных минералов завершилась в конце гидротермального процесса. Только при таком понимании процесса метаморфизма или регенерации руд без большого переноса могут быть объяснены наблюдаемая часто слабая степень деформированности руд и отчасти околоврудных гидротермалитов по сравнению с сильной нарушенностью вмещающих пород, а также контроль размещения многих рудных тел относительно молодыми тектоническими нарушениями.

Среди ныне распространенных сводных схем последовательности стадий формирования руд алтайских месторождений, выработанных в результате изучения Николаевского, Березовского, Зыряновского «реперных» месторождений, наметились две главные схемы универсальной стадийности:

- 1) серноколчеданная, медная, медно-цинковая, полиметаллическая, распространяемая обычно на месторождения Алейской подзоны,
- 2) серноколчеданная, ранняя полиметаллическая и поздняя полиметаллическая, при этом мелкозернистые руды ранней полиметаллической стадии составляют главную и в сущности основную массу руд.

При установлении стадий рудообразования руд в отдельных месторождениях, как правило, за основу бралась одна из приведенных схем, близких к схемам стадийности колчеданных месторождений других рудных провинций, где оруденение связано с базальтоидными вулканическими формациями. В Рудном же Алтае, как мы видели из изложенного, и сами полиметаллические месторождения формировались раньше колчеданных и колчеданно-полиметаллических, что, видимо, связано с антидромным развитием вулканизма. В конкретных месторождениях в связи с длительностью и сложностью их формирования проявилась своя последовательность стадий. Особенно четко несоответствие реальной стадийности рудообразования универсальным схемам устанавливается в Алейской подзоне.

В приведенных схемах не учтено наличие во многих месторождениях разновозрастных руд, принадлежащих разным этапам рудообразования. Универсальные схемы стадийности в сущности отражают, скорее, обычный порядок выделения минералов (пирит — сфалерит — халькопирит — галенит), обусловленный их геохимическими свойствами и выраженный разницей в идиоморфизме. Вместе с тем даже такой признак, как идиоморфизм, не всегда дает правильное представление о последовательности кристаллизации, так как минералы с большой энергией кристаллизации, например пирит, могут дать идиоморфные кристаллы, образуясь и позже других. Установлению истинной последовательности мешает также тяготение таких минералов, как халькопирит, к участкам развития раннего пирита и других железистых минералов; из-за этого создается ложное впечатление о принадлежности этого халькопирита и пирита к одной стадии. Приведенные примеры указывают на настоятельную необходимость корректирования при решении вопросов стадийности оруденения данных микроскопического изучения руд геологическими наблюдениями. В геологической практике это правило часто нарушается. Нередкая оторванность минераграфического изучения руд от остального комплекса геологических исследований, некритическое восприятие многими гео-

логами заключений по минераграфическим работам приводят часто к ошибочным представлениям о стадиях рудообразования.

Абстрактное понимание механизма рудообразования как процесса, протекавшего в нескольких кратковременных стадиях, не подтверждается данными изучения хорошо сохранившихся первичных руд Лениногорского рудного поля: штокверковых руд гидротермального генезиса Сокольного месторождения, экскальационно-осадочных Второй Риддерской залежи. Принадлежность отмеченных образований к одной стадии не вызывает сомнения, вместе с тем их структурно-текстурные особенности указывают на отложение их из длительно пульсирующих растворов меняющегося состава, причем ритмичное отложение рудных и нерудных минералов многократно чередовалось периодами тектонических дроблений. После тектонических подвижек обломки раздробленных пород, гидротермалитов и руд цементировались полосчатыми карбонат-барит-кварцевыми жилами кrustификационного строения.

Наблюдениями установлено, что во всех месторождениях этапу рудоотложения или переотложения обязательно предшествовал этап гидротермальных изменений, в последнем случае проявившийся даже более интенсивно. Нами в предрудных гидротермальных изменениях Зыряновского месторождения были выделены два этапа метасоматоза: железо-магниевый и калиевый. Проявление особого этапа калиевого метасоматоза имело место лишь в относительно небольшом числе месторождений Алтая, но отнюдь не во всех.

В результате рассмотренного выясняется, что универсальной схемы стадийности рудообразования, общей для всех алтайских месторождений, не существует. В ряде месторождений образовывались руды разного генезиса и возраста. В самом деле, если в Лениногорском рудном поле в девонский период в одних участках формировались руды экскальационно-осадочного происхождения [54], то в других участках из пульсирующих гидротермальных растворов несколько позже отлагались в различных структурных условиях руды различного структурно-текстурного рисунка, например штокверковые и вкрапленно-прожилковые в микрокварцитах, массивные руды и кварц-баритовые купола под экраном известково-глинистых сланцев. Таким образом, в одном и том же месторождении почти одновременно формировались руды разного типа и состава. С периодом же позднепалеозойской регенерации в Лениногорском рудном поле, видимо, связано формирование сульфидных руд другого этапа, сопровождавшееся образованием серицитолитовых и хлоритолитовых жил. Определение возраста серицитолитов из жил и послойных сингенетических серицитовых пород калий-argonовым методом также подтверждает эти представления [76]. Они показали различия в возрасте этих двух типов

сериитолитов: первые имеют возраст 250—260 млн. лет, вторые — 310—330 млн. лет.

Руды Николаевского месторождения, несомненно, сформировались по крайней мере в два этапа. В рудах кристаллических зернистых, принадлежащих раннему этапу, имеется своя стадийность [37]. Метаколлоидные руды второго этапа рудообразования пронизывают и цементируют обломки кристаллических руд серноколчеданного, сфалеритового и халькопиритового состава, образовавшихся в процессе первого этапа рудообразования.

В формировании почковидных колломорфных образований руд второго этапа совместно с бисульфидами железа и скорлуповатой разностью сфалерита участвуют также халькопирит, галенит и другие минералы, ритмически чередующиеся с полосками других сульфидов. При этом отмечены появление концентрически-зональных структур и характерная тесная ассоциация халькопирита со скорлуповатой разностью сфалерита и с вюрцитом. Колломорфные структуры представлены ячеисто-скорлуповатым мельниковит-пиритом, марказитом, почковидным сфалеритом, дендритовидными и гелевыми вюрцитом и мельниковитом [9]. Весьма характерны также пятнистые обособления халькопирита и вюрциита среди агрегатов мельниковита, находящихся в тесном срастании с прочими сульфидами и нерудными минералами.

Наличие руд, сформированных в разные этапы, четко устанавливается в Таловском [71] и Рулихинском [61] месторождениях. Причем возраст ранних высокотемпературных главных руд, определенный калий-argonовым методом по флогопиту, составляет в этом случае 360—370 млн. лет. В Корбалихинском месторождении обломки мелкозернистых существенно сфалеритовых и сфалерит-халькопиритовых руд цементируются не только существенно колчеданными рудами, но и хлоритами с густой вкрапленностью пирита, что свидетельствует о мобилизации и переотложении рудного вещества и хлоритов. Широко развитые на месторождении пятнистые текстуры руд по существу являются, видимо, также реликтами брекчийных текстур. Наличие двух этапов оруденения в Золотушинском месторождении установлено лучшим знатоком этого месторождения А. Г. Посыаевым [59]. По А. Г. Посыаеву, образование руд Золотушинского месторождения происходило в два этапа. В формировании месторождения большое значение имели многократные тектонические подвижки, обусловившие возникновение зон дробления — валунчатых зон. В последних полиметаллические руды рассекаются существенно медными, которые обволакивают и цементируют валуны полиметаллических руд. Медные руды вблизи халькопиритовых просачиваются и в полиметаллические, обогащая их медью. В валунчатых зонах в хлоритолите, цементирующем обломки руд, нами наблю-

дались не только пирит-халькопиритовые агрегаты, но и существенно сфалеритовые жилы.

А. А. Гармаш [16] отмечает тесную ассоциацию в этих рудах колломорфного пирита и халькопирита, блеклых руд, кальцита и других минералов. Б. И. Вейц [9] подчеркивает широкое развитие в рудах Золотушинского месторождения колломорфных структур и пятнистых текстур в сплошных рудах.

Широко развиты метаколлоидные руды и в Новозолотушинском месторождении. М. С. Шнайдер [82] различает в образовании руд Новозолотушинского месторождения два этапа. Как и в Николаевском месторождении, среди сплошных руд выделяются руды кристаллическизернистые, метаколлоидные и смешанные, образованные в результате пространственного совмещения разновременных кристаллическизернистых и метаколлоидных руд. Метаколлоидные руды представляют собой мелкозернистую полиминеральную массу, состоящую из барита, пирита, мельниковит-пирита, сфалерита и галенита, характеризующихся метаколлоидной структурой. В основной метаколлоидной массе кроме пятнистых обособлений имеются еще гнездовые выделения и обломки кристаллическизернистых руд колчеданного и колчеданно-полиметаллического состава. М. С. Шнайдером и М. П. Астафьевым [82] описаны жильные брекчи с хлоритовым или хлорит-сульфидным цементом. Среди обломков кроме имеющих и других пород присутствуют обломки серноколчеданных, пирит-сфалеритовых, пирит-халькопиритовых руд. В хлоритовом цементе сульфиды представлены пиритом, галенитом, блеклой рудой, арсенопиритом, а также халькопиритом и сфалеритом.

В Орловском месторождении колчеданные руды позднего этапа цементируют обломки сплошных тонкозернистых, существенно сфалеритовых и пирит-халькопиритовых руд, секут их, а также метасоматически их замещают. Хлоритизация и образование хлоритолитов предшествуют и сопровождают формирование колчеданных руд позднего этапа.

Относительно простой стадийностью характеризуются руды Зыряновского, Иртышского, Березовского и других месторождений, расположенных в зонах интенсивного рассланцевания и метаморфизма. Если не принимать во внимание серноколчеданную минерализацию, проявившуюся в некоторых месторождениях в очень ограниченном масштабе, то в сущности большую часть руд этих месторождений можно отнести к образованиям одной стадии. Если же рассматривать эти руды исходя из концепции мобилизации и переотложения или регенерации, то руды этих месторождений следует рассматривать переработанными полностью или почти полностью. В Зыряновском месторождении раннестадийные серные колчеданы в балансе руд занимают очень скромное место, а в районе в целом только в Александровском месторождении с ранней стадией связано об-

разование высокотемпературных медно-колчеданных руд. Вместе с тем в некоторых месторождениях Зыряновского района, особенно в Снегиревском, выделяется еще стадия поздних медно-колчеданных руд, накладывающаяся на стадию полиметаллических руд. Все это еще раз подчеркивает весьма сложный характер формирования алтайских полиметаллических руд. Результаты многочисленных определений возраста калий-argonовым методом предрудных минеральных ассоциаций для месторождений Зыряновского района, а также для Тишинского месторождения показывают колебания в пределах 250—280 млн. лет [76], что подтверждает позднепалеозойский возраст завершения формирования руд указанных месторождений.

ГЕНЕЗИС ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ АЛТАЯ И ПРИНЦИПЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ

Генезис полиметаллических месторождений

Из совокупного рассмотрения металлогении и геологического строения полиметаллических месторождений Алтая, а также главных факторов контроля оруденения вытекает несомненный вывод о полигенности и полихронности большинства месторождений Алтая, о длительном и многоактном их формировании. Вместе с тем устанавливается четкая связь оруденения с девонской кварц-кератофировой формацией, что выражено в приуроченности всех промышленных месторождений преимущественно к образованиям названной формации и в контроле размещения оруденения особенностями внутреннего ее строения; причем состав руд и тип месторождений закономерно обусловлены в первую очередь химическим составомrudовмещающих пород и их фациальной принадлежностью. В формировании руд большинства месторождений намечается два крупных этапа. С первым из них связано образование сингенетичных и эпигенетичных руд, синхронных становлению самой кварц-кератофировой формации, а со вторым — руд, формирование которых вызвано метасоматическими процессами, сопровождавшими плутонический магматизм.

Источником образования руд второго этапа послужили большей частью руды первого этапа, подвергшиеся перекристаллизации или переотложению, а также рассеянная сульфидная минерализация, рудное вещество которой было мобилизовано и переотложено циркулирующими через них гидротермальными растворами. Оруденение второго этапа всегда проявлено в участках развития раннеэтапных руд, хотя резко оторвано от них во времени. Раннеэтапные руды в чистом виде сохранились редко, к числу их могут быть отнесены руды Второй Риддерской залежи. Значительно чаще встречаются месторождения, в формировании которых оруденение второго этапа занимает относительно незначительное место. К таким месторождениям принадлежат месторождения Лениногорского рудного поля, Змеиногорского рудного поля, видимо, Рубцовского района и др. В месторождениях, где широко представлены руды обоих

этапов рудообразования, разноэтапные сульфиды не всегда могут достаточно четко различаться, но в ряде месторождений, таких как Орловское, Золотушинское и др., благодаря структурно-текстурным особенностям их руд сделать это возможно.

Особую группу составляют месторождения, расположенные в зонах повышенного рассланцевания, рудные тела которых приурочены к молодым структурам, сформировавшимся в позднем палеозое. Руды этих месторождений, имеющие все признаки формирования в позднем палеозое, подчиняются тем не менее всем закономерностям размещения, свойственным девонским рудам и обусловленным строением кварц-кератофировой формации.

Разновозрастны даже сами руды девонского возраста, синхронные становлению кварц-кератофировой формации. Среди них различаются руды, связанные с формированием ранней и поздней серий рудоносной формации. Среди раннеэтапных руд различаются в свою очередь по генезису: экскальационно-осадочные, гидротермально-метасоматические и гидротермальные. Типично полиметаллические и колчеданно-полиметаллические существенно свинцовые месторождения на большей части Рудного Алтая находятся в образованиях ранней серии рудоносной формации, что коррелируется с существенно калиевым составом вулканитов этой серии. Исключение составляют Рубцовский рудный район с его отличным от других районов Рудного Алтая ходом развития вулканизма и северо-западный фланг Белоубинско-Маймырской подзоны, где натрий-калиевого состава вулканиты распространены и в поздней серии.

Образование вулканических продуктов ранней серии связано с активностью изолированных вулканов центрального типа, постройки которых значительно возвышались над дном моря. Вершины вулканических построек разрушались вместе с прижерловыми образованиями (в том числе с колчеданными рудами) в первую очередь. Видимо, поэтому колчеданных руд в образованиях ранней серии мы не встречаем. Отложение полиметаллических руд происходило или в условиях субвулканической фации глубинности, т. е. на небольшой глубине, или же разгрузка рудоносных растворов, поднимавшихся по синвулканическим трещинам, осуществлялась у подножий вулканических построек, в депрессиях, где отлагались кремнистые илы, углисто-глинистые осадки, тонкозернистые туффиты. В участках с высоким геотермическим градиентом, в условиях достаточной прогретости вмещающей среды, растворы выносили свой полезный груз на дно моря и там отлагали в виде осадочно-экскальационных руд. Условия ненормальной солености, существовавшие в пределах отдельных локальных углублений, куда выносились гидротермы, достаточно высокие температуры и давление задерживали немедленное выпадение рудного вещества и обеспечивали растекание его от выводного канала на расстоя-

ние до десятков метров. Прерывистая циркуляция гидротерм меняющегося состава приводила к отложению слоистых руд — при формировании экскальационно-осадочных руд и зонально-полосчатых крустикационных руд — при образовании гидротермальных штокверковых руд.

Гидротермальные изменения пород, отмечаемые преимущественно в лежачем боку рудных залежей, хотя охватывали большие объемы пород, но проявились не очень интенсивно в виде кварц-серicitовых изменений, окварцевания и перекристаллизации кремнистых образований. Полиметаллические руды гидротермального происхождения, отлагавшиеся, по-видимому, несколько позже экскальационно-осадочных, всегда находятся в парагенетических взаимоотношениях с субвулканическими интрузиями порфирового состава. Отложению этих руд предшествовали тектонические подвижки, вызвавшие послойные срывы и дробления, продолжавшиеся и в период рудоотложения. Для руд в целом, особенно для колчеданно-полиметаллических, отмечается асимметричная зональность поперек рудных залежей, свойственная рудам подобного происхождения вообще.

В Холзунско-Сарымсактинской металлогенической зоне раннеэтапное оруденение представлено главным образом рассеянной вкрапленностью сульфидов свинца, цинка в породах рудносной формации, большей частью в доломитовых известняках. Рассеянный характер рудной минерализации данной зоны коррелируется с общим высоким содержанием свинца в качестве элемента-примеси в синхронных вулканических породахrudовмещающей формации.

Колчеданно-полиметаллическое существенно медно-цинковое и колчеданное оруденение почти всегда бывает приурочено к образованиям верхней серии натриевого профиля. Особенностью руд этого второго горизонта оруденения кварц-кератофировой формации является высокое содержание серного колчедана, особенно резко повышенное в рудах, отложившихся в породах жерловых и прижерловых фаций, а также медно-цинковый состав.

В жерловых и прижерловых фациях рудные тела локализуются в трещинах разломов, в зальбандах субвулканических тел, даек, в брекчированных призальбандовых и апикальных частях субвулканических интрузий. Руды в основном сплошные кристаллические; снизу они окаймлены вкрапленной колчеданной минерализацией. В рудах намечается последовательность стадий: серноколчеданная, медная, цинковая. Гидротермальные изменения проявлены в форме окварцевания, серicitизации и пиритизации. В фациях, удаленных от центров извержений, руды залегают в виде согласных залежей, преимущественно в горизонтах тонкозернистых осадочных пород или в местах

чертежования осадочных пород с туффитами и туфами, характерных для завершающих моментов вулканического цикла.

При общем колчеданно-медно-цинковом составе руд месторождений второго горизонта в пределах самой группы отмечаются отклонения состава руд к более медному или к более свинцово-цинковому.

В отдельных случаях (Рулихинское, Тишинское, Корбалихинское месторождения) отмечается большая свинцово-цинковость для руд, приуроченных к углисто-глинистым сланцам, содержащим линзы известняков. Характерными гидротермальными изменениями для рассматриваемого оруденения являются окварцевание, серицитизация и пиритизация, проявившиеся наиболее широко в подстилающей толще кислых эфузивов.

Третий горизонт оруденения кварц-кератофировой формации, фиксируемый в Николаевском рудном районе, не очень развит. Руды этого горизонта залегают в поздних, существенно пирокластических образованиях кварц-кератофировой формации. Оруденение это представлено прожилково-вкрапленными и жильными медными рудопроявлениями (Рулевское, Чудакское).

Оруденение второго этапа алтайских полиметаллических месторождений разновозрастно и многообразно по способу образования и связи с магматическими комплексами, т. е. полигенно. Однако большей частью оно относится к гидротермально-метасоматическому генетическому типу. В одних месторождениях оруденение второго этапа проявлено слабо, в других значительно развито, а в третьих слагает главную массу руд.

Ниже рассмотрим генетические типы второго этапа рудообразования.

Контактово-метаморфизованные руды. К ним относятся руды месторождений, оказавшихся в ореоле контактового воздействия гранитных интрузий тельбесского, змеиногорского, калбинского и других комплексов. Наиболее полно метаморфизм колчеданно-полиметаллических руд под влиянием kontaktovo-метасоматических процессов проявился в Таловском месторождении Шемонаихинского района. Руды этого месторождения претерпели прогрессивный и регressiveный этапы kontaktovo-метасоматического воздействия позднедевонских микроклиновых гранитов Межовского массива, а в последующем и гидротермальных растворов, обусловивших наблюдаемое здесь «телескопирование» руд. В результате всего этого сульфидные минералы, многократно перекристаллизовавшись, оказались в различных участках месторождения в ассоциации снерудными минералами различного генезиса, например: 1) с флогопитом, пироксенами, шпинелью и актинолитом; 2) с серпентином, тальком, tremolитом, магнетитом; 3) с кварцем, хлоритом, серицитом.

Подобного типа метаморфизм руд отмечается еще в Сургутановском и Рулихинском месторождениях. Метаморфизм руд в связи с kontaktовым воздействием интрузий гранодиоритового и плагиогранитного состава отмечается в Новоберезовском, глубоких горизонтах Золотушинского месторождения, в Опенышевском рудопроявлении. Метаморфизм в перечисленных месторождениях выразился в образовании пирротиновых руд с актинолитом, антофиллитом и другими минералами. Контактово-метасоматическое воздействие калиевых гранитов на полиметаллические руды наиболее четко проявлено в рудопроявлениях: Денисовском, Тигинском, Талово-Тургусунском. В последнем массивные свинцово-цинковые руды вследствие указанного процесса оказались сосредоточенными целиком в гранат-биотитовых метасоматитах.

В большинстве других месторождений, таких как Зыряновское, находящихся в ореоле kontaktового воздействия молодых гранитов, установление возрастного взаимоотношения оруднения и гранитной интрузии затруднено наложением как на руды, так и на продукты kontaktового метаморфизма мощных гидротермально-метасоматических процессов одного или даже двух этапов. Полиметаллические руды Зыряновского месторождения под воздействием гидротермальных растворов, связанных с интрузией гранитов, претерпели полную перекристаллизацию и частичное переотложение.

Руды скарнового типа. Скарновое оруднение представлено Парыгинским месторождением, где в ореоле kontaktового воздействия подверглись скарнированию, грейзенизации и турмалинизации раздробленные гранодиориты и секущие их жильные порфиры. Полиметаллическое оруднение наложено на процессы скарнирования, грейзенизации, турмалинизации и связано, видимо, с очагом пермских гранитов, тем более что маломощные жилы с полиметаллическим оруднением наблюдались и в самих гранитах.

Гидротермальные руды. Главная масса руд второго этапа рудообразования имеет, несомненно, гидротермальное происхождение. В месторождениях, приуроченных к зонам интенсивного рассланцевания, гидротермальные руды второго этапа составляют большую часть или даже все оруднение. Основываясь на этом, эти месторождения формально можно было бы считать позднепалеозойскими, но поскольку размещение оруднения даже этих месторождений обусловлено в первую очередь внутренним строением вулканогенной кварц-керратофировой формации, а происхождение первичного рудного вещества связано с девонским вулканизмом, то будет более правильным рассматривать их как месторождения, преобразованные в позднем палеозое.

Наиболее представительными гидротермальными рудами второго этапа рудообразования являются многокомпонентные

массивные руды ряда месторождений, расположенных в зонах интенсивного рассланцевания, четко секущие позднепалеозойские дайки, а также вкрапленно-прожилковые руды. Они имеют полиметаллический или колчеданно-полиметаллический состав.

Месторождения, где руды второго этапа составляют только часть общего запаса руд, хотя и значительную, могут рассматриваться как частично преобразованные (Золотушинское, Орловское, Николаевское, Корбалихинское). В этих месторождениях руды второго этапа имеют колчеданный (Корбалихинское), медно-колчеданный (Золотушинское и Орловское), колчеданно-медно-цинковый (Николаевское) составы. В месторождениях Лениногорском, Сокольном оруденение второго этапа занимает в общем балансе руд незначительное место и представлено вкрапленными рудами в серицитолитах и хлоритолитах.

В зонах дробления и зонах интенсивного рассланцевания, секущих ореолы рассеянной сульфидной минерализации, иногда формируются промышленные руды как вкрапленно-прожилкового типа (Ушкынтыйское, Саралка-Булакское), так и сплошные (Снегиревское, Греховское месторождения), являющиеся также рудами второго этапа. Формирование руд второго этапа совершилось в связи с активностью гидротермальных систем, возникавших под воздействием разных интрузивно-магматических комплексов.

Исходя из возраста рудолокализующих структур, возрастного взаимоотношения рудных тел с интрузивными комплексами и данных абсолютной геохронологии образование руд второго этапа происходило в одних месторождениях в пермский или позднекаменноугольный период (большинство месторождений, приуроченных к зонам интенсивного рассланцевания), в других — в среднекаменоугольный (Золотушинское, Орловское), в третьих — в позднедевонский (Таловское). Для ряда месторождений, например для Николаевского, точная датировка второго этапа оруденения затруднительна, но и в этом случае по находкам обломков метаколлоидных руд в отложениях малоульбинской свиты можно определить, что формирование их произошло до позднего камбия.

Преобразование месторождений, как мы уже отмечали, заключается в перекристаллизации или переотложении ранних руд с добавлением некоторого количества рудного вещества, привносимого гидротермами из магматического очага, давшего граниты. Процесс этот сопровождался предрудными, очень интенсивно проявившимися гидротермальными изменениями, приуроченными к локальным структурам, а в отдельных случаях и наложением контактового метаморфизма. Предрудный и рудный этапы гидротермально-метасоматических изменений вмещающих пород в большинстве алтайских месторождений тесно связаны с завершающим этапом формирования месторождений, отложением или переотложением руд и были обус-

ловлены мощными гидротермальными процессами, вызванными внедрением магматических масс, давших разновозрастные интрузивные комплексы. Активность гидротермальных систем обусловила мобилизацию рудного вещества, его переотложение или перекристаллизацию, а также гидротермальные изменения вмещающих пород. Судя по сходству минералогического состава разновозрастных гидротермально-метасоматических пород различных месторождений Алтая, гидротермальные растворы, вызвавшие метасоматоз, заимствовали большую часть петрогенных элементов, растворенных в них, из пород вмещающих толщ и фундамента.

В зависимости от состава вмещающих пород и характера рудовмещающей структуры в зонах интенсивных гидротермальных изменений больше и заметнее проявлено или вертикальная, или поперечная горизонтальная зональность. В сквозных зонах интенсивного рассланцевания, проходящего в толщах, сложенных главным образом вулканогенными породами кислого состава, более четко выражена поперечная и слабее вертикальная зональность, причем в вертикальной метасоматической колонке четко выделяется зона кислотного выщелачивания и менее четко зона отложения. Типичным примером является Иртышское месторождение. Здесь в центральной части круто-падающей зоны интенсивного рассланцевания и гидротермальной проработки выделяется пирит-кварц-серицитовая подзона, по обе стороны от которой располагаются существенно хлоритовые подзоны, а еще дальше — внешняя подзона перекристаллизации без изменения состава.

В зонах интенсивного рассланцевания несквозного типа и в зонах послойного срыва и дробления, проходящих в существенно осадочных толщах, четче проявлено вертикальная гидротермально-метасоматическая зональность, причем в верхней части метасоматической колонки в зоне отложения широко развиты секущие или субсогласные метасоматические тела хлоритолитов, серицитолитов и подобных им пород. При этом хлоритолиты располагаются преимущественно в породах, изначально обогащенных магнием и глиноземом, что видно из химических анализов вмещающих пород. Типичными примерами подобных месторождений являются Зыряновское и Орловское.

Между приведенными двумя крайними типами метасоматической зональности в предрудном гидротермальном изменении имеются переходные типы. Если за основу классификации взять минеральный состав пород, то в алтайских месторождениях наиболее характерным процессом изменения вмещающих пород является хлоритизация, сопровождающаяся во многих месторождениях образованием метасоматических мономинеральных секущих или согласных линзовидных тел (метасоматических жил) хлоритолитов, приуроченных к зонам повторного рассланцевания или дробления и к зонам послойных срывов

и надвигов. Среди таких месторождений имеются и типично полиметаллические (Зыряновское, Путинцевское, Греховское, Степное, Березовогорское) и колчеданно-полиметаллические (Золотушинское, Орловское, Корбалихинское, Березовское, Белоусовское). Хлоритолиты этих месторождений часто являлись тем субстратом, по которому позже в некоторых месторождениях развивались другие метасоматические минералы — хлориты иного состава, слюды, тальк, карбонаты, пирит, кварц, частично или полностью заместившие хлоритолиты или хлоритизированные породы. Кристаллизация сульфидов произошла, несомненно, позже образования хлоритолитов и их метасоматически переработанных разностей, это четко устанавливается, например, в Зыряновском месторождении. Они приурочены к тектонически сорванным контактам, к узким зонам дробления и интенсивного рассланцевания, располагаясь чаще в висячем, реже в лежачем боку гидротермальных. В кругопадающих участках рудные зоны располагаются и во внутренних частях метасоматических жил. В ряде месторождений, например в Золотушинском, хлоритолиты цементируют и окаймляют сульфидные валуны раннеэтапных руд и предшествуют и сопровождают кристаллизацию руд второго этапа.

В разрезе Корбалихинского, Зыряновского месторождений массивные полиметаллические руды иногда выходят за пределы развития хлоритолитов, поднимаясь в зону слабо измененных пород, а кварцевые и баритовые жилы проникают в зону слабо измененных пород еще чаще.

Серицитизация проявилась в породах почти всех полиметаллических и колчеданно-полиметаллических месторождений Алтая, часто с такой же степенью интенсивности, что и процесс хлоритизации. Особенно четко она проявилась в месторождениях Лениногорского рудного поля, где резко доминирует над процессом хлоритизации и является ведущим типом изменения, хотя здесь также отмечаются хлоритизация и образование хлоритолитов.

В Лениногорской группе месторождений широкое развитие процесса серицитизации находит свое объяснение в особом литохимическом составе их вмещающих пород, относящихся к ранней серии образований кварц-кератофировой формации. Как ни в одном из других районов Рудного Алтая,rudовмещающие породы лениногорских месторождений характеризуются четко выраженным калиевым профилем петрохимического состава [43, 57, 84], что свойственно не только вулканогенным или субвулканическим породам, но и осадочным. Вероятно, поэтому развитие хлоритов в Лениногорском месторождении отмечается преимущественно в так называемой серицитолитовой дайке висячего бока [43], залегающей в известковистых алевролитах. Секущее положение даек серицитолитов по отношению к микрекварцитам с рудной вкрапленностью, а местами даже по отно-

шению к сплошным рудам [43], данные об абсолютном возрасте серицитолитов, тесная пространственная связь с серицитолитами части руд дают основание относить жильные серицитолиты, так же как и часть сульфидных руд, к позднему этапу формирования месторождений Лениногорского рудного поля, происходившему, видимо, в позднем палеозое. Серицитизация в истории становления месторождений Лениногорского рудного поля проявилась неоднократно, в том числе в период образования тел эксплозивных брекчий, цемент которых интенсивно серицитизирован.

Окварцевание проявлено во всех месторождениях в разные стадии минерализации. В этап предрудных гидротермальных изменений окварцевание обычно приурочено к зонам кислотного выщелачивания метасоматической колонки. В рудный этап окварцевание сопровождало оруденение. Вместе с тем следует отметить, что многие тела так называемых гидротермальных микрокварцитов (или «роговиков»), характерных для геологического строения многих типичных полиметаллических месторождений, после детальных исследований оказались в большинстве своем первичнокремнистыми образованиями, испытавшими лишь позднейшую перекристаллизацию в результате гидротермального метаморфизма.

Минералы этого этапа калиевого метасоматоза. Особо следует отметить обильное развитие в некоторых месторождениях минералов, связанных с проявлением калиевого метасоматоза, выразившегося помимо широкой серицитизации еще и в процессах лиственитизации, микроклинизации, флогопитизации, карбонатизации, отальковании и др. Особенно четко эти процессы проявились в месторождениях Зыряновском, Богатыревском, Осочихинском, Парыгинском, Александровском, Березогорском, Таловском, т. е. в месторождениях, расположенных вблизи крупных массивов существенно калиевых гранитов пермского, а иногда и девонского возраста. Минерализация, связанная с калиевым метасоматозом, наложилась в этих месторождениях на гидротермальные изменения первого этапа, сопровождавшиеся в большинстве случаев железо-магнезиальным метасоматозом. В процессе гидротермальных изменений этого этапа формировалась своя вертикальная метасоматическая колонка с зонами кислотного выщелачивания и метасоматического преобразования. В высокотемпературных условиях в пределах проявления калиевого метасоматоза (микроклинизации) отлагалось некоторое количество медно-колчеданных и колчеданных руд. Отложение пирита и халькопирита сопровождалось образованием железистых хлоритов и флогопитов в Александровском месторождении. Высокотемпературные микроклиновые породы этого месторождения характеризуются значительным содержанием бария, при полном отсутствии даже следов свинца. В участках проявления низкотемпе-

ратурной микроклинизации Богатыревского и Осочихинского месторождений распространены преимущественно сфалерит-галенитовые руды. Так коррелируется рудная и температурная зональность при проявлении калиевого метасоматоза.

В целом же проявление калиевого метасоматоза не оказалось существенного влияния на общий состав руд полиметаллических месторождений. Так, руды Зыряновского месторождения, где калиевый метасоматоз значительно проявился, и Путинцевского месторождения, где он не проявился, в общем сходны между собой, отличаются лишь наличием в рудах Зыряновского месторождения некоторых относительно редких минералов, таких как альбит, гиалофан и др., некоторого количества чисто цинко-свинцовых руд и несколько отличным изотопным составом свинца. Все это подкрепляет предположение о том, что гидротермальные растворы, производящие интенсивные метасоматические изменения вмещающих пород, сами по себе не являлись основным источником рудных элементов, а лишь предопределяли мобилизацию и трансформацию руд, размещенных в образованиях кварц-кератофировой формации.

Гидротермальные изменения боковых пород, сопровождавшие непосредственно кристаллизацию руд, проявлялись несравненно менее интенсивно, чем предрудный метаморфизм, что, видимо, обусловлено, во-первых, отставанием рудных элементов при переотложении от фронта опережающей волны кислотных элементов, вызывающих предрудные гидротермальные изменения, во-вторых, более поздней кристаллизацией сульфидов по сравнению с нерудными гидротермальными минералами. Окаторудные изменения боковых пород, сопутствующие формированию полиметаллических руд, сводятся главным образом к образованию в породах тех же минералов, которые являются главными жильными минералами руд, или же к перекристаллизации с укрупнением зерен минералов предрудных стадий гидротермального метаморфизма. Наиболее распространенными видами окаторудных изменений рудного этапа являются окварцевание, пиритизация, хлоритизация, иногда карбонатизация, в слабой форме, серицитизация. В целом же рудный этап сопровождался интенсивными метасоматическими изменениями боковых пород, в том числе отложением хлоритолитов, серицитолитов, серного колчедана и др. Все это хорошо выражено в колчеданно-полиметаллических и полиметаллических месторождениях, где в формировании руд достаточно четко различаются два разновозрастных этапа. К числу таких месторождений относятся Корбалихинское, Золотушинское, Новозолотушинское, Орловское, Николаевское, частично месторождения Лениногорского рудного поля. По существу руды второго этапа перечисленных месторождений относятся к разряду регенерированных или вторичных гидротермальных. Во многих других месторождениях Рудного Алтая к ним принадлежит большая часть руд.

Принципы прогнозирования

Территория Рудного Алтая отличается в общем детальной, но неравномерной опоискованностью поверхности. Лучше всего изучены в поисковом отношении районы главных рудных узлов и в целом все открытые, достаточно обнаженные участки. Геологическое строение главных рудных полей освещено поисковым бурением и на некоторую глубину, ограниченную, однако, предельной на сегодня глубиной отработки, которая даже в крупнейших месторождениях составляет не более 600—1000 м.

Теперь в связи с расширением технических возможностей и ростом потребности в руде возрастает допустимая глубина отработки месторождений и соответственно с этим усиливается необходимость более детального изучения геологического строения их глубоких частей. Поисковые работы до сих пор проводились с использованием в основном прямых поисковых признаков, т. е. проявлений рудной минерализации, гидротермальных изменений, геохимических ореолов и др., выявляемых на поверхности или на небольшой глубине. Вследствие истощения фонда участков с надежными признаками нахождения оруденения, выявляемых относительно легко и привычными методами, эффективность поисковых и разведочных работ понизилась. Нам представляется, что слабая эффективность поисковых работ на современном, более трудном, этапе поисков вызвана в первую очередь недостаточно глубоким знанием геологического строения района, конкретных закономерностей размещения оруденения, изложенных в предыдущих разделах настоящей работы.

Организация поисков на основе использования новых закономерностей и поисковых критериев требует принципиально новой геологической основы, составленной на принципах формационного и фациального анализов, а также структурного анализа с уклоном на палеовулканологические реконструкции, отражающей все основные геологические и металлогенические закономерности.

В свете этого может быть сделан ряд рекомендаций общего и частного порядка. Вследствие обусловленности размещения полиметаллического оруденения внутренним строением кварц-кератофировой формации возникает необходимость быстрейшего изучения ее путем детального геологического картирования разных серий, фаций, вулкано-тектонических структур, сопровождаемое детальным и всесторонним исследованием вещественного состава. В процессе съемки нужно выяснить особенности геологического строения на определенную глубину. Изучением с применением структурного бурения должны быть охвачены и участки распространения кварц-кератофировой формации, перекрытые более молодыми образованиями, до глубин, которые в обозримом будущем могут быть доступны и

экономически целесообразны для организации эксплуатационных работ. Это особенно важно для районов эксплуатируемых горнорудных предприятий. Естественно, что при таких требованиях резко возрастает роль геофизических исследований.

Исходя из своеобразия формирования кварц-кератофировой формации, в каждой из металлогенических зон, подзон, а в подзоне в каждом рудном районе благоприятными для локализации оруденения могут быть разные серии и фации. Поэтому рудные районы при съемке должны рассматриваться как самостоятельные структурные подразделения, формирование которых связано со своими частными очагами извержения.

В разрезе кварц-кератофировой формации оруденение во многих рудных районах располагается многоярусно, образуя 2—3 этажа, причем каждый из этажей соответствует определенной серии этой формации, характеризующейся своими особенностями и их пространственным положением фаций. Поэтому геологическое изучение фаций следует вести раздельно по сериям кварц-кератофировой формации.

При съемке следует особо выделять синвулканические структуры и нарушения, возникшие в результате более поздних тектонических движений. Первые из них играли важную роль при формировании первичного оруденения, а вторые — в размещении позднеэтапных руд.

Большое влияние на формирование и окончательное моделирование полиметаллических месторождений оказали гранитоидные и малые интрузии. Поэтому для более целеустремленного направления поисковых работ имеет большое значение знание размещения интрузивных массивов различных комплексов, в том числе не вскрытых эрозией. В исследованиях этого рода большая роль должна принадлежать геофизическим методам, которые, однако, должны проводиться в тесной связи с геологическими, петрологическими, минералогическими и геохимическими исследованиями.

В связи с увеличением предельной глубины отработки месторождений и расширением поисков на известных рудных полях приобретает большое значение правильный выбор направления и глубинности работ конкретно для каждого объекта с учетом характера структур. В участках кругого залегания рудоносных горизонтов и развития зон интенсивного рассланцевания, где можно ожидать нахождение рудных тел и рудных зон, уходящих на большую глубину, очевидна необходимость ведения детальных поисков вдоль линейных зон, расположенных более или менее параллельно, и прослеживать их на значительную глубину. В участках развития относительно пологих структур поиски должны вестись на более широкой площади.

Необходимо уделять особое внимание зональности оруденения, учитывая при этом наличие кроме зональности отложе-

ния и пульсационной зональности руд раннего этапа еще зональности переотложения, в том числе пульсационной. Следует также иметь в виду случаи наложения на первичную зональность зональности переотложения. В качестве примеров такой зональности можно отметить Зыряновское рудное поле и Иртышское месторождение. В Зыряновском районе выделяется зона высокотемпературного калиевого метасоматоза с медно-колчеданным оруденением в ассоциации с барийсодержащим калиевым полевым шпатом, биотитом, железистым корундофиллитом и зона низкотемпературной микроклинизации со свинцово-цинковым оруденением с альбитом и кварцем. В рудной залежи Иртышского месторождения, по Ю. Ю. Воробьеву [15], наблюдается обратная вертикальная зональность оруденения. Существенно свинцово-цинковые руды располагаются в нижней и центральной частях залежи, а существенно колчеданные — в верхней части и на флангах залежи.

До последних лет поисковые работы в основном были сосредоточены вблизи известных рудных полей. В настоящее время Рудный Алтай поисками охвачен шире, но тем не менее остаются еще значительные слабо или недостаточно изученные площади развития кварц-кератофировой формации. Многие из таких участков представляют собой самостоятельные структурные элементы со своими особенностями локализации оруденения и его состава. Это площади заслуживают особо тщательного изучения с проведением всего цикла съемочно-поисковых работ и с детальным изучением рудоносной формации. Среди таких участков в первую очередь подлежат исследованию северные районы Рудного Алтая, перекрытые чехлом рыхлых образований; район, расположенный между Локтевским и Орловским месторождениями, и бортовые части Луговской мульды; Сургутановско-Крючковский район; Рулихинско-Самарский подрайон в южной части Николаевского района; бортовые части Черепанихинской и Петровской синклиналей; Снегиринский рудный район; отдельные участки Белоубинско-Маймырской подзоны. С точки зрения обнаружения новых месторождений могут представить практический интерес площади, перекрытые отложениями гремячинской свиты, в случае подтверждения их надвигового залегания на рудоносных образованиях к юго-востоку от Березовско-Белоусовского района.

Для обнаружения оруденения иного типа представляются интересными участки развития островной андезит-дацитовой формации, в особенности второй ее серии с широким развитием пород кислого состава, с которой связаны большие поля развития вторичных кварцитов с высокоглиноземистой минерализацией, а также скопления сульфидного оруденения. В образованиях данной формации находятся промышленное Заводинское месторождение жильного типа, медные и колчеданныерудопроявления.

Подчеркивая преимущественную приуроченность полиметаллических месторождений к кварц-кератофировой формации, мы тем не менее не исключаем возможности проникновения руд при явлениях переотложения и в вышележащие формации. Поэтому изредка встречающиеся жильные рудопроявления в отложениях верхнего девона и нижнего карбона могут указывать на глубоко уходящие секущие рудные зоны, связанные с оруденением кварц-кератофировой формации. В этом отношении представляет особый интерес участок жильных свинцово-цинковых рудопроявлений Мурзинцевской группы. По общегеологическим соображениям, подкрепляемым данными геофизических исследований, район расположения мурзинцевских рудопроявлений представляет собой тектонически приподнятый блок, аналогичный Ревнушинскому (Зыряновскому), перекрытый нижнекаменноугольными отложениями.

Алтай хорошо известен своими полиметаллическими месторождениями рудноалтайского типа, но в пределах Холзунско-Сарымсактинской зоны широко распространены рудопроявления другого типа, преимущественно свинцово-цинковые, приуроченные к самым различным фациям и лотологическим разностям пород кварц-кератофировой формации. Ни один из главных представителей указанного типа рудопроявлений не подвергался промышленной оценке с постановкой поисково-разведочных работ. Для прогнозной оценки свинцово-цинкового оруденения всей Холзунско-Сарымсактинской металлогенической зоны необходимость постановки подобных работ вполне очевидна.

В работе указаны общие особенности внутреннего строения и петрохимических свойств кварц-кератофировой формации, а также влияния их на размещение и состав полиметаллического оруденения. Однако в конкретных рудных районах наблюдаются местные отступления от общей закономерности, усложняющие ее.

Все это, вероятно, обусловлено тем, что в каждом конкретном рудном районе строение кварц-кератофировой формации и влияние его на размещение оруденения имеют свои особенности, характеризуются дополнительно локальными закономерностями, связанными с деятельностью своей группы вулканических аппаратов. Указанные особенности в большинстве районов изучены пока очень слабо, они заслуживают особого внимания при специализированной геологической съемке.

Следовательно, выделение на геолого-формационной основе естественных рудных районов со свойственными им металлогеническими особенностями, а не только зон и подзон имеет весьма важное значение как в прикладном, так и теоретическом отношениях, ибо это позволяет уточнить закономерности размещения оруденения как в целом в Рудном Алтае, так и в конкретных рудных районах.

Вследствие всего этого при детальных прогнозных исследованиях рудный район должен рассматриваться как самостоятельная структурно-металлогеническая единица со своими индивидуальными особенностями размещения оруденения. Фактору структурного контроля в размещении и локализации полиметаллического оруденения всегда придавалось большое значение. Рудные тела в месторождениях обычно приурочены к тектоническим нарушениям: плоскостям послойного срыва и дробления, сочетающимся с секущими нарушениями; к секущим или согласным зонам дробления в хрупких породах (чаще всего микрокварцитах по кремнистым образованиям), перекрытых более пластичными и экранирующими известково-глинистыми сланцами, реже известняками, иногда — эфузивными толщами. Указанные локальные рудовмещающие структуры обычно приурочены к крыльям антиклиналей, к их крутопогружающимся шарнирам, к сводовым частям, к крыльям синклиналей, к сорванным контактам порфировых интрузий с эфузивно-порокластическими породами, к тектоническим блокам моноклинального строения.

Весьма характерными рудовмещающими структурами Алтая являются зоны повторного интенсивного рассланцевания. Именно к зонам интенсивного рассланцевания приурочены рудные залежи, уходящие на большие глубины и характеризующиеся различными типами зональности, требующими пристального изучения.

1. Ажгирей Д. Г. О геолого-генетических особенностях и перспективах оруденения Хамирско-Большереченского района на Алтае.— «Тр. Алт. горно-металлург. науч.-исслед. ин-та. АН КазССР», 1963, т. XVI, с. 19—27.
2. Безсмертная М. С., Горжеевский Д. И. Околорудные изменения полиметаллических месторождений Алтая.— «Изв. АН СССР. Серия геол.», 1958, вып. 10, с. 21—36.
3. Белькова Л. Н., Огнев В. Н., Семенов А. И. Две гипотезы о генезисе полиметаллического оруденения на Алтае.— «Изв. АН СССР. Серия геол.», 1954, № 1, с. 30—39.
4. Беляев А. П., Дмитриев В. П., Полтораков К. П. Закономерность размещения полиметаллического оруденения в северо-западной части Рудного Алтая.— В кн.: Новые данные по геологии и полезным ископаемым Западной Сибири. Томск, 1969, с. 31—37.
5. Билибин Ю. А. Металлогенические провинции и металлогенические эпохи. М., Госгеолтехиздат, 1955. 86 с.
6. Бородаевская М. Б., Шмидт А. И. Условия образования колчеданных месторождений на примере Южного Урала.— «Тр. Центр. науч.-исслед. горноразвед. ин-та цветных, редких и благородных металлов», 1968, вып. 75, с. 21—23.
7. Вейц Б. И. О генетической связи полиметаллического оруденения Рудного Алтая с девонским вулканализмом.— «Изв. АН КазССР. Серия геол.», 1953, вып. 17, с. 20—25.
8. Вейц Б. И. К вопросу о генезисе руд Сургутановского месторождения.— «Изв. АН КазССР. Серия геол.», 1955, вып. 19, с. 129—134.
9. Вейц Б. И. Минералогия полиметаллических месторождений Рудного Алтая. Т. III. Алма-Ата, Изд-во АН КазССР, 1959. 488 с.
10. Венцловайте Е. И., Шатагин Н. Н. Вопросы генезиса Корбалихинского и Зареченского полиметаллических месторождений на Рудном Алтае.— «Изв. АН СССР. Серия геол.», 1969, № 9, с. 83—93.
11. Виноградов А. П., Тарасов Л. С., Зыков С. И. Изотопный состав свинца Алтая и Казахстана.— «Геохимия», 1957, № 1, с. 3—23.
12. Виноградов А. П., Зыков С. И., Тарасов Л. С. Изотопный состав свинца-примеси в рудах и минералах как показатель их генезиса и времени образования.— «Геохимия», 1958, № 6, с. 515—524.
13. Волков В. В. Основные закономерности геологического развития Горного Алтая. Новосибирск, «Наука», 1966. 161 с.
14. Волочкович К. Л., Леонтьев А. Н. Талицко-Монголо-Алтайская металлогеническая зона. Новосибирск, «Наука», 1964. 181 с.
15. Воробьев Ю. Ю. Геолого-генетические особенности и зональность Иртышского полиметаллического месторождения. М., Госгеолтехиздат, 1963. 125 с.
16. Гармаш А. А., Посысаев А. Г., Юдин И. М. Структурные условия локализации и морфологии рудных тел Золотушинского месторождения в Рудном Алтае.— «Тр. Ин-та геологии рудн. м-ний, петрографии, минералогии и геохимии», 1962, т. 82, с. 100—115.

17. Геология, парагенезис и запасы руд зарубежных месторождений свинца и цинка. М., «Иностр. лит.», 1951. 625 с. (Сб. статей под ред. К. Дэнхема).
18. Геология Зыряновского полиметаллического месторождения.— В кн.: Полиметаллические месторождения Рудного Алтая. М., 1957, с. 213—303. Авт.: А. К. Каюпов, В. А. Ким, Л. Г. Никитина, Е. А. Флеров.
19. Геологические формации Зайсанской складчатой системы. М., «Недра», 1972. 234 с. Авт.: М. Г. Хисамутдинов, Д. П. Авров, Е. Д. Василевская и др.
20. Глубинное геологическое строение Юго-Западного Алтая по сейсмологическим данным.— «Сов. геология», 1969, № 4, с. 31—45. Авт.: Н. К. Булин, Е. А. Проняева, В. И. Бубнова и др.
21. Голубчина М. Н., Рабинович А. В. К вопросу о критериях связи оруденения с магматизмом по данным изотопного анализа свинца пород и руд.— «Геохимия», 1957, № 3, с. 198—203.
22. Горжевский Д. И., Комар В. А., Яковлев Г. Ф. Структурно-фациальные зоны Рудного Алтая.— «Сов. геология», 1955, № 48, с. 118—134.
23. Горжевский Д. И. Свинцово-цинковые рудные формации Алтая и Забайкалья и их геотектоническая позиция.— В кн.: Эндогенные и рудные формации Сибири и Дальнего Востока. М., 1966, с. 156—162.
24. Горжевский Д. И. Об особенностях состава и строения полиметаллических руд месторождений Рудного Алтая, образовавшихся на разной глубине.— «Вестн. Львов. ун-та. Серия геол.», 1962, № 1, с. 95—99.
25. Демин Ю. И. Температурный режим формирования и некоторые вопросы генезиса полиметаллической минерализации Старковского рудного поля.— «Геология рудн. м-ний», 1971, № 4, с. 41—49.
26. Дербиков В. И., Нуварьева Ю. А. Паравулканическая зональность в вулканогенно-осадочных месторождениях.— «Сов. геология», 1967, № 19, с. 33—48.
27. Дмитриев В. П. Месторождения руд позднего полиметаллического парагенезиса в Змеиногорском районе на Алтае.— «Сов. геология», 1960, № 12, с. 115—119.
28. Дмитриев В. П. Геологическое строение и размещение оруденения на Корбалихинском месторождении.— «Вестн. Западно-Сибир. и Новосибир. геол. управлений», 1963, № 2, с. 27—36.
29. Домарев В. С., Высокоштровская Е. Б. О связи редкометального оруденения Горного Алтая с магматическими комплексами.— В кн.: Вопросы геологии и генезиса полезных ископаемых. Л., 1966, с. 9—24.
30. Дополнительные данные о вещественном составе, структурах и текстурах руд залежи № 3 на Белоусовском месторождении.— «Тр. ИГН АН КазССР», 1966, т. 17, с. 84—97. Авт.: М. И. Дробышевский, Р. Я. Дробышевская, К. С. Гаврикина и др.
31. Ермолаев К. Ф. О морфологии и условиях образования рудных тел Лениногорского месторождения.— В кн.: Геология Лениногорского и Зыряновского рудных полей на Алтае. М., 1957, с. 185—213.
32. Заварецкий А. Н. Колчеданные месторождения Урала. М., Изд-во АН СССР, 1950. 328 с.
33. Зленко Б. Ф. Изменения вмещающих пород и стадии минерализации на Вавилонском месторождении.— «Геология рудн. м-ний», 1962, № 1, с. 7—34.
34. Золотарев В. Г. О связи экскальационно-осадочного оруденения с лавовыми куполами на Стрежанском месторождении (Рудный Алтай).— «Вест. Моск. ун-та. Геология», 1974, № 5, с. 110—113.
35. Золотарев В. Г., Сорокинский Г. Н. Влияние состава текстур и степени метаморфизма колчеданно-полиметаллических руд на их физико-механические свойства.— «Изв. вузов. Геология и разведка», 1973, № 10, с. 69—75.
36. Зоненшайн Л. П. Тектоника складчатых областей Центральной Азии.— «Геотектоника», 1967, № 1, с. 40—69.

37. Иванкин П. Ф. Полиметаллические месторождения Прииртышья. М., Госгеолтехиздат, 1957. 247 с.
38. Иванкин П. Ф., Митряева Н. М., Пуркина З. А. Типы руд и стадии рудообразования на Новоберезовском месторождении.—«Тр. Алт. горно-металлург. науч.-исслед. ин-та АН КазССР», 1960, т. VIII, с. 146—169.
39. Иванкин П. Ф., Иниши П. В., Кузебый В. С. Рудные формации Рудного Алтая. Алма-Ата, Изд-во АН КазССР, 1961. 285 с.
40. Коржинский Д. С. Очерк метасоматических процессов.—В кн.: Основные проблемы в учении о магматогенных рудных месторождениях. М., 1953, с. 332—453.
41. Кузнецов Ю. А. Главные типы магматических формаций. М., «Недра», 1964. 387 с.
42. Кузнецов В. А. Тектоническое районирование и основные черты эндогенной металлогенези Горного Алтая.—«Тр. Ин-та геологии и геофизики СО АН СССР», 1963, вып. 13, с. 5—68.
43. Курек Н. Н., Курек А. И. Серийсодержащие породы.—В кн.: Измененные околоврудные породы и их поисковое значение. М., 1954, с. 101—148.
44. Лабазин Г. С. Структурно-морфологические особенности полиметаллических месторождений салаирских рудников и геологические условия их находления.—«Цветные металлы», 1940, № 3, с. 14—21; № 4, с. 6—15.
45. Магматические формации Зайсанской складчатой области.—В кн.: Труды I Казахстанского петрографического совещания, т. II. Алма-Ата, 1971, с. 30—42. Авт.: М. Г. Хисамутдинов, К. Г. Богданова, Р. К. Григайтис и др.
46. Мелещенко В. С., Янов Э. Н., Казаков И. Н. Основные черты тектоники Саяно-Алтайской складчатой области.—«Тр. ВСЕГЕИ. Новая серия», 1960, вып. 32, с. 92—95.
47. Муратов М. В. Геосинклинальные складчатые пояса и системы. Их этапы развития и магматизма.—«Изв. АН СССР. Серия геол.», 1967, № 10, с. 47—67.
48. Наумов В. П. О полосчатых текстурах руд месторождений Иртышской зоны смятия.—«Зап. Всесоюз. минер. о-ва», 1959, сер. 2, ч. 88, вып. 5, с. 533—546.
49. Нехорошев В. П. Тектоника и металлогенез Рудного Алтая и Калбы. М., Госгеолтехиздат, 1951. 257 с.
50. Нехорошев В. П. Геология Алтая. М., Госгеолтехиздат, 1958. 301 с.
51. Никольская Ж. Д. Металлогенические зоны Горного Алтая.—«Сов. геология», 1965, № 4, с. 27—35.
52. Орловское рудное поле на Рудном Алтае. Алма-Ата, «Наука», 1972. 108 с. Авт.: В. М. Волков, А. М. Гинатуллин, И. Т. Сахаров, К. А. Чекалова.
53. Панкратьев П. В., Михайлова Ю. В. Колчеданно-полиметаллическое оруденение Южного Узбекистана. Ташкент, «Фан», 1971. 180 с.
54. Покровская И. В., Ковриго О. А. О вулканогенно-осадочном происхождении слоистых полиметаллических руд Риддер-Сокольского месторождения.—«Геология рудн. м-ний», 1970, № 13, с. 64—75.
55. Покровская И. В., Ковриго О. А. Этапы и стадии минералообразования на Риддер-Сокольском и Тишинском полиметаллических месторождениях Лениногорского района.—В кн.: Информационный сборник Института геологических наук АН КазССР за 1973 г. Ташкент, 1974, с. 88—91.
56. Пономарев Э. С., Величера И. Д. Некоторые данные о геологическом строении и зональности руд Камышинского месторождения.—«Тр. Ин-та геол. наук АН КазССР», 1970, т. 29, с. 109—115.
57. Попов В. В. Вулканализм, тектоника и полиметаллическое оруденение Лениногорского рудного района. Алма-Ата, 1968. 172 с.
58. Попов В. Е. Осадочно-вулканогенные толщи западной части Горного Алтая и их металлогенезия. Л., «Недра», 1967. 150 с.
59. Посысаев А. Г. «О генезисе рудных валунов» Золотушинского полиметаллического месторождения и о двух этапах оруденения.—«Мат-лы по геологии и полезн. ископаемым Сибири», 1961, вып. 6, с. 93—101.

60. Ревякин П. С., Тростников В. П. Применение геофизических методов при изучении глубинного строения Орловско-Золотушинского рудного поля.—«Геология и геофизика», 1967, № 9, с. 99—107.
61. Румянцева Т. А. Геология, петрография и генетические особенности Рулихинского месторождения на Рудном Алтае. Алма-Ата, Изд-во АН КазССР, 1963. 146 с.
62. Сердобченко Д. П. Хлориты, их химическая конституция и классификация. М., Изд-во АН СССР, 1953. 340 с. (Тр. Ин-та геол. наук, вып. 140).
63. Сидоренко З. В., Ершова М. К. Изменения боковых пород Березовогорского месторождения.—«Тр. ВСЕГЕИ. Новая серия», 1960, вып. 38, с. 169—181.
64. Смирнов В. И. Соотношение сингенетических и эпигенетических процессов при формировании стратиформных месторождений цветных металлов.—В кн.: Минеральные месторождения. М., 1972, с. 7—20.
65. Сопко П. Ф. Колчеданные месторождения Малого Кавказа. М., «Недра», 1971. 254 с.
66. Stratigraphicheskoe polozhenie i vozrast horizonta vulkanogenno-osenadочных zheleznykh rud v devonskikh otlozheniyakh Al'taya. Materialy po stratigrafii Sajano-Al'tayskoy skladchatoi oblasti.—«Tr. SNIIGGIMC», 1964, вып. 29, с. 142—147. Avt.: A. C. Kalugin, A. P. Ananyev, R. T. Gracianova i dr.
67. Тащнина М. В. Слюдя, хлориты и другие нерудные минералы.—В кн.: Минералогия полиметаллических месторождений Рудного Алтая, т. II. Алма-Ата, 1957, с. 327—411.
68. Тюльпо Б. М. Измененные породы Березовогорского полиметаллического месторождения.—В кн.: Материалы по минералогии, петрографии и полезным ископаемым Западной Сибири. Томск, 1962, с. 100—114.
69. Тычинский А. А. Геологическое строение и закономерности размещения полиметаллических месторождений Горного Алтая.—В кн.: Вопросы геологии и металлогении Горного Алтая. Новосибирск, 1963, с. 243—303.
70. Условия локализации лентовидных залежей полиметаллических руд в Иртышской зоне смятия (на примере Белоусовского месторождения).—«Изв. АН СССР. Серия геол.», 1970, № 12, с. 32—47. Avt.: A. A. Garman, N. I. Stuchevskiy, G. L. Rubo i dr.
71. Хисамутдинов М. Г. Изменения боковых пород в Таловском месторождении на Алтае.—В кн.: Петрология и минералогия некоторых рудных районов СССР. М., 1952, с. 39—49.
72. Хисамутдинов М. Г. Этапы изменения вмещающих пород Зыряновского месторождения.—«Tr. ВСЕГЕИ. Новая серия», 1956, вып. 19, с. 45—58.
73. Хисамутдинов М. Г. О влиянии вмещающих пород и температуры рудоносных растворов на состав и место образования руд на примере некоторых Алтайских месторождений.—«Сов. геология», 1956, № 50, с. 12—28.
74. Хисамутдинов М. Г., Демидова Т. Я. Особенности геологического строения и минералогия полиметаллических месторождений западной части хр. Сарымсакты.—«Информ. сб. ВСЕГЕИ. Геология Центр. Казахстана и Алтая», 1959, № 23, с. 105—123.
75. Хисамутдинов М. Г., Демидова Т. Я. Свинцово-цинковое оруденение Южно-Алтайского рудного комплекса.—«Tr. ВСЕГЕИ. Новая серия», 1963, т. 94, с. 196—214.
76. Хисамутдинов М. Г. Особенности геологического строения и металлогении полиметаллической зоны Алтая.—«Tr. ВСЕГЕИ. Новая серия», 1964, т. III, с. 127—160.
77. Хисамутдинов М. Г., Демидова Т. Я. Металлогения Юго-Западного Алтая.—«Сов. геология», 1965, № 4, с. 19—26.
78. Чекаидзе В. Б. Гидротермально-метасоматические изменения вмещающих пород Новоберезовской рудоносной зоны на Алтае.—«Вестн. АН КазССР», 1960, № 11, с. 84—98.
79. Чепрасов Б. Л., Покровская И. В., Коврига О. А. О полигенном характере оруденения Риддер-Сокольского месторождения.—«Геология рудных», 1972, № 6, с. 30—40.

80. Шипулин Ф. К. Отщепленные и самостоятельные малые интрузии и их металлогеническое значение.— В кн.: Критерии связи оруденения с магматизмом применительно к изучению рудных районов. М., 1965, с. 152—267.
81. Шнейдер М. С. Пятнистые текстуры сплошных руд Ново-Золотушинского месторождения.— «Геология и геофизика», 1960, № 7, с. 79—87.
82. Шнейдер М. С., Астафьев М. П. Магматогенные брекчины Ново-Золотушинского колчеданно-полиметаллического месторождения на Рудном Алтае.— «Сов. геология», 1965, № 11, с. 78—90.
83. Шнейдерхэн Г. Генетическая классификация месторождений.— В кн.: Рудные регенерированные месторождения. М., 1957, с. 11—63.
84. Щерба Г. Н. Геология Лениногорского рудного поля.— В кн.: Полиметаллические месторождения Рудного Алтая. М., 1957, с. 7—181.
85. Щерба Г. Н. Месторождения атасуйского типа.— «Геология рудн. м-ний», 1967, т. 9, № 5, с. 100—114.
86. Яковлев Г. Ф. Структура рудных районов, полей и месторождений Рудного Алтая.— В кн.: Закономерности размещения полезных ископаемых, т. 2. М., 1959, с. 332—350.
87. Яковлев Г. Ф. О генезисе и возрасте алтайских колчеданно-полиметаллических месторождений.— «Вестн. Моск. ун-та», 1972, № 2, с. 73—84.
88. Яковлев Г. Ф., Хисамутдинов М. Г., Демин Ю. И. Полигенность и полихронность колчеданно-полиметаллических месторождений Рудного Алтая.— «Геология рудн. м-ний», 1975, № 3, с. 66—77.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	3
Глава I. Геологическое строение и металлогенез Рудного Алтая	8
Положение Рудного Алтая в Зайсанской складчатой системе и Саяно-Алтайско-Казахстанской складчатой области	—
Металлогенические особенности обрамляющих каледонид	9
Особенности геологического строения и металлогенеза Зайсанской складчатой системы	13
Геологическое строение и металлогеническое районирование Рудного Алтая	19
Связь полиметаллических и медных месторождений с геологическими формациями	36
Глава II. Геологическое строение полиметаллических месторождений	38
Общая характеристика полиметаллических, колчеданно-полиметаллических, колчеданных и свинцово-цинковых месторождений, приуроченных к образованиям кварц-кератофировой формации	—
Полиметаллические месторождения, приуроченные к образованиям островной андезит-дацитовой формации	52
Колчеданно-полиметаллические месторождения Прииртышской металлогенической подзоны	—
Колчеданно-полиметаллические и колчеданные месторождения Алейской металлогенической подзоны	57
Полиметаллические месторождения Змеиногорско-Зыряновской полиметаллической подзоны	79
Колчеданно-полиметаллические и полиметаллические месторождения Белоубинско-Маймырской металлогенической подзоны	137
Глава III. Условия формирования полиметаллических и колчеданно-полиметаллических месторождений и геологические закономерности их размещения	142
Связь оруденения с вулканогенными формациями	143
Геохимическая и металлогеническая специализация осадочно-вулканогенных кварц-кератофировой и островной андезит-дацитовой формаций	149

Факторы интрузивно-магматического контроля оруденения	150
Факторы структурного контроля оруденения	156
Изотопный состав свинцов и серы	164
Физико-химические условия формирования полиметаллических руд	166
Этапы и стадии рудообразования	167
Г л а в а IV. Генезис полиметаллических месторождений Алтая и принципы прогнозирования	174
Генезис полиметаллических месторождений	—
Принципы прогнозирования	184
Список литературы	189

ИБ № 2222

Махмуд Гаязович Хисамутдинов

**МЕТАЛЛОГЕНИЯ И ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКИЕ
МЕСТОРОЖДЕНИЯ РУДНОГО АЛТАЯ**

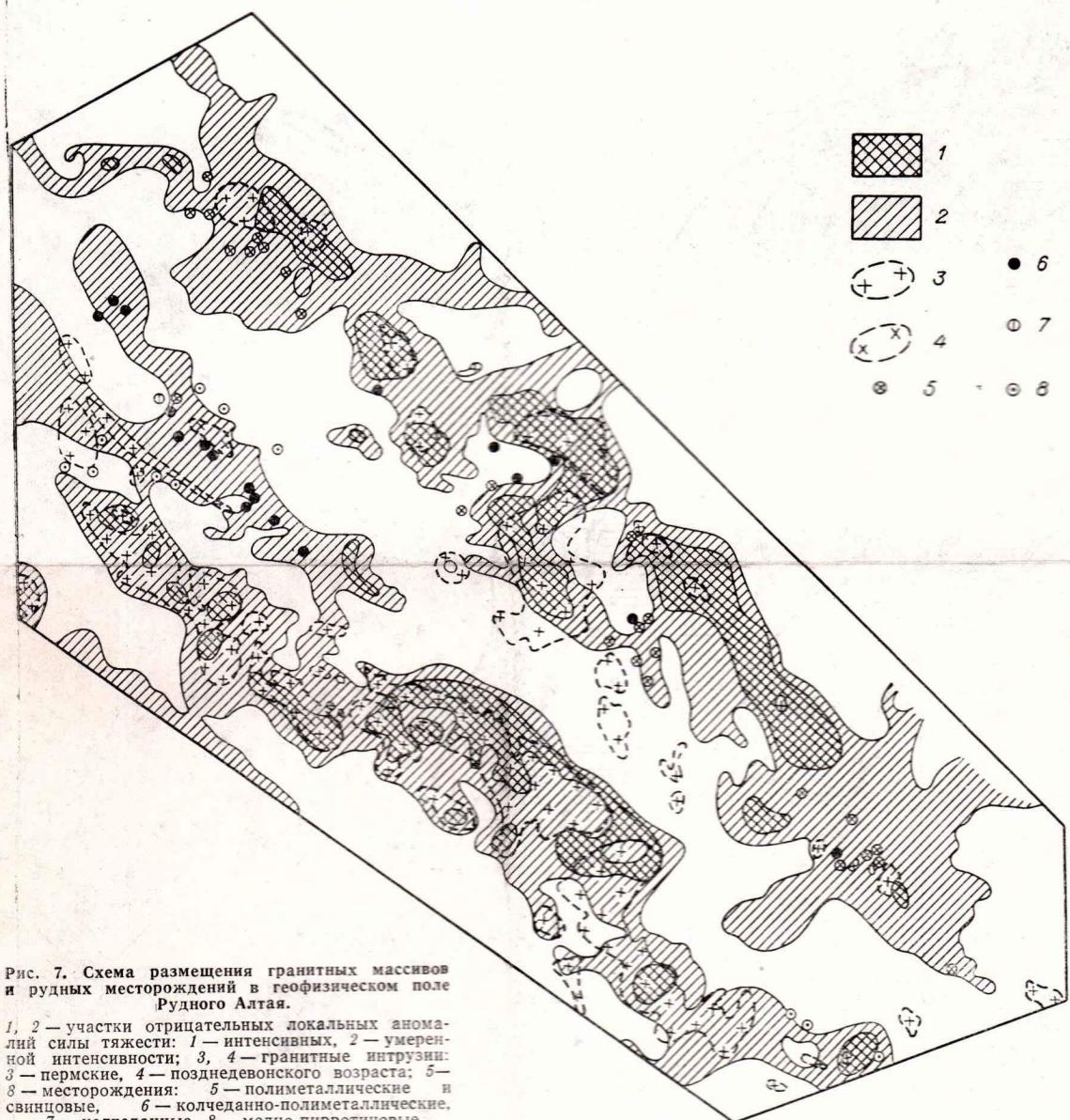
Редактор издательства Р. С. Янбекова

Технический редактор И. Г. Сидорова

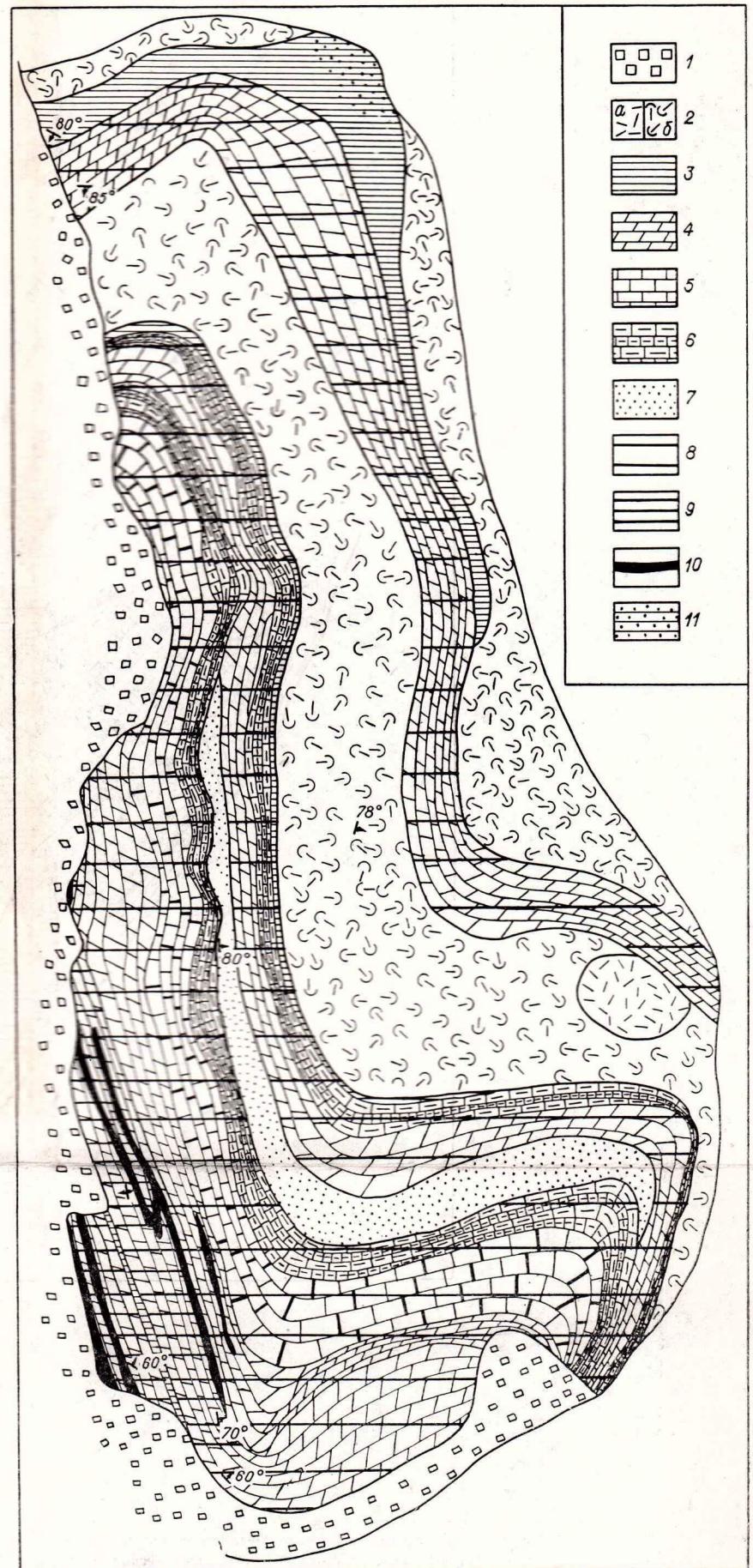
Корректор В. Н. Малахова

Сдано в набор 08.02.78. Подписано в печать 06.05.78. М-18094.
Формат 60×90/16. Бумага тип. № 1. Гарнитура литературная.
Печать высокая. Печ. л. 12¹/₄+1 вкл. Усл. л. 12,75. Уч.-изд. л. 13,55.
Заказ 123/1180. Тираж 770 экз. Цена 2 р. 20 к.

Издательство «Недра». Ленинградское отделение. 193171, Ленинград, С-171,
ул. Фарфоровая, 12.
Ленинградская картографическая фабрика объединения «Аэрогеология».



М. Г. Хисамутдинов



М. Г. Хисамутдинов

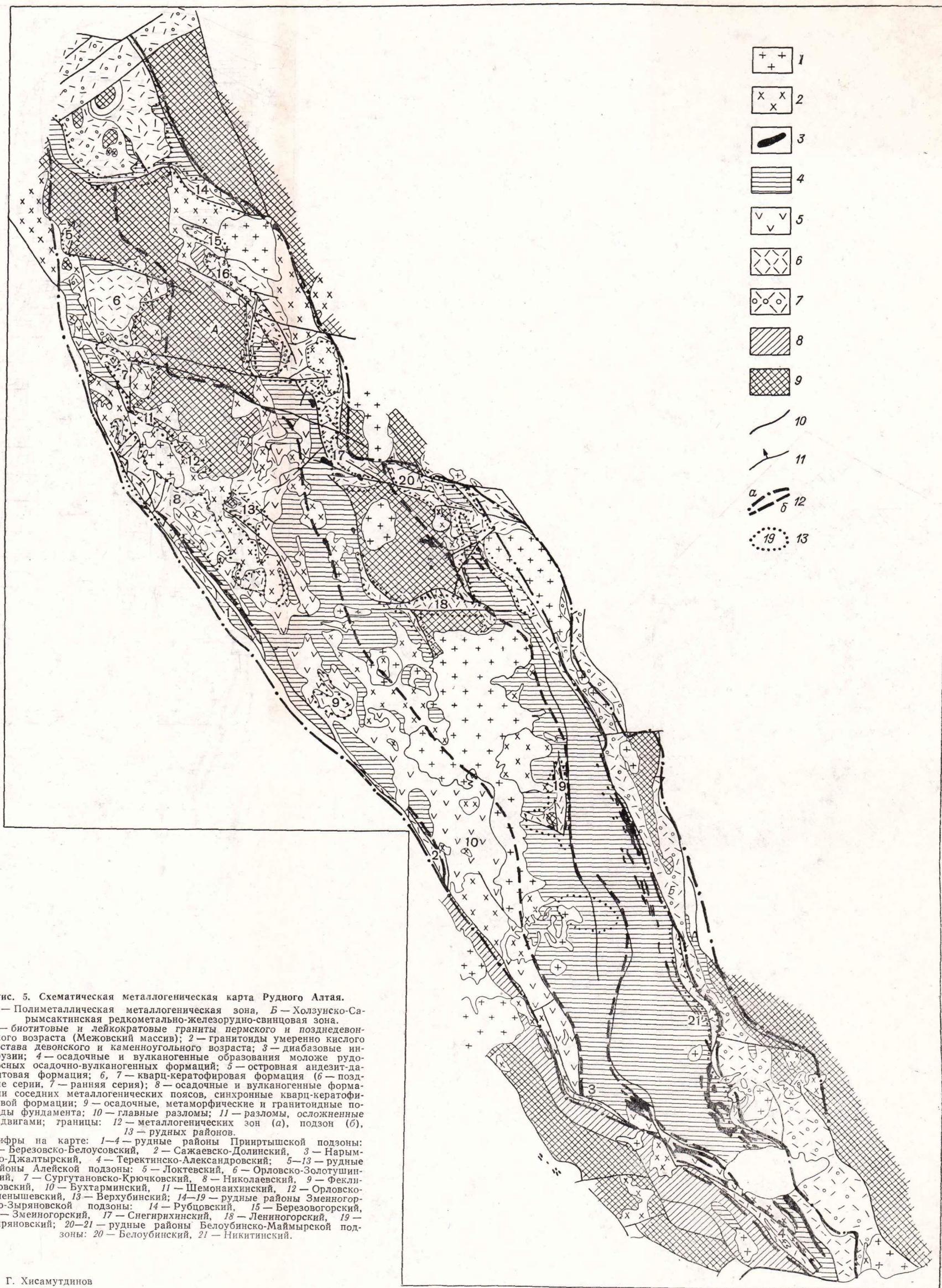


Рис. 5. Схематическая металлогеническая карта Рудного Алтая.
 А — Полиметаллическая металлогеническая зона, Б — Холзунско-Саймаксинская редкометально-железорудно-свинцовая зона.
 1 — биотитовые и лейкократовые граниты пермского и позднедевонского возраста (Межовский массив); 2 — гранитоиды умеренно кислого состава девонского и каменноугольного возраста; 3 — диабазовые интрузии; 4 — осадочные и вулканогенные образования моложе рудоносных осадочно-вулканогенных формаций; 5 — островная андезит-дацитовая формация; 6, 7 — кварц-кератофировая формация (6 — поздние серии, 7 — ранняя серия); 8 — осадочные и вулканогенные формации соседних металлогенических поясов, синхронные кварц-кератофировой формации; 9 — осадочные, метаморфические и гранитондные породы фундамента; 10 — главные разломы; 11 — разломы, осложненные надвигами; границы: 12 — металлогенических зон (а), подзон (б); 13 — рудных районов.

Цифры на карте: 1—4 — рудные районы Прииртышской подзоны: 1 — Березовско-Белоусовский, 2 — Сажаевско-Долинский, 3 — Нарымско-Джалтырский, 4 — Теректинско-Александровский; 5—13 — рудные районы Алейской подзоны: 5 — Локтевский, 6 — Орловско-Золотушинский, 7 — Сургутановско-Крючковский, 8 — Николаевский, 9 — Феклистовский, 10 — Бухтарминский, 11 — Шемонахинский, 12 — Орловско-Опенышевский, 13 — Верхубинский; 14—19 — рудные районы Змеиногорско-Зыряновской подзоны: 14 — Рубцовский, 15 — Березогорский, 16 — Змеиногорский, 17 — Снегиринский, 18 — Лениногорский, 19 — Зыряновский; 20—21 — рудные районы Белоубинско-Маймырской подзоны: 20 — Белоубинский, 21 — Никитинский.

2657

2 р. 20 к.

В книге на основе новейших данных рассматриваются особенности геологического строения, развития, магматизма и металлогении Рудного Алтая. Детально разобраны особенности полиметаллических месторождений, состав и строение их руд. В итоге излагаются новые представления о происхождении полиметаллических месторождений и закономерностях их размещения

