Х. М. АБДУЛЛАЕВ

СОБРАНИЕ СОЧИНЕНИЙ

ТОМ VI

АКАДЕМИЯ НАУК УЗБЕКСКОЙ ССР

ИНСТИТУТ ГЕОЛОГИИ И ГЕОФИЗИКИ им. Х. М. АБДУЛЛАЕВА

Х. М. АБДУЛЛАЕВ

СОБРАНИЕ СОЧИНЕНИЙ

Том VI

489

ИЗДАТЕЛЬСТВО «ФАН» УЗБЕКСКОЙ ССР

ТАШКЕНТ · 1967

В шестой том входит ранее не опубликованная работа автора «Металлогения — геологическая основа поисков месторождений полезных ископаемых», представляющая собой расширенный конспект его лекций, читанных студентам старших курсов геологоразведочного факультета ТашПИ. Включены также статьи по общему направлению и истории геологической науки.

Книга рассчитана на геологов научных и производственных организаций и студентов вузов геологического профиля.

Редакционная коллегия

Акад. АН УзССР *Г. А. МАВЛЯНОВ (главный редактор)*, доктор г.-м. наук *Х. Н. БАЙМУХАМЕДОВ*, доктор г.-м. наук *И. Х. ХАМРАБАЕВ*, канд. г.-м. наук *О. М. БОРИСОВ*, канд. г.-м. наук *О. П. ГОРЬКОВОЙ*, *канд.* г.-м. наук *М. С. КУЧУКОВА*, канд. г.-м. наук *Т. М. МАЦОКИНА*, канд. г.-м. наук *Р. А. МУСИН*, канд. г.-м. наук *Н. П. ПЕТРОВ*

Ответственные редакторы тома
доктор г.-м. наук И. М. МИРХОДЖИЕВ,
кандидат г.-м. наук О. М. БОРИСОВ

2-9-3

553.2/553.06.

МЕТАЛЛОГЕНИЯ—ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ОСНОВА ПОИСКОВ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

ОТ РЕДАКТОРОВ

Настоящая работа Х. М. Абдуллаева написана на основе читанного им курса «Металлогения и геологические основы поисков месторождений полезных ископаемых» на кафедре «Петрология и металлогения» геологоразведочного факультета Ташкентского политехнического института.

В данном труде автор обосновывает самостоятельность и большое практическое значение металлогении, причем изложение ведется с прогрессивной точки зрения на содержание этого нового раздела современной геологии.

Отдельные положения книги частично изменены и изложены в последних самостоятельных работах более расширенно («Рудно-петрографические провинции», «Дайки и оруденение», «Магматизм и оруденение Средней Азии» и др.).

Редакторы, готовя книгу к изданию, внесли в первоначальный текст только редакционные исправления по авторскому экземпляру и по своему усмотрению. Основные научные положения автора сохранились в их первоначальном изложении.

Хотя книга является учебником по металлогении, она представляет большой интерес, так как включает в себя теоретические научно обоснованные вопросы этого важного на сегодняшний день раздела геологии. Геологи, занимающиеся металлогенией, и студенты старших курсов геологоразведочной специальности вузов найдут для себя в этой работе много полезного.

ПРЕДИСЛОВИЕ

На геологоразведочном факультете Ташкентского политехнического института, начиная с 1950-51 учебного года, был введен самостоятельный курс — «Металлогения», а в сентябре 1951 г. организована специальная кафедра «Петрологии и металлогении». Чтение курса и затем руководство вновь организованной кафедрой было поручено автору настоящей работы.

Как известно, не только специальной кафедры, но и чтения самостоятельного курса по металлогении нигде в Советском Союзе не практикуется, за исключением Ленинградского университета, где в 1951/52 г. небольшой по объему курс «Металлогенические провинции провел профессор Ю. А. Билибин. Поэтому нам пришлось разработать первую программу и написать настоящую работу, в которой обосновывается самостоятельное значение металлогении как научной дисциплины. При составлении данной работы мы имели в виду изложить свою точку зрения на содержание этого нового раздела современной геологии. По нашему глубокому убеждению, металлогения как геологическая основа поисков месторождений полезных ископаемых должна занять особое положение в учебных планах и программах наших вузов. К сожалению, многие высшие учебные заведения резко отстают в этом вопросе от геологической практики, где металлогения и металлогенические исследования давно являются важной составной частью региональных геологических исследований.

Настоящая работа подготовлена по поручению кафедры и обсуждалась (март 1952 г.) на семинаре по металлогении при Геологическом управлении (ныне Министерство геологии) Узбекской ССР.

ВВЕДЕНИЕ

1. Организация поисковых работ на различные месторождения полезных ископаемых в Советском Союзе проводится на широкой геологической основе, т. е. на полном учете данных как по геологии конкретных районов, так и по геохимическому поведению отдельных элементов в определенных геологических и физико-химических условиях. Поэтому поисковые работы, особенно на современном этапе развития геологической науки, нельзя отрывать от общегеологических и геолого-съемочных работ.

Успехи советской геологии связаны с исключительным ростом всех отраслей нашей промышленности, начавшимся в период построения социализма, в период первых пятилеток. Эти успехи не могли не вызвать и коренной перестройки форм геологической службы, возглавлявшихся геолкомом. Возникли новые, более конкретные требования к геологической службе, которые, в конечном счете, привели к целеустремленной организации геологических исследований и совершенно изменили методы и содержание советской геологии и поисково-разведочных работ.

2. В настоящее время региональные геологические исследования и крупномасштабные съемки проводятся с учетом главных требований практической геологии. Они уже не являются сугубо «академическими», это — звенья общей правильно организованной работы, направленной на поиски новых месторождений полезных ископаемых.

В связи с этим геологические исследования приобретают все более комплексный характер и четкую практическую направленность. При этом осуществляется всесторонний подход к изучению геологических явлений с точки зрения образова-

ния месторождений тех или иных полезных ископаемых. Такой подход стал одной из особенностей передовой советской геологии переходного от социализма к коммунизму периода.

Комплексный подход к изучению геологических явлений, базирующийся на методологии диалектического материализма, создает все условия для нового, еще невиданного в истории подъема советской геологической теории. Только комплексный метод изучения геологических явлений позволяет рассматривать процессы формирования геологической среды и зарождающихся в ней различных складчатых и разрывных структур, магм и месторождений в их развитии, учитывать важнейшие особенности воздействия любого геологического или физико-химического фактора на форму проявления тех или иных процессов. Такой метод помогает вскрыть историческое своеобразие отдельных геологических эпох и тем самым закономерности и направленность исторического развития отдельных металлогенических провинций. Следовательно, комплексный метод изучения является основой металлогенических исследований.

Комплексный подход в принципе резко отличается от существовавшего до сих пор, особенно за рубежом, предметного, или тематического изучения геологических проблем. Основная цель комплексного подхода состоит в выявлении исторической взаимосвязи и взаимообусловленности между различными процессами, создающими на определенном этапе своего развития характерные для данной провинции осадочные, магматические и постмагматические продукты. Нам кажется, пора понять некоторым геологам необходимость и важность именно комплексного изучения. Ведь всем известно, что процесс формирования любого минерала, месторождения, любой тектонической структуры, обладая специфическим своеобразием, присущим данному минералу, месторождению и т. д., в то же время имеет ряд важнейших черт, которые находятся в теснейшей зависимости от окружающей среды и от истории развития данной провинции. Это все требует комплексного подхода к изучению геологических процессов. При таком подходе мы можем найти место того или иного рудного процесса в ходе естественноисторического развития данного региона.

В связи с комплексностью изучения в настоящее время в советской геологии большое, принципиальное значение приобретает развитие такого синтезирующего направления как металлогения. Этим же объясняется широкий размах исследований и особое внимание к одному из направлений геологического познания — учению о формациях, которое очень успешно разрабатывается в Ташкенте В. И. Поповым.

3. Своими широкими, всесторонними подходами к расшифровке сложных геолого-генетических вопросов советские геологи продолжают славные традиции русской геологической школы, заложенной трудами великого М. В. Ломоносова.

М. В. Ломоносов в своих геологических работах всегда подчеркивал необходимость такого изучения. С исключительной прозорливостью, намного опережая свое время, он впервые научно сформулировал основные идеи о рудообразовании, а также поставил главную научно-практическую задачу металлогении: «...показать некоторые общие приметы мест, способных к рождению металлов для прииску оных».

4. Одной из характерных черт всей русской и советской геологии, красной нитью проходящей и в разработке теорий рудообразования, является широкий геологический подход к рассмотрению рудопроявлений в связи с конкретными условиями геологического строения и геологической истории отдельных районов земной коры.

Достаточно указать, что крупнейший русский исследователь рудных месторождений К. И. Богданович еще 40 лет назад (1912) указывал на важность именно такого подхода. Он писал, что «для каждого месторождения может быть доказано, что они не представляют тела самостоятельного, а лишь тело, самым тесным образом связанное с другими геологическими образованиями».

В. А. Обручев, А. Е. Ферсман, С. С. Смирнов и другие основоположники советской металлогенической школы неоднократно также подчеркивали необходимость именно широкого геологического подхода. В частности, В. А. Обручев писал, что «изучение этих (геологических.— *Х. А.*) процессов помогает нам объяснить происхождение полезных ископаемых, законы их распределения, а следовательно, помогает целесообразно и с наибольшим успехом направить поиски новых, т. е. неизвестных до сих пор месторождений, а также правильно оценивать их запасы и практическое значение».

А. Е. Ферсман при разработке контуров первого прогнозного плана Советского Союза (1933 г.) основывался прежде всего на достижениях региональных геологических исследований и на передовых теориях рудообразования. Он писал тогда: «Я думаю, что современные геологическая и химическая науки позволяют делать некоторые перспективные наметки и намечать в порядке рабочей гипотезы, где

и что мы можем встретить на территории Союза, где мы можем ожидать образования новых горнопромышленных районов, какова наиболее вероятная география нашего ископаемого сырья».

Именно такому широкому и целеустремленному подходу мы обязаны колоссальным успехом, особенно в части практических результатов, в советской геологии.

5. Практические достижения советской геологии в области открытия и разведки различных месторождений были обеспечены целеустремленной организацией геологических исследований и поисково-разведочного дела. Однако следует прямо сказать, что наши успехи были бы еще больше, если бы некоторые разделы советской геологии не были засорены американскими теориями рудообразования, особенно в начальный период своего развития.

6. На современном этапе развития геологической науки исключительно большое значение приобретают металлогенические исследования, в которых, как в едином целом, для объяснения рудогенетических вопросов синтезируются достижения всех важнейших отраслей геологии. Поэтому металлогения как синтезирующая научная дисциплина и геологическая основа поисков с каждым годом приобретает в нашей геологической практике все большее и большее значение. Только правильная организация металлогенических исследований позволит вскрыть связь рудообразования с развитием геологических процессов и поможет успешному проведению поисков рудных месторождений. Теперь результаты поисковых работ будут зависеть, прежде всего, от качества и масштабов металлогенического исследования конкретного района. Следовательно, изучение металлогении — важнейший этап в организации поисковых работ.

Глава I

МЕТАЛЛОГЕНИЯ КАК НАУКА

Предмет и задачи металлогении

Под металлогенией следует подразумевать ту отрасль геологической науки, которая изучает причины и выявляет закономерности металлогенической специализации отдельных провинций и рудных районов, геолого-тектонических эпох и магматических или иных комплексов. При этом следует указать, что металлогеническая специализация может быть как отдельными элементами, так и генетическими типами образующихся месторождений. Следовательно, металлогения как самостоятельная научная дисциплина изучает существующую взаимосвязь между процессами накопления рудной минерализации и развитием геологической среды применительно к конкретным геолого-историческим условиям провинций и рудных районов. Она занимается выявлением причин концентрации металлов, образованием тех или иных генетических рядов, классов и типов месторождений и закономерностью размещения последних во времени и пространстве.

Из приведенного определения видим, что первой и главной задачей металлогенического исследования является выявление роли тех или иных геологических процессов в образовании различных металлогенических провинций, рудных районов и тектоно-магматических комплексов. Эти исследования должны определить место рудного процесса в геолого-историческом развитии провинций. Методическим приемом для решения этой главной задачи является региональный металлогенический подход, в основе которого лежит структурно-фациальный анализ, позволяющий наилучшим образом обобщить материалы по от-

дельным провинциям для установления геолого-исторических причин металлогенической специализации провинции и рудного района и определить положение рудной минерализации во времени и пространстве.

Региональные металлогенические исследования на базе структурно-фациального анализа, позволяющие определить стадийность развития, стали в настоящее время одним из основных методов изучения металлогении отдельных провинций и рудных районов.

Начало разработки этого метода положено в трудах В. А. Николаева, С. С. Смирнова и Ю. А. Билибина, успешно разрабатывается применительно к металлогеническим провинциям Советского Союза коллективом ВСЕГЕИ (В. И. Серпухов, В. Г. Грушевой, В. Н. Сергиевский и др.).

Вторая задача металлогении состоит в изучении и в выявлении значения различных геологических, геохимических, физико-химических и физико-географических факторов в металлогенической специализации отдельных провинций, рудных районов и тектоно-магматических комплексов.

Как известно, металлогенический облик провинции или рудного района определяется конкретным перечнем металлов или типов месторождений, обусловленных геологическими (в широком смысле этого слова) факторами развития данной территории. Примером может служить наличие значительного числа вольфрамовых и касситеритовых месторождений юго-восточной части Китая, определяющих металлогенический облик этой громадной провинции, или широкое развитие собственно магматогенных месторождений на Урале.

Исследование роли различных геологических факторов в специализации конкретной территории теми или иными генетическими типами или металлами составляет очень важную часть металлогении. Для решения этой немаловажной задачи последняя опирается не только на структурно-фациальный анализ, который позволяет выявить специализацию магматических и других комплексов в историческом разрезе, но и на специальное изучение важнейших вопросов петрологии (роль глубинной и ассимиляционной специализации магм), геохимии (содержание тех или иных металлов в горных породах), тектоники (роль тектонической обстановки при внедрении интрузии и разрывных структур в локализации месторождения) и палеогеографии (условия накопления металлов в осадочных породах).

Третья задача металлогении заключается в изучении и сравнительном описании рудопроявлений различных территорий и в установлении взаимосвязи и взаимообусловленности между ними.

В связи с этим большое значение имеет определение возрастных взаимоотношений между отдельными типами рудопроявлений и отношение данных типов к различным магматическим комплексам, структурно-литологическим элементам, жильным и дайковым образованиям.

Не менее важно также изучение и обоснование генетической и геохимической связи между отдельными месторождениями и приуроченность их к тем или иным магматическим комплексам. В основе решения этой задачи стоит сравнительное изучение эндогенного рудопроявления, особенно постмагматических месторождений, определение роли различных критериев генетической связи, установление значения магматических, структурных и литологических факторов в локализации разновозрастных и различных по типу месторождений.

Для районов развития осадочных месторождений принципиальное значение приобретает воссоздание палеогеографии данной территории, изучение различных маркирующих и иных горизонтов, вещественный состав и другие особенности источников терригенных и других материалов.

Для решения третьей, но не менее важной задачи металлогения пользуется, кроме регионального изучения, петрографическими и геохимическими исследованиями и методом структурного анализа.

Наконец, четвертая задача металлогении определяется ее практическим назначением как основы поисков месторождений и прогнозной оценки рудных районов и провинций. Металлогения должна разрабатывать поисковые критерии как на различные металлы, так и для конкретных провинций и рудных районов.

Детальное металлогеническое исследование позволяет определить перспективы тех или иных территорий, районы распространения определенных комплексов металлов, генетических типов месторождений. Эту, очень важную в практическом отношении задачу металлогения решает на основе выявления важнейших закономерностей размещения оруденения во времени и в пространстве и по их отношению к различным тектоническим структурам и геологическим комплексам.

Мы здесь изложили задачи конкретной металлогении провинций, эпох и отдельных генетических типов месторождений

или металлов. Кроме этих, наиболее важных, возникает и еще целая группа задач по общей металлогении, охватывающей создание металлогенической теории, историю металлогенических исследований и разработку новых и усовершенствованных методов исследования.

Указанные задачи, особенно важные на данном, начальном этапе развития этой научной дисциплины, определяют содержание общей и методической частей.

В числе основных вопросов этого раздела металлогении можно упомянуть такие крупные проблемы, как генетическая связь постмагматического оруденения с гранитоидными интрузиями или роль металлов, содержащихся в осадочных или иных породах, в специализации постмагматического процесса.

Особое значение имеет разработка методов составления различных металлогенических и прогнозных карт применительно к различным типам провинций (провинция с осадочными месторождениями, провинция с собственно магматическими месторождениями и т. д.).

Вышеперечисленные задачи одновременно определяют и методы производства металлогенических исследований. Эти методы в значительной мере отличаются от петрографических, геохимических, геотектонических и регионально-геологических исследований. Прежде всего металлогения, опираясь на результаты всех этих отраслевых геологических исследований, выдвигает на первый план комплексный метод как единственно правильный.

Металлогения как научная дисциплина не может существовать и развиваться без комплексного метода в исследовании и в решении своих рудо-генетических вопросов. Только такой подход позволит рассматривать процессы формирования геологической среды и зарождающихся в ней различных складчатых и разрывных структур, магм и месторождений в их развитии, учитывать важнейшие особенности воздействия любого геологического и физико-химического фактора на характер проявления тех или иных процессов. Комплексный метод исследований поможет вскрыть историческое своеобразие отдельных геологических эпох, тектоно-магматических комплексов и тем самым установить закономерности и направленность исторического развития отдельных металлогенических провинций. Поэтому комплексный метод изучения, позволяющий производить структурно-фациальный анализ, является основой металлогенических исследований.

Основная цель этого метода, как и металлогении вообще,— выявление исторической взаимосвязи и взаимообусловленности между различными про-

цессами, создающими на определенном этапе своего развития характерные для данной провинции районы развития осадочных, магматических и постмагматических рудопроявлений. Благодаря исторической направленности и взаимосвязанности этих процессов создается металлогенический облик конкретной провинции или геологической эпохи.

Только в результате комплексного подхода мы можем найти место того или иного металлогенического процесса в ходе геолого-исторического развития конкретной провинции и рудного района. Такое изучение, в свою очередь, позволит правильно оценить металлорудные возможности отдельных областей.

Другой метод исследования — сравнительное изучение провинций или рудных районов, поясов и выявление важнейших закономерностей и других отличительных черт отдельных участков земной коры.

Здесь металлогения опирается на исследование конкретных месторождений и полей, которыми занимается учение о полезных ископаемых. Особое место при таком подходе занимают результаты геохимических исследований, позволяющие выявить роль тех или иных процессов в концентрации металлов в данной обстановке.

Сравнительное изучение как метод металлогенического изучения применим не только для региональных работ, но и при обобщении материала по отдельным металлам (как это делали С. С. Смирнов и др. по олову) и генетическим типам месторождений (примером может служить работа А. Е. Ферсмана по пегматитам). При сравнительном изучении выявляются очень важные черты металлогении отдельных типов месторождений или металлов, позволяющие целеустремленно вести поисковые и прогнозные работы. У нас, советских геологов, очень большой опыт по сравнительному изучению, который ожидает своего обобщения.

При региональных металлогенических исследованиях решающее значение приобретает составление металлогенических и прогнозных карт. Металлогенические карты, отражающие процесс формирования данной провинции и историю ее специализации, должны составляться с учетом и на базе геологических, тектонических, литологических и других специализированных карт.

Основой для металлогенической карты могут служить все вышеперечисленные специализированные карты, вместе взятые, а в отдельных случаях, в зависимости от типа рудопроявления, металлогеническая карта может опираться только на

одну из них. Причем это также зависит от масштаба и от назначения металлогенической карты. Последняя, сама по себе, поскольку она отражает важнейшие геологические явления, приводящие к формированию данной территории, должна содержать элементы прогноза. Она может служить нередко прогнозной картой, и на ее базе можно проектировать поисковые работы.

Для отдельных детально изученных территорий, при наличии мелкомасштабных металлогенических карт, составляются прогнозные, которые основаны на важнейших выводах по рудообразованию и должны содержать данные по прогнозу (перспективные площади, индикаторы скрытого оруденения и др.). В текстовой части для таких карт следует указывать важнейшие поисковые признаки тех или иных типов рудообразований или металлов применительно к закартированной площади.

Самостоятельное значение металлогении и ее отношение к другим геологическим дисциплинам

Положение металлогении среди геологических дисциплин как самостоятельной науки и ее отношение к другим разделам геологии пока является дискуссионным. Естественно, как всякая новая научная дисциплина, она находится в стадии оформления и уточнения своих научных задач. Как новое научное течение в современной геологии металлогения переживает период борьбы за свои идеи, за свою самостоятельность. Поэтому на данном этапе развития очень трудно сформулировать ее научно-практические задачи без того, чтобы не задеть другие, более укрепившиеся разделы геологии. Но это явление временное. По мере накопления целеустремленных (с металлогенической точки зрения) собранных фактов и теоретических положений она освободится от некоторых не свойственных ей вопросов и одновременно от незаслуженных упреков со стороны тех, кто проявляет косность к новому, к ее оформлению как науки на данном этапе развития геологических наук.

В настоящее время в советской геологии нет единого мнения о месте металлогении среди других геологических дисциплин. Один (к сожалению, сюда относится большая часть геологов-рудников) предпочитают сохранить ее в прежнем положении как часть учения о полезных ископаемых, а другие считают ее частью геохимии.

Первая точка зрения наиболее распространена и общеизвестна и даже считается в какой-то мере принятой. Вторая точка зрения хотя и не высказана, но вытекает из геохимических построений А. Е. Ферсмана (1934—1940), поддержанного В. А. Обручевым (1942) и недавно И. И. Танатаром (1950). Правда, А. Е. Ферсман объявил даже учение о полезных ископаемых частью геохимии. В частности, он указывал, что «учение о полезных ископаемых есть часть геохимии, вне методов геохимического и минералогического анализа она развиваться не может»[1].

Такое отношение к металлогении, тем более к учению о полезных ископаемых следует считать недоразумением, относящимся к периоду становления геохимии как науки.

Металлогения в значительной мере отличается от геохимии. Последняя, как это вытекает из определения самого А. Е. Ферсмана, «изучает историю химических элементов — атомов земной коры и их поведение при различных термодинамических и физико-химических условиях природы»[2].

Следовательно, если геохимия изучает поведение всех химических элементов вообще, то металлогеническими исследованиями охватываются прежде всего широкие геологические процессы и, в том числе, геохимические, приводящие к металлогенической специализации различных территорий и к промышленной концентрации тех или иных элементов в конкретных геологических условиях. Металлогения пользуется геохимическими выводами, но свои исследования строит, в первую очередь, на регионально-геологических материалах, прежде всего на тектонических, петрохимических и литологических.

Сложнее решить вопрос отношения металлогении к учению о полезных ископаемых, особенно к его очень важному разделу — рудным месторождениям.

Учение о полезных ископаемых имеет своим предметом углубленное геологическое изучение отдельных месторождений с целью выявления их вещественного состава, формы и условий залегания. Это необходимо для правильного определения направления разведок и промышленной оценки месторождений. Данные, полученные при таком изучении, позволят определить принцип и методы проведения разведочных работ на этих месторождениях. Поэтому учение

[1] А. Е. Ферсман. «Геохимия», т. I, стр. 39.
[2] Там же, стр. 26.

о полезных ископаемых является геологической основой разведки.

Определив мощность, протяженность как на глубину, так и по простиранию отдельных рудных тел и месторождений в целом, установив вещественный состав и его изменчивость, учение о полезных ископаемых подготавливает месторождения к промышленному освоению, эксплуатации, обогащению и металлургической переработке. В дальнейшем, определив запасы, содержание металлов в конкретных месторождениях, выявив типы руд, разведка будет решать промышленную ценность того или иного месторождения.

Главный научно-теоретический вопрос изучения отдельных месторождений — выявление генезиса, особенно условий их размещения, которые являются решающим моментом при промышленной оценке объекта. Изучается характер и закономерность распределения минералов и металлов как по мощности, так и на глубину. Устанавливается роль тех или иных геологических факторов в локализации отдельных рудных тел и месторождений в целом. Здесь учение о полезных ископаемых очень близко подходит к металлогении, которая использует результаты этих исследований.

Кроме того, при изучении месторождений полезных ископаемых большое принципиальное значение приобретают также вопросы технологии, эксплуатации и экономической эффективности освоения.

Таким образом, учение о полезных ископаемых комплексно подходит к изучению конкретных месторождений с учетом интересов таких смежных с нею научных дисциплин, как методы разведок, металлургии, горного дела и горной экономики.

Однако (мы считаем необходимым подчеркнуть еще раз) из этого не вытекает, что учение о полезных ископаемых перестает быть отраслью геологии. Наоборот, это учение было и остается отраслью геологии, как об этом справедливо писал в своем учебнике В. А. Обручев еще в 1928 г.[1], требующее основательного знакомства с другими отделами этой науки. В частности, изучение влияния состава вмещающих пород на минералогические особенности месторождения и на геологическое строение рудных зон в целом нельзя мыслить без тщательного минералогического и петрографического изучения. Влияние роли различных разрывных структур на размещение рудных тел в пространстве, выявление зависимости масштабов, формы и условий залегания от геологического строения нельзя мыслить без детального структурно-геологического ана-

[1] Рудные месторождения, ч. 1, общая, 1930, стр. 6.

лиза, без тщательного геологического картирования рудного поля или месторождения. Поэтому за учением о полезных ископаемых остаются очень важные геологические вопросы, решение которых будет служить направляющим началом при проведении разведочных работ и эксплуатации месторождения.

Поэтому выделение металлогении как самостоятельной научной дисциплины ни в коем случае не может отразиться на развитии учения о полезных ископаемых, на его геологической и практической значимости, а наоборот, поможет конкретизировать содержание и задачи этой очень важной научной дисциплины.

Может быть, на первых порах будет очень трудно провести резкую грань по некоторым частным вопросам между этими научными дисциплинами как смежными. Скажем, может ли металлогенист заниматься изучением отдельных месторождений? Конечно, не только может, но и обязан изучить типоморфные месторождения и выявить важнейшие особенности изученного объекта для расшифровки и решения более широких металлогенических задач. Следовательно, будут некоторые кажущиеся перекрывания. Это и вполне понятно, едва ли можно провести резкую грань между минералогией и геохимией при изучении самородных элементов или петрографией и минералогией при изучении скарнов. Такие же перекрытия бывают между отдельными разделами геотектоники и исторической геологии и т. д. Поэтому, как нам представляется, не нужно бояться в отдельных случаях кажущегося повторения задач. Это неизбежно со смежными научными дисциплинами, особенно на начальном этапе развития любой дисциплины.

Таким образом, металлогения, как по своим задачам исследований, так и по практическому назначению существенно отличается от всех других разделов геологии, в том числе от геохимии и от учения о полезных ископаемых. Она выросла на базе и в недрах последних — в региональной геологии и геотектонике. В дальнейшем она также должна базироваться на данных этих очень важных разделов современной геологии. Металлогения не может развиваться без использования важнейших выводов литологии и петрологии.

Первая половина XX в. характеризуется резкой дифференциацией геологической науки, которая является прямым результатом ее развития. За это время выделились и оформились геотектоника, геохимия, литология и другие разделы. На данном этапе, в связи с такой дифференциацией геологии, происходит также исключительная дифференциация исследо-

ваний. Естественно, поэтому возникает особая необходимость в анализирующей, обобщающей научной дисциплине, особенно в связи с решением практических задач. Таковой должна стать металлогения. Она выступает в роли синтезирующей науки, опирающейся на достижения всех других разделов современной геологии, для решения рудо-генетических вопросов.

Металлогения как научная дисциплина, в отличие от других геологических наук, является пограничной научной дисциплиной. Она развивается в пограничной области многих геологических дисциплин, особенно региональных (петрология, историческая геология, петрография, учение о полезных ископаемых, геохимия и др.). Как пограничная дисциплина она охватывает своими исследованиями наиболее слабо изученные новые вопросы современной геологии.

Дифференциация геологической науки привела к тому, что многие вопросы, нередко очень важные, остались вне поля зрения той или иной специализированной научной дисциплины. Среди них есть такие вопросы и проблемы, которые, хотя и служат предметом длительных споров, не подвергались специальному изучению из-за отсутствия методов исследования и заинтересованности научной дисциплиной.

Возьмем, например, причины специализации магмы металлами или типами месторождений. Конечно, этим вопросом петрографы занимаются в связи с наличием рудных акцессорных минералов, а геохимики — распределением тех или иных элементов в различных горных породах.

В связи с этим другой вопрос — генетическая связь оруденения с интрузиями. Кто же должен заниматься этой, принципиально важной, проблемой? Не кажется ли, что одной из причин того, что 200 лет идут споры по этому вопросу (до сих пор не давшие более или менее удовлетворительных объяснений и достоверных критериев), является отсутствие заинтересованной научной дисциплины, которая могла бы разработать методические приемы решения таких проблем.

Или другой пример — роль складчатых структур в образовании и размещении эндогенных месторождений. О том, что эта проблема жизненно необходима для науки и практики, по-видимому, никто возражать не будет. Однако достаточно подумать о том, кто же должен заняться ею, становится ясной необходимость развития металлогении.

В настоящее время создалось довольно тяжелое положение таких проблем, когда они, по существу, без научного «хозяина» и мы не всегда располагаем правильными методическими приемами для решения таких межотраслевых проблем. В результате эти проблемы становятся областями

для испытания возможности применения выводов отдельных научных дисциплин, а не объектами комплексного изучения.

Только комплексным методом, которым пользуется металлогения, можно дать исчерпывающие материалы для решения таких проблем.

Исключительная важность металлогении и бурное ее развитие определяются именно пограничностью ее характера, когда она воедино связывает важнейшие научные выводы многих разделов геологии. Одновременно она и охватывает малоизученные, нередко совершенно нетронутые области природных геологических явлений.

Однако это не значит, что металлогения механически объединяет достижения этих различных разделов геологии. Для решения своих проблем металлогения опирается, как об этом было сказано, на собственные металлогенические приемы исследования.

Научно-практическое значение металлогении

Значение металлогении определяется научно-практическим назначением этой дисциплины. Прежде всего она как синтезирующая наука на основе структурно-фациального анализа должна расшифровать историю геологического развития или отдельных его частей. При таком анализе главным должно быть определение места рудного процесса, месторождений, рудного района в историческом развитии отдельных территорий.

Металлогенические исследования — важная часть геологических, особенно регионально-геологических работ, они придают последним практическую направленность и целеустремленность при общерегиональном геологическом изучении отдельных геоструктурных единиц (платформы, геосинклинали и др.) земной коры и некоторых других вопросов (по тектонике, стратиграфии, литологии, петрологии).

Металлогения как новая ступень в познании сложных природных процессов, приводящих к концентрации металлов в особых геологических условиях, в своих выводах должна базироваться на наиболее прогрессивных теориях, взглядах. Поэтому одной из первоочередных задач следует считать развитие теоретических основ и методологических приемов для ведения металлогенических исследований.

На данном этапе развития металлогении как науки можно выделить следующие направления исследований, каждое из которых имеет большое научно-практическое значение:

1) общая, или теоретическая металлогения;

2) региональная металлогения (исследования конкретных провинций, геологических эпох и тектоно-магматических комплексов);

3) металлогения процессов.

Теоретическая металлогения разрабатывает общие теоретические основы и методологические приемы металлогенических исследований, изучает историю металлогении и формы развития отдельных научных взглядов по региональному рудообразованию.

Региональная — изучает металлогеническую специализацию отдельных провинций, рудных поясов и районов. К выявлению причин специализации можно подходить с разных сторон:

а) установление генетических и геохимических типов минерализации и их место в развитии геологии данной провинции или рудных районов;

б) выявление роли отдельных геологических эпох, тектоно-магматических комплексов и фаз интрузий в формировании металлогенического облика провинции;

в) изучение роли различных факторов в специализации провинции или рудного района в размещении во времени и пространстве месторождений полезных ископаемых;

г) воссоздание историко-геологического развития и определение места рудного процесса в нем, и на этой основе районирование отдельных участков земной коры.

Как видно из вышеприведенного, поставленные задачи могут быть решены как для конкретных провинций, рудных районов, так и геоструктурных единиц всего земного шара. Примером могут служить работы С. С. Смирнова по Тихоокеанскому рудному поясу и по металлогении Забайкалья. Такое региональное изучение позволит не только выявить металлогеническую специализацию и тем самым определить перспективу конкретной территории, но и разработать поисковые критерии применительно к геологическим условиям последней.

Металлогения процессов рассматривает условия образования и причины кустования отдельных генетических классов и рядов месторождений в провинциях и устанавливает закономерности концентрации химических элементов в тех или иных генетических группах или районах. Изучение процессов можно производить как по отдельным генетическим группам, так и элементам, причем их можно решать применительно к конкретным провинциям и для всего земного шара. Работы С. С. Смирнова, О. Д. Левицкого, Е. А. Радкевич по олову

и Н. М. Страхова по осадочным месторождениям железа могут служить примером для таких исследований.

Вышесказанное одновременно определяет и практическое значение металлогении как основы организации планирования и ведения поисковых работ.

Результаты металлогенических исследований могут дать надежную основу для прогнозной оценки отдельных провинций, рудных районов, возможность нахождения тех или иных генетических типов месторождений в определенных участках земной коры. Она также устанавливает важнейшие геолого-поисковые критерии и признаки.

Таким образом, металлогения в практическом отношении имеет большое значение и является учением о рудных возможностях, поисковых перспективах и поисковых признаках отдельных типов месторождений, химических элементов применительно к конкретным провинциям и геологическим эпохам.

В зависимости от практических требований и характера исследований металлогенические работы должны решить следующие научно-практические задачи:

а) выяснить перспективы на различные полезные ископаемые (металлические и сопутствующие им неметаллические) отдельных провинций и рудных районов, необходимые для организации региональных поисков;

б) обосновать направление специализированных поисков, дать руководящие указания о том, где и в каких условиях можно найти месторождение тех или иных металлов и неметаллических элементов, на которые проектируются поисковые работы;

в) разработать поисковые критерии как для различных генетических типов, классов месторождений, так и для отдельных элементов;

г) разработать методику правильной оценки рудных полей, районов и провинций, основанную на общих данных по металлогении.

Детальные металлогенические исследования конкретной территории будут способствовать успешному открытию тех месторождений, которые еще не вскрыты эрозией, правильной оценке значения отдельных рудных районов.

Изложенные материалы позволяют сделать следующие выводы и предложения:

1) первоочередная задача металлогении — разработка методологических приемов исследований и изучение отдельных провинций. Это поможет вскрыть историческую взаимосвязь и

взаимообусловленность между рудообразующим процессом, с одной стороны, и геологическим строением и геологической историей конкретных районов и провинций с другой. Такие исследования дадут необходимые материалы для разработки металлогенической теории и методологических основ металлогении;

2) металлогения как геологическая основа поисков и прогнозной оценки отдельных районов должна быть рудогенетической основой крупномасштабной геологической съемки. На базе широких геологических и металлогенических исследований можно разработать геологические поисковые критерии для конкретных типов месторождений или металлов. Причем при разработке их необходимо исходить прежде всего из геологического характера района и масштаба исследований;

3) металлогения должна занимать вполне определенное положение как в учебных, тематических планах и программах вузов и научно-исследовательских учреждений, так и в производственных планах геологических управлений.

Она должна быть ведущим предметом при подготовке поисковиков-съемщиков, завершающим их геологическую подготовку. В университетах также следует читать этот курс, как курс, обобщающий цикл геологических дисциплин. Необходимо усилить аспирантуру по подготовке специалистов по металлогении.

Глава II

ОСНОВНЫЕ ЭТАПЫ РАЗВИТИЯ МЕТАЛЛОГЕНИЧЕСКИХ ПРЕДСТАВЛЕНИЙ И МЕТАЛЛОГЕНИИ

В настоящее время очень трудно изложить полную историю развития металлогенических представлений и металлогении вообще в связи с неизученностью в историческом аспекте возникновения и развития отдельных геологических представлений. Это целая крупная самостоятельная работа, ожидающая своего исследователя. Поэтому мы отметим лишь некоторые вехи из истории развития теории рудообразования и других разделов геологии, которые, в конечном счете, послужили основой для развития металлогенических представлений и металлогении как науки.

Возникновение первых металлогенических идей у нас связано с именем великого русского ученого М. В. Ломоносова, заложившего прочные основы для развития русской и советской геологии. Поэтому разработку истории металлогенических представлений нельзя рассматривать в отрыве от формирования геологии у нас в России и Советском Союзе. Правда, в работах и взглядах отдельных исследователей, и в том числе у М. В. Ломоносова, были прямые высказывания по вопросам теории рудообразования и региональной геологии, которые теперь нужно положить в основу разработки металлогенической теории.

Своими широкими, всесторонними — металлогеническими подходами к расшифровке сложных геолого-генетических вопросов советские геологи продолжают славные традиции русской геологической школы.

М. В. Ломоносов в своих работах («О слоях земных, о рудных местах и жилках и о приске их» и др.) заложил прочную металлогеническую основу и придал известную целеустремленность изучению геологических процессов. С исключительной прозорливостью, намного опережая свое время, он

писал: «Ныне уже любители рудных дел, одарены Вы отменным зрением, коим не токмо по земной поверхности, и в недра ее глубоко проникнуть можете... Пройдем ныне по своему отечеству, станем осматривать положение мест и разделим к произведению руд способных и неспособных» (здесь и далее подчеркнуто нами.— *Х. А*). Развивая поставленную по существу металлогеническую задачу, М. В. Ломоносов указывал, что «Горы каменные суть прямая родина и подлинное жилище металлов и других минералов. Того ради должно вникнуть в их общее и частное, внешнее и внутреннее состояние; и рассуждать о надежде рудных промыслов, чему главным предводительством должны быть показанные выше о горах описание и рассуждение». В другом месте своей работы, отмечая изменчивость геологических и рудообразовательных процессов, он писал: «1) металлы не первородная или первозданная материя. 2) они и по ныне родятся, 3) они с места на место переходят». Как видно из приведенных цитат, М. В. Ломоносовым впервые сформулированы основные идеи связи рудообразования с геологией конкретных мест, а также поставлена главная научно-практическая задача металлогении: «Показать некоторые общие приметы мест, способных к рождению металлов для приску оных».

В заключение приведем еще одну выдержку из его работ, где он предельно ясно показал по существу все идейное содержание современной металлогении — «наука о минералах и о поиске рудных мест много должна быть понятнее с показанием происхождения минералов, для чего они и в каких местах могут родиться, и где не могут, что служит к великому облегчению трудов наших» (подчеркнуто нами.— *Х. А.*).

Идеи М. В. Ломоносова, содержащие основы современной металлогении — поисковой геологии, оказали большое влияние на развитие теории рудообразования в России и Советском Союзе. Поэтому смело можно считать, что М. В. Ломоносов — основоположник современной металлогении.

Одной из характерных черт всей русской и особенно советской геологии, красной нитью проходящей и в разработке теории рудообразования, является широкий геологический

подход. Рассмотрение рудопроявлений в связи с конкретными условиями геологического строения и геологической истории — главное содержание советской геологии.

Русские геологи, продолжая учение М. В. Ломоносова о взаимосвязи и о взаимообусловленности всех геологических процессов, заложили фундамент, на котором возникают все важнейшие направления современной геологической науки.

Изучение истории геологических знаний у нас в СССР, в том числе и металлогении, следует начать с детального изучения и разбора первых русских учебников по геологии (Д. И. Соколов, 1839; Г. Е. Шуровский, 1841; А. А. Иностранцев, 1877). В этих сводных геологических работах, одновременно являющихся первыми учебными пособиями на русском языке, были изложены важнейшие идеи о взаимосвязи многих геологических, в том числе рудообразовательных, процессов.

Д. И. Соколов в своих работах неоднократно подчеркивал взаимообусловленность главнейших геологических явлений: 1) осаждение пород из воды, 2) извержение огненных пород, 3) поднятие со всеми другими движениями земной коры.

Он отмечал, что эти три рода явлений всегда были неразлучны один с другим и так тесно связаны между собой, что по одному из них можно разбирать другие: «Поднятием коры земной определялось положение вод и, следовательно, осадков, а с другой стороны, имеет оно самое близкое отношение к породам огненным как произведение одной и той же причины»[1].

Следовательно, в этих взглядах Д. И. Соколова отчетливо сформировалась взаимосвязь тектогенеза, магматизма и осадкообразования, что, естественно, является главным при металлогеническом анализе отдельных территорий.

В работах Д. И. Соколова есть несколько очень ценных металлогенических выводов. В частности, в своем учебнике, в главе о месторождениях металлов, он практическими задачами обосновал учение о рудных месторождениях. Он отмечал, что «по мере применения различных металлов в народном хозяйстве — для удовлетворения нужд ими, должны были ознакомиться с образом их нахождения в земле» и «так родилась и созрела отдельная наука о месторождениях металлов, как отрасль общей геогнозии»[2].

Здесь же он подвергает очень серьезной критике ограниченность применения теоретических положений Вернера об образовании рудных тел. В связи с этим заслуживают осо-

---

[1] Д. И. Соколов. Курс геогнозии, т. II, 1939, стр. 66.
[2] Там же, ч. 3, 1939, стр. 102.

бого внимания его металлогенические взгляды о происхождении россыпных месторождений золота на Урале.

Д. И. Соколов в своей небольшой, но очень содержательной статье «Мысли об уральских золотоносных россыпях»[1] выступил против утверждения нептунистов, что золото на Урал было занесено с востока мощными потоками или водами древнего океана, и обосновал, что россыпные месторождения образовались за счет разрушения кварцевых жил. Этот очень ценный вывод несколько позднее был доказан открытием золотосодержащих кварцевых жил.

В дальнейшем русские геологи, продолжая ломоносовскую традицию, разрабатывают отдельные вопросы рудообразования на базе широкого геологического подхода.

Еще можно сослаться на исследования русского геолога Полетика (1866). В работе «Общие свойства месторождений золота» он впервые в истории мировой геологической науки, рассматривая геологию одного из важнейших металлов — золота, выявляет закономерности распространения и распределения золотоносных месторождений мира. Полетик выделяет две главные линии размещения золоторудных месторождений (рудные пояса), первая из которых охватывает огромное побережье Тихого океана (Чили — Боливия, Перу — Колумбия — Мексика — Калифорния); вторая, не менее важная, охватывает также громадную территорию. Она начинается в Новой Зеландии, проходит через остров Яву, Китай, Приморский край Советского Союза, затем Сибирь. Исследователь описывает условия образования золоторудных месторождений, доказывает эндогенное происхождение золота и связь его с интрузиями основных пород. Наконец, он подчеркивает необходимость в обобщающих работах, желательность выделения важнейших закономерностей размещения этих месторождений. Эту работу можно рассматривать как первую попытку металлогенического анализа конкретного металла.

Также особо следует отметить работы А. А. Иностранцева (1877) по метаморфизму, А. П. Карпинского — по рудным месторождениям Урала и др.

В своих работах крупнейшие исследователи рудных месторождений (А. Н. Карпинский, К. И. Богданович, В. А. Обручев, С. С. Смирнов и др.), геохимии (В. И. Вернадский, А. Е. Ферсман), петрологии (Ф. Ю. Левинсон-Лессинг, А. Н. Заварицкий, Д. С. Белянкин) и региональной геологии (А. Д. Архангельский и др.) неоднократно подчеркивали важ-

[1] Горн. журнал, 1826, № 12.

ность именно всестороннего геологического подхода к изучению металлогенических процессов.

Важнейшие вопросы металлогении рассмотрены в первом русском учебнике по рудным месторождениям К. И. Богдановича (1912—1913). Он правильно и своевременно подчеркнул значение металлогении и определил ее содержание. К. И. Богданович, в частности, отмечал, что «подобно тому, как динамическая и топографическая геология является основанием исторической, так сравнительное и топографическое изучение рудных месторождений послужат впоследствии основанием истинной металлогении, т. е. познание происхождения и распределения металлов и их месторождений не одного какого-нибудь района, а для всей поверхности земли в зависимости от последовательного изменения ее состава и строения»[1] (подчеркнуто нами.— *Х. А.*).

Такому металлогеническому подходу мы обязаны колоссальным успехом, особенно в отношении практических результатов в советской геологии. Поэтому нельзя пройти мимо такого явно неправильного утверждения Ю. А. Билибина (1947) о том, что «методы разрешения нами проблемы минерального сырья в области самых различных металлов были до сего времени методами не геологическими или металлогеническими, а проспекторскими, которыми в горной промышленности и пользовались еще многие десятилетия назад, часто даже без всяких геологических знаний». Этот ошибочный взгляд совершенно справедливо был раскритикован в печати П. С. Саакяном (1949).

Металлогения как научное направление, как очень важный раздел современной геологии выросла у нас в Советском Союзе. Теоретические основы и методические приемы металлогенических исследований заложены в трудах советских геологов. В геохимических взглядах В. И. Вернадского и особенно А. Е. Ферсмана, рудогенетических построениях В. А. Обручева, С. С. Смирнова и рудно-петрологических выводах Ф. Ю. Левинсон-Лессинга, А. Н. Заварицкого мы находим обоснования отдельных вопросов современной металлогении. Труды этих и других исследователей (Ю. А. Билибина, Д. И. Щербакова, И. Г. Магакьяна и др.) позволяют обосновать металлогению как очень важную в теоретическом и практическом отношениях науку.

---

[1] К. И. Богданович. «Рудные месторождения», т. I, 1912, стр. 11—12.

В. А. Обручев еще на раннем этапе развития советской теории рудообразования своими исследованиями показал важность металлогенического изучения отдельных эпох, провинций и металлов, описал металлогенические эпохи и области Сибири (1926), характер распределения и поведения золота в различных геологических условиях и районах (1903—1917). Ему удалось использовать идеи о рудном поясе для организации поисков оловянных месторождений (1927). Обручев придал глубокий геологический смысл классификации рудных месторождений путем разделения на эндо-, экзо- и метаморфогенные группы (1922), что имело большое значение для развития представлений о связи рудообразования со всей сложной геологической историей конкретных участков земной коры.

В. А. Обручев в первой части своего учебника по рудным месторождениям (1923) в числе других металлогенических вопросов рассматривает и теорию зональности, впервые подчеркивает важное значение структур (трещин) и боковых пород как осадителей руд из растворов, отношение месторождения к массивам изверженных пород. Здесь же он рассматривает важнейшие черты металлогенических эпох и провинций мира. В более поздних исследованиях он отметил необходимость создания теоретических предпосылок для прогноза металлорудных возможностей. В частности, в статьях «Геологические предпосылки распространения важнейших полезных ископаемых» (1932—1933), «Закономерность распределения полезных ископаемых в главных районах СССР» Обручев указал на важнейшие геологические вопросы как на основу для научного прогноза.

А. Е. Ферсман и Д. И. Щербаков трудами по геохимии и металлогении заложили фундамент для детального изучения поведения отдельных элементов в конкретных условиях. А. Е. Ферсман разработал важнейшие вопросы постмагматического и особенно пегматитового процесса. В работе «Перспективы распространения полезных ископаемых на территории Союза» (1938) он дал первую прогнозную наметку по важнейшим металлогеническим провинциям Советского Союза.

Д. И. Щербаков установил важнейшие особенности металлогении ряда редких и рассеянных элементов. В статьях (1945, 1952) даны практические рекомендации для составления металлогенических карт.

С. С. Смирнов и позже Ю. А. Билибин заложили основу для разработки вопроса о роли стадийности развития подвижных зон в металлогении и подчеркнули большое значение тек-

тоно-магматических комплексов. Они разработали металлогению отдельных провинций, в частности Тихоокеанского рудного пояса (С. С. Смирнов), Забайкалья (С. С. Смирнов) и Алдана (Ю. А. Билибин), и очень много сделали для выявления характера распространения и образования месторождений некоторых важных металлов: олова (С. С. Смирнов и Ю. А. Билибин) и золота (Ю. А. Билибин). Ю. А. Билибин (1947) разобрал принципы металлогенического исследования и обоснования роли различных металлогенических факторов.

Важнейшие металлогенические вопросы районов развития осадочных месторождений и осадочного рудообразования рассмотрены в работах таких выдающихся исследователей, как А. Д. Архангельский, Д. В. Наливкин, Н. М. Страхов, Л. В. Пустовалов.

Особенно широким геологическим — металлогеническим подходом к изучению осадочного рудообразования отличались исследования А. Д. Архангельского. Изучая месторождения бокситов, осадочные месторождения железа, медных руд, он выявил очень важные особенности распространения и условия залегания, которые несомненно должны лежать в основе разработки металлогении осадочных провинций рудных районов.

Н. М. Страхов, продолжая исследования А. Д. Архангельского, выделяет очень важные закономерности исторического развития различных типов железорудных, марганцевых, бокситовых образований, что имеет решающее значение в организации поисковых работ на эти металлы и для прогнозной оценки районов их распространения. В связи с этим следует особо подчеркнуть большую роль в разработке осадочной металлогении выдающейся работы Н. М. Страхова «Железорудные фации и их аналоги в истории Земли», опубликованной в трудах Института геологических наук АН СССР (1947).

Д. В. Наливкин в своем первом учебнике учения о фациях (1934), позже и в других работах, указывает на важнейшие черты условий образования бокситов и усовершенствование методов фациального анализа осадочных формаций.

А. В. Пустовалов сформулировал идею о том, что осадочные породы, в том числе и осадочно-рудные образования, размещаются закономерно. Между их различными типами существуют тесная генетическая связь и историческая преемственность. Эти и другие очень важные теоретические взгляды А. В. Пустовалова, несомненно, имеют существенное значение для разработки теории образования осадочно-рудных месторождений.

В последние годы у нас в СССР металлогенические исследования приняли исключительно широкий размах. Особо следует отметить беспрерывный рост числа работ по металлогении отдельных провинций и рудных районов.

Благодаря изучению металлогении отдельных провинций, на фоне глубокого анализа геологического строения и геологической истории выявляются взаимосвязь и взаимообусловленность процессов рудообразования, магматизма и геолого-структурного развития этих участков земной коры. Данные исследования позволили разработать для металлогении свои методы ведения полевых наблюдений и лабораторных работ, в частности, структурно-фациальный анализ стал основным методом изучения металлогении провинций и районов с эндогенными месторождениями, а палеогеографический — для областей с экзогенными процессами. Сейчас уже применяется с большим успехом металлогеническое и прогнозное картирование крупных провинций и отдельных рудных районов.

Говоря об исследованиях металлогении отдельных провинций Советского Союза, нельзя не указать на ряд ценных исследований, имеющих большое значение для разработки советской металлогении. В частности, по Уралу работы Н. Высоцкого, А. Н. Заварицкого, Е. Е. Захарова, Г. А. Соколова; по Кавказу—Г. Д. Афанасьева, Л. А. Варданьяна, И. Г. Магакьяна, М. А. Кашкая; по Средней Азии — Ю. А. Арапова, И. М. Исамухамедова, А. В. Королева, Б. Н. Наследова, В. А. Николаева, В. И. Попова, В. И. Смирнова, Н. И. Смольянинова; для Забайкалья и Дальнего Востока — Ю. А. Билибина, А. Д. Левицкого, Е. А. Радкевич, С. С. Смирнова; по Казахстану — Н. Г. Кассина, В. С. Коптева-Дворникова, А. П. Кропоткина, К. И. Сатпаева; по Алтаю — Н. А. Елисеева, Н. П. Нехорошева, А. П. Никольского.

Особо должны быть отмечены работы коллектива геологов ВСЕГЕИ, осуществлявших в течение последних нескольких лет детальные металлогенические анализы важнейших территорий Советского Союза. Эти исследования, проводившиеся при участии и под непосредственным руководством Ю. А. Билибина, дали очень ценные материалы для познания металлогении важнейших районов и для разработки методических приемов производства региональных металлогенических исследований.

Работы этих исследователей (В. И. Серпухов, В. Г. Грушевой, В. М. Сергиевский, А. И. Семенов, Е. Д. Карпова, Д. В. Вознесенский, Г. Ф. Падалка, М. И. Иициксон) будут иметь очень большое значение при разработке металлоге-

нии Советского Союза, особенно при металлогеническом районировании.

Металлогеническими идеями проникнуты все отрасли современной геологии (литология, тектоника, стратиграфия). Исследователи этих научных направлений в своих построениях учитывают отдельные факты и дают свои выводы по тем или иным металлогеническим вопросам. Однако как в советской, так и в зарубежной металлогении существенным недостатком ее развития остается слабая разработка общетеоретических и методических вопросов.

Теперь, переходя к краткому рассмотрению истории формирования металлогенических представлений за рубежом, мы не можем не отметить исключительного значения исследований французских геологов Эли де Бомона и де Лонэ, швейцарского геолога П. Ниггли, американца В. Линдгрена, норвежцев — Фогта и Гольдшмита, чеха Пошепного, китайцев — Вонга и Хуан-Бо-цина и др. и японского геолога Ватанаби, которые внесли много нового, ценного в развитие металлогении.

Но на фоне исключительного развития металлогении и особенного отношения к металлогеническим исследованиям у нас в СССР наглядно видно резкое отставание геологической науки вообще, металлогении в частности, за рубежом. Это особенно относится к современной англо-американской науке.

Представления американских геологов по металлогении остались на уровне книги В. Линдгрена по минеральным месторождениям (1910—1928).

Даже такой крупный геолог, как Бэтман, в своей обобщающей работе (1942, русский перевод — 1949), рассматривая металлогенические эпохи и провинции мира, почти ничего нового не мог добавить к тем старым представлениям по этому вопросу, которые нам известны по работам де Лонэ (1906—1913) и Линдгрена (1909—1916). Даже в работах, посвященных специально металлогеническим вопросам (правда, их очень мало), мы не находим постановки или решения каких-либо серьезных проблем регионального рудообразования, особенно связи последнего с историей геологического развития конкретной провинции. Однако, говоря о неуспехах зарубежной, капиталистической геологии в настоящее время, мы не можем не отметить особых заслуг вышеперечисленных зарубежных геологов.

Де Лонэ ввел в геологию термин «металлогения» и определил значение данного понятия, понимая под этим раздел геологии, занимающийся происхождением и распреде-

лением металлов в земной коре в их совокупности. При этом он отмечал связь металлогении с химической геологией, физикой и тектонической геологией. Де Лонэ принадлежат первые наиболее крупные работы по региональной металлогении. Его знаменитый трактат по вопросам металлогении (1913) и доклад на Мексиканской сессии международного геологического конгресса (1906) о металлогении Италии — наиболее крупные исследования по этому вопросу в истории зарубежной геологии. Им же выделены и описаны первые «металлогенические провинции» мира. Позже В. Линдгрен (1909) обосновал необходимость выделения еще «металлогенических эпох».

Заслуги де Лонэ всегда высоко оценивались русскими и советскими геологами. Так, К. И. Богданович в своем учебнике по рудным месторождениям (1910—1912) не только высказал ряд очень интересных мыслей о связи рудообразования с региональной геологией, но и подчеркнул важность взглядов де Лонэ. В частности, он указывал, что «идеи де Лонэ о связи рудных месторождений со всей геологической жизнью страны, а не только с вмещающими месторождения горными породами представляют крайнее развитие учения о рудных месторождениях, обещающее со временем, при расширении сравнительной геологии, многие плодотворные результаты» (том I, стр. 123).

Теперь мы, советские геологи, можем подтвердить правильность высказываний К. И. Богдановича — только теоретические региональные исследования, прежде всего сравнительное изучение отдельных территорий Советского Союза, позволяют оформить металлогению как научную дисциплину.

П. Ниггли в своих многочисленных работах, особенно по классификации месторождений, делал попытки увязать процессы формирования отдельных месторождений с тектоническим и историческим развитием отдельных территорий. В своей работе по генетической классификации (1929, русский перевод — 1933) он пытался использовать тектонические условия в классификационных целях. П. Ниггли указывал, что «рудная минерализация в любом районе столь очевидно зависит от эпохи последних тектонических процессов, что первая классификация провинции может быть построена на этом основании».

Он подчеркнул также важность первых металлогенических исследований де Лонэ.

Исходя из описанного принципа, П. Ниггли систематизировал рудные месторождения в связи с развитием круп-

ных геолого-структурных единиц земной коры. В частности, он выделил:

1) рудные месторождения археид;
2) рудные месторождения палеолид;
3) рудные месторождения мезоид.

Далее он рассмотрел связь рудных месторождений с петрографическими провинциями.

При рассмотрении вышеперечисленных вопросов П. Ниггли сделал очень важные металлогенические выводы, имевшие большое значение для развития металлогении.

Говоря о зарубежных исследованиях металлогении, необходимо отметить великолепные работы китайских геологов Вонга и Хуан-Бо-цина. Вонг в работе, опубликованной еще в 1920 г., указал на участие двух металлогенических эпох в строении металлогении Китая. Первый этап — древний, связанный с архейской эпохой. В нем образовались пегматитовые месторождения со слабой минерализацией и гидротермальные месторождения золота. Второй этап — постпалеозойский (или позднепалеозойский), образующий несколько зон рудных месторождений, связанных с гранитами (Южн. Китай).

Другой китайский геолог Хуан-Бо-цин в своей очень интересной работе по тектонике Китая (1945, русский перевод — 1952) всесторонне осветил тектоническое развитие Китайской Народной Республики и на этой основе важнейшие черты металлогении этой территории. В разделе «Тектоника и металлогения» он подчеркнул связь процессов рудообразования с тектоническими условиями развития, особое значение Яньшанского тектонического и магматического циклов в развитии металлогении Китая. Он выделил несколько провинций и рудных зон и довольно подробно описал их. Значение этой работы Хуан-Бо-цина выходит далеко за пределы собственно Китая, и она окажет неоценимую услугу при разработке общих металлогенических вопросов.

Металлогенические исследования после работ М. В. Ломоносова, Д. И. Соколова, де Лонэ, К. И. Богдановича, В. А. Обручева, Полетика прошли длинную историю, пережили чрезвычайно сложный этап исканий и на благодатной почве советской геологии выросли в науку, охватывающую очень важную область теории и практики в геологической службе нашей страны. За отмеченный период мы не можем указать на какие-либо серьезные исследования зарубежных геологов по вопросам, которые могли иметь принципиальное значение в развитии металлогении. Наоборот, для совре-

менной геологии в буржуазных странах и, особенно в Америке, характерен отход от металлогенических принципов, выражающийся в отрыве рудообразования от геологического строения провинций и рудных районов.

Таким образом, идея связи рудообразования с геологическим строением и геологическим прошлым конкретных районов, т. е. основа современной металлогении, зародилась у нас в результате исследований М. В. Ломоносова. Благодаря работам крупнейших русских и советских геологов К. И. Богдановича, В. А. Обручева, А. Е. Ферсмана, А. Д. Архангельского, С. С. Смирнова, Ю. А. Билибина, Н. М. Страхова и Д. И. Щербакова металлогения оформилась в самостоятельную науку.

Поэтому мы не можем согласиться с утверждением Ю. А. Билибина (1948) о том, что зарождение металлогении связано с современным этапом развития горнорудной промышленности за рубежом. Он правильно отмечает, что небывалые темпы изъятия руд из недр повели к сильному истощению сырьевой базы, поэтому в зарубежной геологии проблема эффективности поисково-разведочных работ встала очень остро. Однако Ю. А. Билибин делает из этого совершенно неправильный вывод о том, что «на этой почве в зарубежном учении о рудных месторождениях появились сильные тенденции подвергнуть ревизии схемы Эммонса и взамен их создать также более современные металлогенические построения, которые могли бы успешно разрешить вновь возникшие перед горнорудной промышленностью чрезвычайно острые проблемы. Так, из учения о рудных месторождениях начали вырастать зачатки учения о металлогении» (подчеркнуто нами. — *Х. А.*). Едва ли необходимо доказывать, что схемы Эммонса были отвергнуты прежде всего громадным фактическим материалом советских геологов, а не недостатком резерва в зарубежной горнорудной промышленности. Тем более зарождение металлогении нельзя связывать с представлениями зарубежных геологов, рассматривающих рудообразующие процессы в отрыве от геологической истории провинции и рудных районов. Ярким доказательством к сказанному могут служить страницы цитированной работы Бэтмана, посвященные вопросам зональности, металлогеническим эпохам и провинциям и на которых излагаются давно отвергнутые советскими геолога-

ми теоретические положения или вообще устаревшие данные.

Первые принципы металлогенических исследований разработаны Ю. А. Билибиным (1947). Советский геолог А. Д. Ершов подчеркнул необходимость самостоятельного изучения вопросов региональной металлогении (1950) как средства ускорения разработки общих металлогенических теорий. Говоря о зарождении металлогении, нельзя забыть высказывания по этому вопросу нашего великого М. В. Ломоносова, в которых действительно были зачатки учения о металлогении.

Глава III

МЕТАЛЛОГЕНИЯ ТЕРРИТОРИЙ (ПРОВИНЦИЙ И РУДНЫХ РАЙОНОВ)

Типы металлогенических территорий (провинция, рудный район и рудный пояс)

Изучение отдельных территорий — главная задача современной металлогении, выросшая из учения о металлогенических провинциях. Достаточно вспомнить, что развитие металлогении было связано с изучением отдельных рудных районов и провинций, описанных в работах де Лонэ, В. А. Обручева и С. С. Смирнова.

Сравнительное изучение отдельных провинций дает надежный материал для создания металлогенических теорий. Провинции, рудные районы, пояса являются основными объектами металлогенических исследований. Не является ли решающим моментом в оформлении металлогении, как науки, существование металлогенических территорий (провинций, рудных районов и поясов), в которых десятки, сотни и нередко тысячи точек рудопроявлений развиваются вполне закономерно. Ведь это не изолированные месторождения, а целые районы и геологические области, в которых в зависимости от геолого-исторического развития образуются в одних условиях одни типы месторождений и концентрируются одни металлы, а в других — другие генетические типы и металлы. Следовательно, в зависимости от характера течения геологических и геохимических процессов каждая территория приобретает определенную металлогеническую специализацию. В результате образуются отдельные провинции, рудные районы, рудные пояса и узлы, которые, как уже было сказано, являются главными объектами металлогенических исследований. Они нами приняты и будут здесь рассмотрены как основные типы металлогенических территорий.

Металлогеническая провинция — геологическая область, которая благодаря особым, своеобразным условиям структурно-фациального развития и магматизма приобретает металлогенический облик, присущий данной терри-

тории. Таким образом, под металлогенической провинцией следует понимать любой участок земной коры, независимо от того, платформа или геосинклиналь, характеризующиеся своими металлогеническими особенностями.

Разумеется, среди металлогенических провинций можно выделить типы, которые будут отличаться условиями геологического развития и, в связи с этим, образующимися генетическими типами месторождений. Поэтому среди провинций можно выделить несколько типов по характеру образования месторождений, т. е. по преобладанию или решающему значению того или иного генетического типа, определяющего облик данной провинции.

По данному принципу можно выделить следующие генетические типы провинций.

1. Провинция осадочных месторождений с широким и повсеместным развитием собственно осадочных и россыпных месторождений и месторождений коры выветривания. Облик данного типа провинций определяется месторождениями алюминия (бокситов), марганца и многочисленными осадочными образованиями железных руд. По этим трем, особенно первым двум, металлам осадочная провинция и ее рудные районы являются главными поставщиками. Кроме того, значительный интерес она представляет для таких металлов, как никель (месторождения коры выветривания), олово, золото и платина (россыпные месторождения), медь, свинец, ванадий, уран и др. (собственно осадочные месторождения).

В этом типе металлогенической провинции можно выделить несколько рудных районов, которые являются частью провинции и характеризуются концентрацией более или менее однотипных в генетическом отношении месторождений. Следовательно, рудный район как тип территории — меньший по площади, чем провинция, и более или менее однотипен в образовании в них рудных концентраций. Среди рудных районов для осадочной провинции характерны следующие:

а) рудный район месторождения коры выветривания. Пример — Южный Урал с известными месторождениями никеля; Бразилия с месторождениями марганцевых руд (псиломелан—пиролюзит), которые образовались в результате разрушения различных пород — гнейсов, сланцев и др. (районы Бургиер и Келуц) в зоне древней коры выветривания;

б) рудный район россыпных месторождений (золотоносные россыпи Бодайбо в Сибири и касситеритовые россыпи Малайи);

в) рудный район собственно осадочных месторождений (район Керченского полуострова с железорудными месторождениями или район Никопольского месторождения марганца).

2. Провинция магматогенных месторождений характеризуется широким развитием собственно магматогенных месторождений, генетически связанных с основными и ультраосновными породами. Таких провинций в мире не так много, но они имеют существенное значение и являются почти единственными поставщиками таких металлов, как хром, платина, и элементов платиновой группы. Этим не ограничивается перечень металлов, определяющих специализацию рассматриваемого типа провинции. В числе наиболее важных элементов, концентрирующихся в магматогенных образованиях, ведущее место принадлежит никелю, образующему своеобразные сульфидно-никелевые ассоциации с медью, кобальтом и платиной. Значительный интерес представляет железо, концентрирующееся также в магматогенных образованиях (титаномагнетитовые и магнетитовые месторождения). Примерами таких провинций могут служить Норвегия, Канада, Северная Африка и Урал.

В этом типе провинций можно выделить два типа рудного района, отличающихся не только по особенностям их развития, но и приуроченности к различным геоструктурным единицам земной коры, обусловливающим, в связи с этим, своеобразный облик рудной минерализации:

а) район развития ликвационных месторождений с характерными для него сульфидно-никелевыми месторождениями. Эти оригинальные по металлогеническому типу и вещественному составу образования всегда занимали и занимают особое место в классификации месторождений полезных ископаемых. Ликвационные месторождения развиваются в особых — платформенных геологических областях. Примером могут служить отдельные районы Кольского полуострова, Северной Финляндии (район месторождения Петсамо). Далее, в Норвегии с 37 норитовыми интрузивными массивами связаны образования сульфидно-медно-никелевых месторождений ликвационного типа;

б) район развития сегрегационных и гистеромагматических месторождений. Указанные месторождения встречаются очень часто вместе и образуются в условиях геосинклинального режима, создавая своеобразные рудные районы. Например, отдельные участки Урала, где развиты титаномагнетитовые и хромитовые месторождения. Металлогенический облик этого типа рудного района

определяется хромитовыми месторождениями в серпентинитах, перидотитах и дунитах, месторождениями платины и платиноидов — в дунитах, перидотитах и пироксенитах и титаномагнетитов с ванадием — в габбро. По-видимому, к данному типу относятся районы развития месторождений магнетитов и апатито-магнетитов в сиенитовых породах типа Кируна.

3. Провинции постмагматических месторождений характеризуются исключительным развитием постмагматических (пегматитовых, скарновых или гидротермальных) месторождений и создающих их гранитоидных и щелочных интрузивных пород. Провинций постмагматических месторождений очень много. В частности, к ним можно отнести громадные провинции Казахстана, Средней Азии, Кавказа, Дальнего Востока. Из зарубежных типична юго-западная часть Китая со знаменитыми вольфрамовыми, касситеритовыми и прочими гидротермальными месторождениями.

Металлогенический облик постмагматической провинции определяют месторождения цветных (медь, свинец, цинк), редких (олово, вольфрам, молибден, мышьяк, сурьма, ртуть, висмут), рассеянных (уран, торий, бериллий) и благородных (золото и серебро) металлов. В этих провинциях значительное место принадлежит также месторождениям железа, кобальта и большой группе неметаллических полезных ископаемых (флюорит, слюды, барит, асбест, графит и др.).

Для постмагматических провинций характерно развитие рудных районов двух типов, различающихся генетическими рядами месторождений. Третьим типом могут являться районы развития смешанных генетических рядов, где благодаря развитию нескольких фаз интрузий и другим условиям происходит наложение месторождений одних рядов на другие и в результате образуются районы со сложным характером металлогении.

а) район развития месторождений, генетически связанных с кислыми, слабо контаминированными интрузиями, образующими пегматитово-гидротермальный ряд месторождений. В этих районах развиты кислые интрузии, аляскитовые и биотитовые граниты, не подвергшиеся процессам ассимиляции или же подвергшиеся алюмосиликатной ассимиляции, без повышения основности. Металлогения таких районов характеризуется широким развитием пегматитовых месторождений с редкими металлами (Nb, Ta, Sn, Be и др.) и большой группы гидротермальных месторождений кварцево-грейзеновой формации. Сюда относятся кварцево-касситеритовая, кварцево-воль-

фрамитовая, кварцево-вольфрамитово-касситеритовая и другие формации. Таких рудных районов очень много. Достаточно указать на Испанию, Португалию, Рудные горы, Корнуэльс (Англия) и др. Они имеются также и на территории Советского Союза (Забайкалье, Кольский полуостров и др.);

б) район развития постмагматических месторождений, генетически связанных с интрузиями повышенной основности и щелочности, ассимиляционного происхождения, создающими скарново-гидротермальный ряд месторождений. Интрузии в этом районе обладают исключительно широко развитыми ассимиляционными процессами, благодаря чему в магму может поступать значительное количество компонентов вмешающих пород, меняющих ход магматического и постмагматического процессов. При этих условиях магма могла обогатиться такими компонентами, как CO_2, H, S, B, F и др.

Благодаря обогащению магмы летучими компонентами, по-видимому, происходит раннее выделение растворов, обогащенных нередко компонентами вмещающих пород. Таким образом, магма и постмагматические растворы приобретают очень важные дополнительные геохимические черты, создающие своеобразные рудные районы. В этих районах развиваются, как правило, месторождения скарнового типа и гидротермальные, богатые сульфидами.

Однако мы должны здесь оговориться, что наша точка зрения об ассимиляционном происхождении гранитоидов повышенной основности и щелочности и о возможном влиянии этого процесса на рудообразование некоторыми геологами оспаривается. Они считают, что специализация магмы связана с дифференциацией, происходящей на больших глубинах.

Облик таких рудных районов определяется широкими проявлениями скарново-магнетитовых, скарново-шеелитовых, скарново-шеелитово-молибденитовых, скарново-сульфидных (медь, свинец, цинк) месторождений, а из числа гидротермальных отмечаются сульфидно-касситеритовые, медно-молибденитово-золоторудные, арсенопиритово-золоторудные месторождения. К этому типу рудного района, по-видимому, также относятся гидротермальные месторождения полиметаллов и ртутно-сурьмяные;

в) район развития смешанных генетических рядов, как мы говорили выше, образуется в связи с несколькими фазами интрузий; при наложении более кислых на контаминированные, более ранние интрузивные породы. В таких райо-

нах, как правило, располагаются месторождения, относящиеся к различным генетическим рядам. Например, в некоторых рудных районах наряду с пегматитами, генетически связанными с глубоко эродированными массивами ранних магматических фаз, встречаются гидротермально-сульфидные месторождения, связанные с молодыми интрузиями. Такие случаи характерны особенно для платформенных областей. Или встречаются случаи, когда наряду со скарново-рудными образованиями, связанными с более ранними фазами, также развивается рудная минерализация кварцево-грейзеново-касситеритовой формации.

4. Провинции метаморфогенных месторождений с преимущественным развитием метаморфогенных месторождений. Они характерны для области развития древних — докембрийских метаморфических комплексов. Территорий, относящихся к этому типу провинций, не так много. В качестве типичного примера можно указать на южную часть Русской платформы с ее общеизвестными месторождениями железных руд (Кривой Рог).

Кроме того, отдельные рудные районы с метаморфическими месторождениями есть в пределах магматических и постмагматических провинций. Они связаны с ранними этапами развития геосинклинали и метаморфизацией эффузивно-осадочных отложений с образованием своеобразных медно-сульфидных колчеданных месторождений (Урал, Закавказье).

Таким образом, среди районов развития метаморфогенных месторождений можно выделить два типа:

а) район регионально-метаморфогенных месторождений, развитых за счет метаморфизации осадочных месторождений железа и марганца;

б) район развития локальных метаморфогенных месторождений, образующихся на раннем этапе геосинклинального развития путем метаморфизма осадочно-эффузивных месторождений меди, свинца и цинка.

Выделяя вышеописанные типы провинций и рудных районов, мы одновременно должны оговориться, что во многих случаях наблюдается наложение одних типов на другие, благодаря чему провинции и рудные районы приобретают сложный в металлогеническом отношении характер. Поэтому наряду с типичными однотипными провинциями, как Средняя Азия, и районами (Кураминские горы), металлогенический облик которых определяется постмагматическим процессом, существуют такие провинции, как Урал, в которых

встречаются весьма разнообразные по генетическому типу месторождения (магматогенные и постмагматические). Такие провинции приобретают сложный политипный в металлогеническом отношении характер. В связи с этим возникает необходимость выделять среди металлогенических провинций и рудных районов по характеру концентрации различных по генезису месторождений минимум два типа:

а) монотипные металлогенические провинции и рудные районы;

б) политипные металлогенические провинции и рудные районы.

В региональной металлогении особое место занимают рудные пояса. В свое время выявление рудных поясов на Алтае (П. П. Пилипенко, В. П. Нехорошев, Н. А. Елисеев, А. Н. Никольский и др.), в Сибири и на Дальнем Востоке (А. Е. Ферсман, А. Н. Чураков и др.), в Забайкалье (С. С. Смирнов) и в ряде других районов дало очень много ценного для понимания металлогении этих территорий и позволило более целеустремленно поставить поисковые работы.

А. Е. Ферсман в статье о Монголо-Охотском поясе особо подчеркивал научно-практическое значение рудных поясов в целеустремленной организации работ. Он указывал, что общий закономерный характер рудообразования позволяет планомерно вести как геохимическое освещение определенных территорий, так и поиски определенных минералов, и сделать ряд предсказаний.

Выявление и описание рудных поясов и их обоснование были одной из наглядных форм регионального металлогенического исследования. В этом отношении классическими примерами являются работы А. Е. Ферсмана о Монголо-Охотском металлическом поясе[1] и С. С. Смирнова[2] о Тихоокеанском рудном поясе.

В зарубежной литературе также имеется значительное число примеров изучения и обоснования наличия нескольких крупных и интересных поясов, в частности, в Китае — геологи Вонг (1920) и позднее Хуан-Бо-цин (1952) при описании металлогении Китая выделяют ряд крупных рудных зон — поясов. Сперр еще в 1923 г. описал великий серебряный пояс, прорезающий Северную и Южную Америку; ранее П. Вагнер описал знаменитый платиновый пояс Африки.

---

[1] Монголо-Охотский металлический пояс. «Поверхность и недра», 1926, № 3.

[2] О Тихоокеанском рудном поясе. Изв. АН СССР, 1946, № 2.

Следовательно, рудный пояс — очень важная как в практическом, так и в теоретическом отношении металлогеническая территория. Ее изучение и описание представляют большой интерес, и поэтому здесь рассмотрим более подробно.

Рудным поясом следует называть линейно вытянутый участок земной коры, представленный геолого-структурной зоной, который в связи с особыми условиями развития магматизма, тектонической структуры и литологическим составом создает единый металлогенический облик, выражающийся в линейной концентрации большого числа эндогенных месторождений.

Из изложенного следует, что проблема рудных поясов разработана пока только для эндогенных месторождений. Однако это не исключает возможности выделения их для осадочных рудных месторождений. Пояса с осадочными месторождениями также многочисленны. Так, например, железный пояс описан для Индии, намечается такой же пояс в связи с широким развитием юрских железосодержащих отложений для Великобритании.

Среди рудных поясов с эндогенными месторождениями по характеру развития тех или иных генетических типов месторождений, зависящих от геолого-исторического развития конкретной территории, можно выделить три типа рудных поясов: геоструктурный, магматический, структурный.

Геоструктурный тип поясов возник благодаря особым условиям геологического развития отдельных участков земной коры. Сюда относится такая линейно-вытянутая зона, которая формируется в течение одной металлогенической эпохи и характеризуется общими для всех частей зоны геологическими условиями. Например, мощные геосинклинальные зоны — Тихоокеанский рудный пояс. В этом поясе сочетаются различные генетические типы месторождений, связанные с развитием магматизма, структурами и литологическими особенностями отдельных участков огромной единой геоструктурной зоны. Следовательно, главные особенности этого типа: 1) сложность геологического строения; 2) переменный состав, многометальность и участие в строении этого пояса значительного количества генетических типов месторождений; 3) резкое колебание длины пояса от нескольких тысяч (Тихоокеанский) до одной тысячи (Скалистые горы) и даже до нескольких сотен километров (Забайкалье).

Для иллюстрации сказанного отметим некоторые черты Тихоокеанского рудного пояса по работе С. С. Смирнова (1946).

Тихоокеанский рудный пояс — область развития мезокайнозойской складчатости, магматизма и минерализации, примыкающая к океану (мобильная зона, заключенная между океаном, с одной стороны, и древними докембрийскими континентальными платформами, с другой).

Основные металлогенические черты рассматриваемого пояса:

1) металлогенический облик этого пояса определяется оруденением мезозойского возраста. Докембрийские рудные проявления в сильнейшей степени пострадали от эрозии и местами погребены под более молодыми формациями. Складчатость, магматизм и рудопроявление палеозойского возраста представлены очень слабо. Причем, по мнению С. С. Смирнова, — «эта скудность палеозойской металлогении обусловлена некакой-либо специфической бедностью соответственных интрузий или особыми условиями их развития, а просто самим отсутствием во многих случаях подобных интрузий» (подчеркнуто нами.—*Х.А.*);

2) типы рудных месторождений разнообразны, характерны для малых и умеренных глубин. Среди них особо следует отметить:

а) тихоокеанский тип третичных, бонанцовых золото-серебряных и серебряных месторождений;

б) боливийские и мексиканские типы оловорудных проявлений;

в) своеобразные богатые турмалином месторождения медные, золотые, серебро-свинцово-цинковые, кобальтовые;

г) энаргитовые медные месторождения.

Рассматриваемый рудный пояс является главным источником мира по таким металлам, как золото, серебро, олово, вольфрам и молибден, свинец и цинк, медь и др.;

3) в Тихоокеанском рудном поясе очень слабо представлены месторождения платины и платиноидов и группы железа;

4) как известно, рассматриваемый пояс располагается в непосредственном соседстве с океанической впадиной, обладающей как будто бы минимальной толщиной сиаля, однако в металлогеническом отношении он не обнаруживает каких-либо принципиальных отличий по сравнению с другими молодыми рудными зонами;

5) С. С. Смирнов указывает, что нет оснований говорить о более или менее значительной синхронности отдельных этапов мезозойского металлогенезиса по всей территории пояса. Еще меньше данных для утверждения, что в различных участках пояса одни и те же по возрасту стадии развития характеризуются одинаковым рудным процессом;

6) металлогения «внутренней» близлежащей к океану зоны азиатской части пояса в значительной мере отличается от металлогении «внешней» — ближайшей к континенту зоны. Эту закономерность, удачно подмеченную С. С. Смирновым, позже использовал для классификации геосинклиналей Ю. А. Билибин, поэтому в следующем разделе она будет рассмотрена более подробно.

Магматический тип рудных поясов представлен совокупностью собственно магматических и высокотемпературных комплексов постмагматических месторождений (скарновых, пегматитовых и др.). Образование таких рудных поясов связано с линейным залеганием интрузивных массивов, приуроченных к определенной складчатой системе (скарновые, пегматитовые и другие образования), или линейным расположением самих месторождений в пределах отдельных крупных массивов.

Одновременно следует указать, что одной из важных особенностей магматического типа рудного пояса нужно считать одновозрастность интрузивных комплексов. В. А. Обручев[1] подчеркивал недостаточность только однотипности рудопроявлений, если последние не близки по возрасту. В частности, он отмечал, что, «руководствуясь только составом, можно было бы соединить в металлические пояса чуть ли не все гранитовые массивы Земли, так как типы минерализации, сопровождающей интрузии этих кислых пород, более или менее одинаковы».

Примером может служить платиновый пояс Африки, связанный с перидотитовыми массивами и протягивающийся на 500 *км*. Сюда же относятся редкометальные пояса Забайкалья, Алтая (Калбинский хр.). Несколько небольших рудных поясов описываемого типа имеются и в Средней Азии. В частности, сюда можно отнести пегматитовый пояс Туркестанского и скарновый пояс Зарафшанского хребтов. В том и в другом случае причиной образования этих поясов является линейное расположение гранитоидов, в связи с которыми формируются пегматитовые и скарново-рудные месторождения.

Структурный тип рудных поясов представлен большей частью совокупностью гидротермальных месторождений и образуется в связи с приуроченностью этих месторождений к региональным разломам или благоприятным структурно-литологическим горизонтам. По характеру кон-

[1] В. А. Обручев. «О Тунгузско-Охотском металлическом поясе», «Поверхность и недра», 1927, № 7—8.

тролирующих структур среди описываемых рудных поясов выделяются следующие три типа:

1) пояс, вытянутый вдоль крупных дизъюнктивных нарушений;

2) пояс, расположенный на стыке геологических областей различной мобильности, чаще всего вдоль платформ со складчатыми зонами;

3) пояс, вытянутый вдоль предлагаемых крупных разломов в консолидированном фундаменте складчатых областей.

Первые два из вышеперечисленных типов имеют большое значение и очень многочисленны примеры, относящиеся к этим типам.

Однако существование третьего типа вызывает сомнение, так как до сих пор в региональной геологии не доказано наличие таких независимых от развития верхних складчатых структур регионов.

Среди этих рудных поясов В. И. Смирнов выделяет две группы: постоянного и переменного состава. В первой группе все месторождения, образующие рудные пояса, обладают одинаковым, строго выдержанным на всем протяжении пояса составом. Во второй группе состав месторождений меняется от одного звена к другим.

Примеры таких рудных поясов многочисленны, сюда относятся прежде всего серебряный пояс Америки, ртутно-сурьмяный пояс Южной Ферганы.

Металлогеническое районирование территорий

Районирование — очень важный вопрос современной региональной металлогении. Между тем единой методически разработанной системы районирования еще нет. В основе такого металлогенического районирования должен лежать геологоструктурный принцип, исходящий из истории тектонического развития отдельных территорий. Поэтому деление земной коры на геосинклинальные и платформенные области имеет большое значение, и его нужно положить в основу первого самого крупного металлогенического районирования земной коры.

Следовательно, первое металлогеническое районирование будет базироваться на геологоструктурном принципе. Затем уже в пределах каждой из них необходимо выделять металлогенические единицы.

В геологической литературе сделана попытка сначала С. С. Смирновым при изучении Тихоокеанского рудного пояса, затем Ю. А. Билибиным районировать геосинклинальные

области путем выделения среди последних внутренних и внешних зон, которые мы рассмотрим более подробно дальше.

В. И. Попов, рассматривая историю депрессий и поднятий Западного Тянь-Шаня (1938), выделил полигенные и моногенные области, каждая из которых характеризуется своим магматизмом, тектоническим режимом и, следовательно, металлогенией.

В данной работе он подчеркивает также следующие важнейшие особенности магматизма и металлогении полигенных и моногенных областей для изученных им палеозойских сооружений Средней Азии:

1) для областей с полигенными поднятиями магма неоднократно и свободно поднималась до самой земной поверхности, изливаясь или застывая на небольших глубинах. Поэтому магматические образования (интрузивные и эффузивные) широко развиты и интрузивные породы имеют гипабиссальный характер. Среди них встречаются как основные и кислые, так и переходные типы магматических пород.

В моногенных областях благодаря деформации непрерывно накапливающихся здесь мощных депрессионных осадков доступ кислой магмы к поверхности был затруднен. Магматические образования застывали на больших глубинах и извергались в один или несколько приемов. В связи с большой глубиной застывания для интрузивных пород моногенных поднятий наблюдается отчетливая дифференцированность магматических процессов;

2) в полигенных поднятиях металлогенический процесс, так же как и развитие магматизма, представлен из ряда фаз, сближенных во времени и в пространстве, нередко накладывающихся в одних и тех же участках. Поэтому месторождения и районы их развития приобрели комплексный характер и имели неглубокое заложение. Напротив, в моногенных поднятиях не только магматические продукты, но и рудные образования оказываются хорошо дифференцированными.

В. И. Попов считает, что один и тот же район в разное геологическое время развивается по разному плану — по полигенному и моногенному. Так, Нуратинские горы, развивающиеся как полигенные, позднее стали моногенными.

Как видно, такое деление также можно было бы положить в основу металлогенического районирования отдельных территорий, особенно провинций постмагматических месторождений. Однако этот вопрос остался совершенно недоработанным в металлогеническом отношении. Кроме того, следует указать на неудачность термина «моногенный»,

ибо район, выделенный В. И. Поповым как моногенный, в той или иной мере является также и полигенным.

Поэтому в основу рассмотрения металлогении геосинклинальных областей мы положим деление последних на «внешние» и «внутренние» зоны.

Сравнительная характеристика металлогении геосинклиналей и платформ

Как известно из геотектоники и исторической геологии, геосинклинальная область как наиболее подвижная противопоставляется платформе, т. е. менее подвижной области земной коры. Эти крупные геоструктурные единицы в своем развитии тесно связаны между собой и являются основными структурными формами в истории развития земной коры. Благодаря различному ходу геолого-исторического развития, прежде всего тектоническому движению и магматизму, геосинклинали и платформы значительно различаются в металлогеническом отношении.

Для геосинклинальных областей в отличие от платформы, по А. Д. Архангельскому, характерны:

а) интенсивные тектонические движения с вариациями, особенно такие движения, которые обусловливают возникновение складчатости в слагающих их породах;

б) исключительные по мощности осадконакопления, доходящие до 15—20 *км*; накопление осадков чередуется с интенсивными подводными излияниями вулканических лав;

в) весьма широкое развитие вулканизма, проявившегося как в эффузивной, так и в интрузивной форме.

Все это приводит к более широкому развитию рудных и сопутствующих им нерудных месторождений в геосинклинальных областях. При этом решающее значение для геосинклинальных областей приобретают постмагматические месторождения, связанные с кислыми интрузиями, широко развитыми в этих условиях.

Основные черты геологического строения и история геологического формирования платформ и геосинклиналей хорошо изучены и описаны в работах многочисленных советских геологов (А. Д. Архангельский, Н. С. Шатский, В. В. Белоусов, А. А. Полканов и др.).

Рассматриваемые вопросы детально освещены в существующих учебниках по геотектонике (В. В. Белоусов), исторической геологии (Н. М. Страхов), геологии СССР (А.Д. Архангельский и А. Н. Мазарович). Поэтому здесь мы ограни-

чимся рассмотрением только некоторых черт, представляющих интерес в металлогении.

Платформы и геосинклинали резко различаются интенсивностью геологических процессов, особенно тектонического — ведущего фактора, влияющего на весь ход геологического развития.

Особенно сильна разница между ними с точки зрения металлогении как результат происходивших в различных условиях геологических процессов. Эти различия состоят прежде всего в широком развитии постмагматических месторождений в геосинклиналях и магматических, особенно ликвационных платформах.

Морские осадки и в связи с этим осадочные месторождения широко развиты в геосинклиналях.

Среди осадочных месторождений, возникших в платформенных условиях и входящих в верхние неметаморфизованные комплексы, можно указать на сравнительно ограниченные по мощности континентальные бокситы в песчано-глинистых породах и на озерно-болотные железные руды. В переходных к геосинклиналям зонах образуются мощные марганцевые районы.

Для геосинклиналей характерно значительное распространение эффузивных излияний и интрузий кислых гранитоидов, которые нередко определяют металлогенический облик постмагматических провинций. В меньшей мере развиваются интрузии основных магм и связанная с ними металлогения, причем внедрение последних характерно для начального этапа развития геосинклинали.

В металлогеническом отношении большой интерес представляет стадийность в развитии геосинклиналей и платформ. Особенно отчетливо стадийность развития со своеобразным магматизмом и металлогеническим процессом намечается для геосинклиналей.

В трудах советских геологов впервые разработан вопрос о закономерностях развития и строения геосинклиналей и платформ и определена стадийность развития, взаимосвязь различных явлений, происходящих в этих геоструктурных зонах земной коры.

Установлено, что складкообразование, магматизм, эндогенная металлогения и другие процессы, закономерно связанные между собой, представляют различные этапы или формы единого процесса развития. Поэтому следует рассматривать их в целом, что позволит определить место рудного процесса в историческом развитии конкретных участков земной коры.

Одновременно советские геологи показали неравномерность развития в пределах каждой из данных геоструктурных единиц, а также выявили сопоставимость их. Следовательно, сравнительное изучение как геосинклиналей, так и их отдельных частей имеет большое значение. В настоящее время с применением метода структурно-фациального анализа наиболее детально изучены геосинклинальные области и выявлена для них стадийность развития. Рассмотрим этот вопрос более подробно.

Работами советских геологов отчетливо доказано, что на раннем этапе развития геосинклинали, когда в тектоническом движении преобладает опускание, в геосинклиналь внедряется главным образом основная магма и изливается подводная лава. На данном этапе исключительно развиты морские фации. Континентальные и лагунные осадки не имеют серьезного значения.

В генетической связи с магматизмом первого этапа находятся месторождения хромитов, титаномагнетитов, платины и платиноидов. Эффузивные процессы приводят, по-видимому, к формированию эффузивно-осадочных месторождений меди, свинца и цинка, которые в последующих этапах метаморфизуются с образованием медно-колчеданных месторождений.

Таким образом, первый этап геосинклинального развития (эндогенный процесс) характеризуется значительным образованием собственно магматических (гистеромагматических и сегрегационных) месторождений, определяющих металлогенический облик первого этапа и районов развития этого этапа.

В конце первой и начале второй стадий, одновременно с наиболее интенсивным складчатым образованием формируются различные мощные по масштабу гранитоиды, образующие батолитовые и иные крупные интрузивные тела. Металлогения этой стадии также своеобразна: исключительно развит класс постмагматических месторождений, генетически связанных с гранитоидами. Широко развиты метаморфический и метасоматический процессы.

Деятельность многофазных тектонических процессов в описываемой стадии вызывает такую же многофазность магматических явлений, что, в конечном счете, влияет на металлогению второго этапа. Поэтому провинция, где магматические процессы развиты по более сложной схеме, одновременно бывает сложнее в металлогеническом отношении.

Заключительный этап в развитии геосинклиналей характеризуется широким становлением малых интрузий с пест-

рым составом от основных до кислых с переходом в щелочные породы. Ю. А. Билибин с этим этапом связывает возникновение золоторудных месторождений и полиметаллической минерализации, которые нередко размещаются вблизи этих малых интрузий.

В приведенной схеме геосинклинального развития намечена общая тенденция, которая может меняться в различных провинциях.

В платформенных областях осадки, возникшие в условиях платформенного режима и образующие верхний комплекс пород, залегающих на нижнем геосинклинальном комплексе с резким несогласием, также претерпевают складчатость, магматизм и метаморфизм со слабым развитием постмагматических процессов. Поэтому для платформ можно различать металлогению геосинклинального, т. е. доплатформенного, развития с древними глубоко эродированными интрузиями гранитоидов (создающих пегматитовые и другие месторождения с редкими и цветными металлами) и собственно платформенный этап, когда в верхних комплексах концентрируются осадочные месторождения и интрузии основных пород, образующие силлы и лакколиты со своеобразными месторождениями медно-никелевых руд.

Таким образом, в исследованиях советских геологов показаны взаимосвязь и взаимообусловленность всех геологических процессов, происходящих в платформах и геосинклиналях, а также особая роль стадийности. Одновременно выявлена неравномерность в развитии не только этих крупных геоструктурных единиц, но и входящих в их состав провинций и рудных районов.

Дальнейшие детальные изучения позволят еще более конкретизировать стадийность геологического развития, а в связи с этим и металлогении каждого этапа.

Сравнительная характеристика «внешних» и «внутренних» зон геосинклиналей

С. С. Смирнов, разрабатывая металлогению Тихоокеанского рудного пояса, выделил две зоны — «внутреннюю» и «внешнюю», отличающиеся по геологическому строению, магматизму, металлогении. Позднее Ю. А. Билибин, развивая эти представления, расширил понятия и обосновал зоны как геохимические типы орогенических зон. Выделение данных типов имеет большое значение для познания металлогении геосинклинальных областей. Поэтому мы рассматриваем их,

сохраняя содержание, вложенное С. С. Смирновым и Ю. А. Билибиным.

Как показал Ю. А. Билибин, «внутренняя» и «внешняя» зоны, намеченные С. С. Смирновым для Тихоокеанского рудного пояса, выделяются и в других провинциях. Ю. А. Билибин использовал этот принцип для расшифровки районов с более древними складчатыми сооружениями, в частности для Урала, обособив в пределах последнего «внешнюю» зону — западный склон и «внутреннюю» — восточный склон Урала. В качестве примера «внутренней» зоны он приводит Скандинавский металлогенический пояс (каледониды Норвегии). Саянский металлогенический пояс он также относит к типу «внутренних» зон, а герцинскую складчатую структуру средней и западной Европы — к типу «внешних».

Ю. А. Билибин отметил, что для «внутренних» зон характерно:

1) обилие излияний офиолитовой формации;

2) широкое развитие интрузий основных и ультраосновных пород;

3) чередование интрузивной и эффузивной деятельности;

4) слабое развитие средних и кислых пород с явным преобладанием натрия над калием (диориты и плагиограниты интрузий Урала, Алтая, Саян и Кавказа);

5) более узкая локализация во времени и пространстве кислых пород (по сравнению с другими), отвечающих одной или двум последним фазам складчатости. В качестве примера он указывает на Урал, где калиевые гранитоиды, не связанные генетически с основными породами, проявились в верхнем карбоне и только в определенном, наиболее глубоком прогибе, — вдоль восточного склона;

6) значительное развитие щелочных пород. Правда, местами они развиты слабо и Ю. А. Билибин объясняет это тем, что магматизм рассматриваемых районов «еще не достиг в своей эволюции стадии проявления щелочных магм».

Металлогения данных зон определяется чаще магматическими, скарново-рудными, реже гидротермальными месторождениями, содержащими следующие металлы: главные — платина и платиноиды, хром, титан, никель, железо, медь, второстепенные — молибден, кобальт, ртуть, мышьяк. Цинк и мышьяк чаще всего встречаются в колчеданных залежах, а золото и серебро — в эпитермальных месторождениях (Трансвааль, Турция, Новая Зеландия).

Для «внешних» зон Ю. А. Билибин отмечает следующие особенности:

1) в подготовительном этапе излияние основных и средних лав с натриевыми дифференциатами, в количественном отношении меньше, чем во «внутренних» зонах. Они приурочены к отдельным участкам. Ю. А. Билибин приводит в качестве примера герцинскую складчатую зону Монголии, западный склон Урала, мезокайнозойскую складчатую зону Восточной Азии.

2) слабо развиты интрузии основных и ультраосновных пород и широко — интрузии калиевых гранитоидов, возникающих в связи с несколькими фазами складчатости.

3) в металлогеническом отношении для этих зон характерно широкое развитие месторождений вольфрама и олова. Примерами могут служить месторождения мезокайнозойской складчатой области Восточной Азии, Рудных гор, Корнуэлла, Пиренейского полуострова. Значительно распространены месторождения свинца и цинка. Причем они более молодые, чем вольфрамо-оловянные, и образуют жильные рудопроявления, или месторождения замещения в известняках, или скарново-рудные (Дальний Восток и др.). Ртуть, сурьма и мышьяк создают крупные промышленные месторождения.

4) Ю. А. Билибин отмечает, что положение железа, меди и золота в описываемой зоне изменчиво, поэтому он рекомендует выделить в ней два подтипа: Западно-Европейский со слабой оловянно-вольфрамовой и золото-молибденовой минерализацией. Здесь широко развиты месторождения меди, свинца, цинка и серебра. Характерно также наличие сидеритовых и гематитовых месторождений; Восточно-Азиатский, где месторождения меди практически отсутствуют, а скарново-магнетитовые месторождения редки. В противоположность Западно-Европейскому подтипу очень много золото-молибденовых и вольфрамо-оловянных месторождений. Указанные подтипы различаются также по содержанию нерудных минералов.

В Восточно-Азиатском подтипе главные нерудные сопутствующие минералы — кварц, турмалин и хлориты, главный минерализатор — бор; в Западно-Европейском — кварц, барит, флюорит.

Как видно из изложенного, отличие магматизма и рудообразования настолько отчетливо, что выделение в геосинклинальных областях «внутренних» и «внешних» зон с их детализацией имеет большое металлогеническое значение.

Глава IV

МЕТАЛЛОГЕНИЯ ЭПОХ И ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПЕРИОДОВ

Расчленение металлогенических процессов во времени

Металлогеническая эпоха — отрезок геологического времени (эра, период, отдел и др.), когда благодаря особым, свойственным данному этапу условиям развития формируются осадочные породы, различные структуры и тектоно-магматические комплексы, создающие металлогенический облик отдельных территорий.

В. А. Обручев в своих исследованиях придавал исключительное значение выделению металлогенических эпох. В монографии по металлогении Сибири (1926), затем в первой части своего учебника по рудным месторождениям (1928) он попытался расчленить и кратко описать металлогенические эпохи для Сибири и всего земного шара. При этом под металлогенической эпохой он понимал периоды, благоприятные для образования тех или иных полезных ископаемых.

В. Линдгрен также кратко описал металлогенические эпохи и провинции мира в третьем издании своего учебника по минеральным месторождениям (1928, русский перевод—1935). Эту же проблему рассматривал в своей капитальной работе другой американский геолог Батеман. Но он не внес ничего нового в те представления, которые нам были известны по работам де Лонэ, В. А. Обручева, В. Линдгрена и др.

Возрастное расчленение металлогенических процессов — важнейшая часть региональных исследований. Это объясняется тем, что на земном шаре отдельные провинции и рудные районы формируются в определенные стадии геологического развития данной территории, благоприятные для рудоотложения, хотя тектонические и другие геологические

процессы происходят беспрерывно. На отдельных участках Земли бывают геологические периоды, для которых характерно сочетание во времени магматизма, тектоногенеза и рудообразования, что приводит к формированию металлогенических эпох, свойственных данному периоду геологического развития.

К изучению металлогении эпох можно подойти с разных сторон, в зависимости от размера и характера исследуемой территории. При рассмотрении важнейших черт металлогении мира в основе такого исследования должно лежать обобщение материалов по геологоструктурным эпохам формирования геосинклиналей и платформ как крупных геоструктурных единиц земной коры. В этом случае необходимо рассматривать в качестве самостоятельной эпохи докембрийские этапы развития земной коры — этап формирования древних платформенных областей, а более поздние металлогенические процессы, происходившие на платформах, отнести к более поздним металлогеническим эпохам.

Для геосинклинальных областей, в соответствии с существующими тектоническими представлениями, следует рассматривать металлогению каледонской, герцинской и альпийской (мезокайнозойской) эпох раздельно.

При изучении отдельных провинций и рудных районов в пределах геосинклиналей и платформ правильнее опираться на выделение тектоно-магматических комплексов. Для провинций и рудных районов с осадочными месторождениями в основе расчленения металлогенических процессов должны лежать геологические периоды.

В некоторых частях рудных районов при возрастном делении металлогенических процессов для эндогенных месторождений достаточно выделить магматические фазы, а для осадочных необходимо более дробное деление геологических периодов.

Следовательно, в основе возрастного расчленения эндогенных металлогенических процессов лежат тектонические и тектоно-магматические принципы, а осадочных — геологические периоды и их дробление.

Металлогенические эпохи

В соответствии с существующими тектоническими представлениями в истории земной коры выделяются четыре этапа геоструктурного развития, в результате которых создаются следующие геост-

руктурные единицы континентов: платформы, каледониды, герциниды, альпиды. Каждая из этих геоструктурных единиц характеризуется своими металлогеническими особенностями, соответствующими их геологическому развитию, эпохам, проявлениям тектонических и магматических процессов. Таким образом, в основе рассмотрения металлогении всего мира и в наиболее крупных возрастных расчленениях металлогенических процессов должны лежать именно эти четыре металлогенические эпохи. Однако следует указать, что формирование каждой из вышеперечисленных геоструктурных единиц — длительный процесс, охватывающий несколько этапов геологоструктурного развития. Поэтому, говоря о герцинской или других эпохах, нужно иметь в виду лишь эпоху последнего мощного складкообразования, магматизма и рудообразования, которые в конечном счете определяют металлогенический облик данной геоструктурной единицы. В литературе существует более дробное деление металлогенических эпох. В частности, В. А. Обручев (1926) для Сибири выделил шесть эпох: архейскую, эозойскую, каледонскую, герцинскую, тяньшанскую, мезокайнозойскую. Позднее, в своем учебнике (1928), первые две он объединил в докембрийскую, сохранив каледонскую, герцинскую, но разделил мезокайнозойскую на мезозойскую, третичную и четвертичную эпохи.

Довольно спорно положение альпийской эпохи. Как известно, к ней (в широком понимании) большинство геологов относит все тектонические движения мезозойского времени. Между тем на отдельных участках земной коры складкообразование и магматическая деятельность или почти закончились в мезозойское время (Китай), или происходят в основной своей массе в третичную эпоху (Альпы, Гималаи и др.). В связи с этим некоторые исследователи региональной геологии делят области проявления альпийского тектоногенезиса на собственно альпийскую и на районы, сформировавшиеся в мезозойское время. Так, китайский геолог Хуан-Бо-цин для металлогении альпийской эпохи Китая выделяет два цикла: яньшанский, относящийся по времени к верхнекиммерийской эпохе, с мощными проявлениями магматизма и эндогенной металлогении; гималайский, охватывающий третичную эпоху и влияющий на формирование осадочных комплексов. Несмотря на это в данной работе мы решили сохранить широкое понимание альпийской эпохи как эпохи геологоструктурного развития Земли в течение мезокайнозойского времени. Однако в литературе крайне упрощают данный вопрос, когда проявление металлогенических процессов

всего мира относят к одному этапу геологоструктурного развития и металлогенических эпох. В частности, Шнейдерхон (1952) признал почти единственным металлогеническим этапом для всех складчатых областей мира варисский, т. е. герцинский этап развития. Он отметил, что «со времени кембрия имел место только один, или вернее, два главных первичных металлогенических орогенезиса». По его мнению, почти для всех складчатых областей мира характерен позднепалеозойский — варисский металлогенезис. Каледонский этап он считает только предшественником варисского, не имевшим никакого значения в формировании металлогенического облика отдельных провинций, а альпийский этап — стерильным в отношении новой металлоотдачи. Послегерцинский (мезозойский) металлогенический орогенезис Шнейдерхон допускает только для Тихоокеанской складчатой зоны. При этом он не отрицает возможности проявления магматизма в более поздних (чем герцинский) этапах развития земной коры. Однако флюиды, выделяющиеся из этих магм, «свободны от металлов», и роль их сводится к переотложению металлов, созданных герцинской эпохой. В связи с этим, по его мнению, образуются своеобразные «регенерированные» месторождения альпийского возраста. Этот принцип исследователь положил в основу новой классификации рудных месторождений.

Упрощенное представление Шнейдерхона о развитии металлогенических эпох мира подвергнуто критике в советской печати М. М. Константиновым (1953). Поэтому на детальном рассмотрении ошибочности отдельных положений Шнейдерхона не будем останавливаться.

На основании материалов советских геологов по металлогеническим провинциям СССР и китайских — по территории КНР, а также данных геотектоники можно понять большое значение как догерцинских, так и послегерцинских металлогенических эпох мира, в основе которых лежит геологоструктурное деление земной коры. Исходя из этого последнего принципа, рассмотрим основные черты следующих металлогенических эпох как результат геологоструктурного развития земной коры.

В докембрийскую эпоху возникли огромные по площадям развития платформы, т. е. области докембрийской складчатости, магматизма и металлогении. В этих областях докембрия складчатый фундамент покрывается слабо дислоцированными, нередко маломощными отложениями палеозойской, мезозойской и кайнозойской эр. Мощность покровов местами настолько незначительна, что на отдельных

участках платформы докембрийский фундамент выходит на поверхность и образует щиты. Платформы среди геоструктурных единиц Земли наиболее развиты и занимают значительные площади (Сибирская и Русская, Канадская, Африканская, Бразильская и др.).

Как известно из курса исторической геологии и геотектоники, для геологического строения платформенных областей характерно участие сильно метаморфизованных древних толщ докембрия с глубоко эродированными интрузиями кислых пород, нередко с широко развитыми участками гранитизации в контактовых ореолах. Все эти образования покрываются слабо дислоцированными, маломощными, сравнительно молодыми осадочными породами.

В металлогеническом отношении платформы занимают особое место благодаря широкому развитию в толщах докембрия железорудных месторождений, ликвационных медно-никелевых руд и золоторудных месторождений.

Северо-Американская платформа занимает огромную территорию и является классической провинцией развития докембрийского металлогенезиса. Она окружена не менее классическими молодыми Кордильерской и Аппалачской складчатыми зонами.

В геологическом строении этой платформы решающее значение имеют отложения докембрия. Так, в районе Великих озер развиты два комплекса слабо метаморфизованных археозойских пород, прорванных интрузиями гранитов (Лаврентьевских и Альгоманских), а в районе г. Квебек широко развиты сильно метаморфизованные образования, представленные кристаллическими сланцами, парагнейсами и гранитами. На территории рассматриваемой платформы значительно распространены пегматиты, занимающие промежуточное положение между гранитами и гнейсами. Мощность докембрийских отложений измеряется несколькими тысячами метров, и среди них наибольшей обладают отложения нижнего протерозоя (гуронская система). На севере данной территории докембрийский фундамент выходит на поверхность и образует Канадский щит, занимающий около двух третей Северо-Американской платформы.

Палеозойские и мезокайнозойские отложения также широко распространены. Мощность их изменчива: от маломощного чехла в несколько сотен метров до нескольких тысяч метров в местах опускания. В этом отношении большой интерес представляет впадина Анадарко-Ардмор, где наблюдаются исключительные по мощности осадочные образования. Достаточно сказать, что суммарная мощность палеозойских

осадков составляет около 16.000 *м*. Разумеется, это — исключительное и редкое явление для платформенных областей.

В Северо-Американской платформе широко развит металлогенезис, связанный с докембрийской эпохой. Особенно следует отметить железорудные месторождения, образующие крупные рудные районы (Верхнее озеро и др.). Они представлены железистыми кварцитами и залегают среди нижнепротерозойских отложений. Другой пример, также характеризующий металлогению этой платформы, медно-никелевый район Седбери в Канаде. Здесь норитовый лакколит, с которым связана рудная минерализация, залегает среди нижнепротерозойских отложений района и сечется жилами гранитов, имеющих также докембрийский возраст. В металлогении рассматриваемой территории очень интересны многочисленные медные месторождения (Верхнее озеро, шт. Мичиган). Здесь самородная медь приурочена к конгломератам и мощным эффузивам также протерозойского возраста. Кроме того, известны и другие медные месторождения (Джером, Аризона, Норанд, Квебек).

Особо следует отметить широкое развитие золоторудных месторождений в ассоциации с медью, серебром и др. Достаточно указать, что только в районе Онтарио открыты 33 золоторудных месторождения. Как видно из приведенного, Северная Америка является классической провинцией проявления докембрийского металлогенезиса.

Вторая крупная платформа — Африканская, разделяющаяся на две крупные провинции: Северную — Сахаро-Аравийскую и Южную — Южно-Африканскую. По геологическому строению указанные провинции существенно отличаются друг от друга.

На территории Северной провинции наблюдаются значительные покровы осадочных пород почти всех систем, а в Южной — докембрийский фундамент выходит на поверхность и только в отдельных котловинах встречаются осадочные образования.

Археозойские породы Южной Африки представлены гнейсами и различными кристаллическими сланцами и прорывающими их мощными интрузиями гранитов. На этих образованиях несогласно залегают осадки нижнего протерозоя, сложенные кварцитами и конгломератами, которые, в свою очередь, покрываются эффузивными породами основного состава (диабазами). Далее идут конгломераты, песчаники с железными рудами верхнего протерозоя. Все эти образования перекрываются основными и ультраосновными породами знаменитого бушвельдского комплекса.

В Северной провинции докембрийские породы также состоят из гнейсов и гранитов, покрытых чехлом палеозойских и мезокайнозойских отложений значительной мощности.

Металлогения Африканской платформы, особенно Южной провинции, довольно своеобразна. Кроме крупных осадочных месторождений железных руд, с отложениями докембрия, в частности, с конгломератами нижнего протерозоя, связан крупный золотоносный район Трансвааля и Родезии. Как конгломераты, так и золото образуются в результате разрушения пород, в частности, золотосодержащих кварцевых жил. Характер эндогенного рудообразования определяют крупные массивы гранитов бушвельдского комплекса. С ним связаны месторождения платины и платиноидов, хромита, в небольшом количестве — медь, золото и никель.

В Южной Африке известны крупнейшие месторождения берилловых пегматитов с танталом и ниобием.

В Австралии с докембрийской эпохой рудообразования связаны осадочные железные руды (северо-западная часть Австралии), крупные золоторудные месторождения (шт. Виктория). В платформенных областях Индии к протерозойским свитам приурочены пластовые месторождения железных руд, образующие крупный железный пояс. В Южной Америке месторождения железа, марганца и золота типичны для докембрия (Бразилия, Колумбия).

Европейская часть Русской платформы в металлогеническом отношении характеризуется значительным развитием магнетитовых руд типа Кируна, месторождениями золота, меди и в небольшом количестве полиметаллов (Фенно-Скандинавский щит).

Для территории Советского Союза докембрийская эпоха также имеет огромное значение. Золоторудные районы Сибири, эндогенные медно-никелевые и железорудные районы Европейской части, бокситовые месторождения Восточного Саяна образовались в результате развития докембрийского магматизма и осадконакопления.

Из изложенного следует, что в происхождении и распределении в мире месторождений железных руд, золота, никеля, меди решающую роль играла докембрийская металлогеническая эпоха. Эти металлы в известной мере определяют металлогенический облик платформы. Одновременно мы должны отметить широкое развитие металлогенезиса, связанного с данной эпохой.

Каледонская эпоха относится к нижнепалеозойской складчатости (кембрий, силур), образующей каледони-

ды. В районе развития этой складчатости породы докембрия и силура сильно дислоцированы, смяты в складки и прорваны многочисленными интрузиями.

По геологическому характеру каледониды очень мало отличаются от платформ. Они, как и платформы, имеют двухъярусное строение, нередко складчатый фундамент покрывается слабо дислоцированным чехлом осадочных пород среднего и верхнего палеозоя и мезокайнозоя. Причем мощность и наличие молодых отложений на каледонидах зависит от того, насколько ниже данная местность. Рудопроявления каледонской металлогенической эпохи мы отчетливо наблюдаем в области каледонской геосинклинали, в значительно меньшем масштабе — на некоторых платформах.

Как известно, островные части Северо-Западной Европы являются типичными каледонидами. В частности, каледонской складчатостью охвачены Великобритания и Ирландия (за исключением южных частей Англии), Норвегия и о. Шпицберген.

В геологическом строении каледонид Норвегии решающее значение имеют отложения нижнего палеозоя (кембрия — силура). Нижний палеозой здесь образует полный разрез и имеет мощность 8000—10000 *м* (центральная часть каледонид). В пограничных с платформами районах мощность осадков незначительна, например, в районе г. Осло мощность кембрия составляет около 60 *м*.

Отложения кембрия и силура сильно метаморфизованы и прорваны огромными массивами основных и кислых изверженных пород. Среди осадочных метаморфизованных пород широко развиты слюдистые сланцы с графитом кембрия, известняки и граптолитовые сланцы силура.

Изверженные породы представлены наиболее древними интрузиями габбро, приуроченными к кембрию и началу силура; бергенскими (развиты в районе г. Берген) интрузиями габбро и норитов нижнего силура; интрузиями кислых гранитоидов, также относящихся по времени к нижнему силуру; верхнесилурийскими интрузиями гранитоидов.

Эндогенную металлогению Норвегии определяют вышеперечисленные интрузивные комплексы. В частности, с интрузиями основных и ультраосновных пород связаны месторождения никеля и меди (Эвтве, Хосангер), титаномагнетитов (Южная Норвегия), хрома и ванадия; с кислыми интрузиями — месторождения молибдена (Кнабен) и в небольшом количестве пегматитов с редкими металлами. Широко распространены колчеданные месторождения с незначительным содержанием цинка, свинца и кадмия.

На территории Великобритании нижний палеозой имеет огромную мощность и представлен всеми отделами кембрия и силура. Наличие толщ эффузивов и интрузий кислых пород среди нижнепалеозойских отложений свидетельствует о магматическом процессе, происходившем в геосинклинальном этапе развития данной территории. В отличие от каледонид Норвегии для Великобритании характерно слабое развитие метаморфизма пород нижнего палеозоя, интрузивных процессов (небольшие и средние массивы габбро-норитов и гранитов) и каледонского металлогенезиса.

К каледонской эпохе относится крупный железорудный район Северной Швеции (Нарвик). Причем железорудные месторождения в нем связаны с интрузиями основных пород.

В Европе с каледонской эпохой связываются еще несколько районов развития железных и других образований. В частности, осадочные железорудные месторождения Тюрингии приурочены к нижнему силуру.

Среди мощных осадочных отложений каледонской эпохи широко распространены фосфориты (в хр. Каратау в отложениях нижнего кембрия, в Салаире — в силурийских отложениях), а в Восточном Саяне в осадках среднего кембрия — бокситы. Интересно отметить, что огромное скопление железа, наблюдавшееся в докембрийских толщах, в каледонскую эпоху играет третьестепенную роль. Только в отдельных местах отмечены морские оолитовые шамазит-гидрогетитовые руды (Европа).

В отношении эндогенной металлогении каледонская эпоха еще менее интересна, чем другие. Как видно из вышеприведенного, она существенно повлияла только на металлогенический облик Норвегии.

Каледонская металлогеническая эпоха имеет большое значение для Советского Союза, особенно для Урала, Казахстана, Сибири. В частности, к ней приурочено образование золоторудных и магнетитовых месторождений Северного Казахстана, медных месторождений Бошекула, оловянных — Улутау (П. Н. Кропоткин). Сюда же относятся хромитовые и колчеданные месторождения; платиноносные габбро-перидотитовые интрузии Урала также связаны с каледонской эпохой (Сергиевский).

Г. А. Падалка некоторые месторождения золота и молибдена Забайкалья также относит к каледонской эпохе.

В Средней Азии к описываемой эпохе относятся небольшие скарново-грейзеново-редкометальные образования Северной Киргизии.

В герцинскую эпоху создаются герцениды земной ко-

ры — области верхней палеозойской (девон—пермь) складчатости и магматизма. Герциниды широко развиты; к ним относятся главнейшие металлогенические провинции и рудные районы земного шара: это огромная по территории и исключительная по значению Урало-Тяньшанская геосинклинальная область, Аппалачская (Америка), Восточно-Европейская, Южно-Бразильская и другие верхне- и среднепалеозойские геосинклинали. В этих областях сильно дислоцирован весь палеозой. Он метаморфизован и прорван различными как по составу, так и по возрасту интрузиями. Только в пониженных местах на дислоцированном фундаменте герцинид залегают мезокайнозойские образования, в пограничных зонах (с альпидами) также в какой-то мере дислоцированные.

Отношение герцинской складчатости к более древним структурам, в частности к каледонскому фундаменту, не всегда отчетливо. Едва ли можно провести резкую грань и доказать наличие каких-то длительных перерывов в непрерывном развитии Земли. Наоборот, материалы по важнейшим провинциям указывают на существование связи в развитии различных эпох, что многие современные герциниды (такие, как Урал) начали формироваться еще в каледонскую эпоху. Однако последней и наиболее мощной, превратившей Урал в огромную складчатую страну с исключительным развитием магматизма, была герцинская, и металлогенический облик Урала связан именно с этой эпохой. Известно также, что герцинская складчатость отмечена во многих альпийских геосинклинальных областях, например, в Кордильерах, однако она не сумела превратить эти геосинклинальные зоны в складчатые.

Исследованиями Н. С. Шатского, П. Н. Кропоткина и др. (1936—1947) в Казахстане выявлено, что герцинский орогенезис унаследовал каледонский структурный план и развивал, расширяя и усложняя эмбриональные синклинории и антиклинории, заложенные в каледонское время, изменяя их лишь в деталях. Следовательно, там, где герцинской эпохе предшествовало каледонское складкообразование, они развивались в основном по одному и тому же плану. Этот вывод очень важен не только для познания геологического развития отдельных районов, но и металлогении их, в частности для возрастного расчленения магматических образований и связанных с ними рудных месторождений. Наиболее интенсивно герцинская складчатость с интрузиями локализуется более или менее широкими полосами по периферии района, хотя и не оконтуривает их целиком.

В областях герцинской складчатости широко развиты мощные морские фации. Но одна из важных особенностей герцинской эпохи — значительное развитие континентального осадконакопления и тесно связанных с ним лагунных фаций. Большое значение в геологическом разрезе приобретают эффузивы.

Из осадочных рудопроявлений в угленосных свитах отмечаются каолиновые глины, сидеритовые железные руды (западный склон Урала, Европа).

Необходимо подчеркнуть широкое развитие бокситов в герцинскую эпоху. Крупнейший бокситовый Северо-Уральский район по возрасту относится к девону. Бокситы залегают в известняках верхнего лудлоу, постепенно переходят в известняки эйфельского яруса (А. Н. Ходалевич). Рудная залежь имеет пластообразную форму с очень неровной нижней и плоской верхней поверхностями. Здесь выделяются: пестроцветные слоистые бокситы, образующие верхнюю часть залежи; темно-красные неслоистые бокситы; бокситовая брекчия небольшой мощности, местами залегающая в основании.

Другой бокситовый район, также морского происхождения, находится на Южном Урале. Здесь все бокситы одного возраста и связаны с известняками франского яруса. К этой же металлогенической эпохе относятся мощные бокситовые образования Тихвинского рудного района, где значительно развиты нижнекарбоновые континентальные осадки, богатые залежами бокситов и бокситовых пород.

Металлогенический облик герцинид огромной территории Азии, Европы, Америки и других материков определяется магматизмом этой эпохи. Месторождения олова и вольфрама Франции, Испании, Саксонии, золото-серебряные месторождения Испании и Франции, знаменитые пиритовые месторождения Рио-Тинто (Испания) своим образованием обязаны магматизму герцинской эпохи.

В качестве типичного примера развития магматизма и металлогении герцинской эпохи можно привести нижеследующие данные по крупному рудному району Центральной Европы — Рудным горам (Саксония). Как известно, Рудные горы — район развития допалеозойских и палеозойских отложений, герцинской складчатой структуры и магматизма. Здесь докембрийские метаморфические сланцы и гнейсы, перекрывающиеся породами карбона, прорываются интрузиями гранитоидов, первая фаза которых внедрилась в верхнем карбоне и по составу соответствует сиенитам и гранитам. В дальнейшем в геологической истории данного района магма-

тические процессы приобретают особое значение: внедряются близповерхностные «штоки» порфиров, в свою очередь прорывающиеся жильными гранит-порфирами и еще более молодыми штоками гранитов, насыщенных минерализаторами. Геологическая структура района в целом оформилась в герцинское время, когда были созданы не только новые, но и осложненные древние структуры докембрия.

Сложный магматизм и его кислый характер, литологические особенности вмещающих пород с преобладанием в их составе кристаллических сланцев и гнейсов привели к формированию этого участка земной коры как типичного олово-вольфраморудного района. Среди рудных месторождений выделяются следующие типы:

1) скарново-магнетитовые месторождения (Шварценберг) со значительным содержанием касситерита, арсенопирита, пирротина и с многочисленными минералами, содержащими летучие компоненты (турмалин, апатит, флюорит и др.);

2) различные по составу оловянно-вольфрамовые месторождения;

3) жильные месторождения полиметаллические и никель-кобальт-висмутовые.

Среди перечисленных наиболее интересны оловянно-вольфрамовые месторождения, определяющие металлогенический облик данного рудного района. Исходя из минералогического состава, среди них можно выделить: грейзенизированные зоны с касситеритом, богатые минералами, содержащими летучие компоненты (топаз, литиевая слюда) в гранитах (Альтенберг); кварцево-касситеритовые жилы с вольфрамитом, флюоритом в зонах грейзенизации (Циннвальд) гранитов; сульфидно-касситеритовые жилы, содержащие арсенопирит, халькопирит и реже галенит.

Почти все оловянно-вольфрамовые месторождения пространственно и генетически связаны с кислыми гранитами, богатыми летучими компонентами (оловоносные граниты отличаются повышенным содержанием бора, фтора и лития). В некоторых местах граниты не выходят на поверхность, однако установлено, что корки рудных жил уходят в граниты (Эренфридерсдорф).

Никель-кобальт-висмут-серебряные месторождения распространены сравнительно меньше и образуют маломощные гидротермальные рудные тела с довольно убогим содержанием вышеперечисленных элементов. Среди них выделяются два типа: барит-серебро-кобальт-висмутовый и кварц-кобальт-висмутовый. Генетическая связь их с интрузиями выяснена неполностью. Многие жилы находятся в кристал-

лических сланцах (Аннаберга, Мариенберга) вдали от больших массивов магматогенных пород, а жилы Шнееберга располагаются в контактовых зонах интрузивного массива.

Среди рудных месторождений Рудных гор значительный интерес представляют полиметаллические руды, богатые серебром и мышьяком (Фрайбергский округ). В этом районе выделено несколько формаций руд: пирито-галенитовая, свинцовая, флюорит-барито-свинцовая. Они залегают среди гнейсов на значительном удалении от интрузивных массивов.

К важнейшим особенностям металлогении Рудных гор относятся следующие.

1. Широкое развитие оловянной минерализации и довольно универсальное значение арсенопирита, встречающегося в составе всех месторождений.

2. Если олово, вольфрам, мышьяк, висмут и серебро проявляются на всей территории, то кобальт и никель концентрируются на западе Рудных гор, постепенно исчезая на востоке. Обратная картина наблюдается для свинца и цинка, количество которых быстро уменьшается с востока на запад.

3. Как для всего района, так и для отдельных месторождений установлена четко выраженная зональность в расположении рудной минерализации по отношению к интрузивному первоисточнику.

4. Исследователи указывают на наличие геохимической связи между отдельными генетическими и формационными типами отмеченных здесь рудопроявлений.

Рудный район Корнуэльс в Юго-Западной Великобритании с общеизвестными месторождениями меди и олова, генетически связанный с турмалиновыми гранитами, формировался в герцинское время.

Месторождения олова, вольфрама и золота Австралии, Китая и Новой Зеландии также связаны с проявлением герцинской складчатости и магматизма.

Хуан-Бо-цин обосновывает герцинский возраст Кам-Юньнанской рудной зоны. Рудная минерализация в этом районе представлена медным, свинцовым, цинковым, серебряным, никелевым и кобальтовым оруденением, локализующимся в породах от архейского до пермского возраста. Месторождения имеют варисский возраст, о чем свидетельствуют несколько убедительных доводов Хуан-Бо-цина.

Никелевые месторождения связаны с ультраосновными (перидотитовыми) интрузиями, медные — нередко с основными интрузиями и эффузиями (пермские базальты), магнетитовые (Цайцзуксу и др.) — с гранодиоритовыми интру-

зиями, прорывающими пермокарбоновые известняки, но не затрагивающие мезозойские отложения.

Выделяются две подпровинции: 1) подпровинция собственно Кам-Юньнанской оси характеризуется развитием докембрийских кристаллических сланцев, филлитов, граувакк (медные месторождения Имэнь, Дунцзуань, Цзаоцзя, Дунань, Юэхси, Инцзин, Тяньчдуань, Юншен, Пэнсянь; железные — Баньцзихуа, Маскуба, Луку и никелевые — Лимахэ и Сяогаунхэ); 2) медно-свинцовый субосевой район отличается развитием палеозойских пород. Здесь расположены свинцово-цинково-серебряные месторождения округов Дунчжуань, Лутянь и Пензи, в Юньнане, железорудные месторождения Вэйнин. Очень характерны медные руды в виде конкреций (Матоуцзу) в пермских гигантоптерисовых угленосных свитах (Юнцзинь, Сикан).

Герцинская металлогеническая эпоха играет существенную роль в формировании металлогенического облика многих провинций Советского Союза (Урала, Алтая, Казахстана, Средней Азии).

Из приведенных данных отчетливо видны некоторые особенности металлогении рассматриваемой эпохи. Прежде всего для нее характерно относительно слабое развитие осадочных месторождений. Исключение составляют сидеритовые руды карбона. Никель характерен для более ранних эпох, никакого значения в герцинских не имеет. Золото и хром тоже не являются специализирующими. Резко усиливается значение вольфрама, олова, свинца и цинка в металлогении многих провинций и рудных районов. Медь занимает особое место только в отдельных провинциях (в центральной части Урала, Тяньшанской геосинклинали). Она образует типичные гидротермальные месторождения и ассоциируется со свинцом, золотом и молибденом. Исключение, по-видимому, составляют пермские медистые сланцы Саксонии (Мансфельд), осадочный генезис которых доказывают многие исследователи.

Альпийская, или мезокайнозойская тектоническая эпоха имеет огромное значение в истории земной коры. В данный период образуются крупные геологоструктурные единицы — альпиды, или области альпийской складчатости (Средиземноморская и Тихоокеанская).

Альпийская зона исключительно важна для познания металлогении Советского Союза. В геологическом строении и металлогении Закарпатья, Кавказа, южной и юго-восточной частей Средней Азии, Дальнего Востока альпийская складчатость и магматизм являются решающими факторами.

Перечисленные важнейшие альпийские провинции Советского Союза—отдельные части двух крупных (Тихоокеанской и Средиземноморской) мезокайнозойских зон земной коры.

Тихоокеанская зона прослеживается по обоим берегам Тихого океана, создавая мощные мезокайнозойские складчатые структуры с магматизмом. Исключительно широко развиты разнообразные металлогенические, особенно эндогенные процессы. Средиземноморская, или Евразийская зона, проходит вдоль всей южной части Европы, а в Азии с севера и востока окаймляет Индостанскую платформу. В этой зоне альпийской складчатости слабее (по сравнению с Тихоокеанской) развиты эндогенный металлогенезис и магматические процессы.

По возрасту, как известно, альпиды являются мезокайнозойскими, и местами их формирование продолжается до сегодняшнего дня.

Альпийский складчатый процесс еще не закончен, хотя на отдельных участках, в частности в Америке, молодые отложения не затронуты складчатостью, что позволяет некоторым геологам предполагать окончание альпийского этапа для этих участков земной коры. В большинстве же районов альпийской складчатостью охвачен весь стратиграфический разрез земной коры. Альпийская орогения деформирует древние платформы, осложняет структуру каледонид и герцинид и, наконец, создает мощные складчатые структуры в областях развития альпийской геосинклинали. Этот новый этап в геоструктурном развитии земной коры не только создает новые структуры, но и вносит много нового в старую схему, придавая ей новые черты и особенности. Так, одна из характерных особенностей альпийской эпохи — широкое развитие вулканизма в платформенных областях. Известны мощные трапповые извержения юрского возраста в Африке и Южной Бразилии, грандиозные излияния траппов Индостанской платформы.

Н. М. Страхов[1] в тектоническом развитии земной коры в альпийское время выделяет три периода: начальный, охватывающий триас, характеризуется относительно слабым проявлением тектонических процессов (акты локального значения); срединный, более длительный (юра—палеоген), отличается трехкратными обширными медленно и сложно протекавшими погружениями геосинклиналей и платформ, а также первыми крупными складкообразовательными движе-

[1] Н. М. Страхов. «Основы исторической геологии», Госгеолиздат, 1948.

ниями. Заключительный период, протекавший в конце палеогена и неогена, вызывает новые всеобщие поднятия, а также значительные и частые складкообразования, окончательно формирующие альпийские структуры. Мощные тектонические движения альпийской эпохи вызывали не менее мощные магматические процессы, обусловившие широкое развитие и разнообразие эндогенной металлогении многих провинций и рудных районов.

Альпийский металлогенезис имеет большое значение в развитии как эндогенной, так и экзогенной металлогении. Прежде всего на огромной территории Европы происходит трансгрессия моря и отложение оолитов железных руд в Центральной Европе, Англии и в других странах. В области Средиземноморской трансгрессии развиты крупные месторождения серы и фосфатов в третичном периоде.

В экзогенном металлогенезисе альпийской эпохи особое место принадлежит бокситам, так как многие крупнейшие зарубежные бокситовые районы и провинции по времени образования относятся к этому возрасту. Так, в альпийской Средиземноморской складчатой зоне, протягивающейся вдоль Южной Европы, концентрируются обширные бокситовые районы. Они залегают в складчатых мезозойских и третичных образованиях описываемой зоны. По генетическому типу среди них преобладают морские месторождения, реже встречаются озерные и еще реже латеритовые. Эти месторождения прослеживаются вдоль всей Средиземноморской зоны, начиная на западе с южных районов Испании, Франции, через Италию, Албанию, Югославию, Грецию и далее к юго-востоку — на островах Эгейского моря и побережье Малой Азии. Однако распределяются они неравномерно, более или менее концентрированные районы образуются на юге Франции и вдоль восточного берега Адриатического моря (Триест, Черногория).

Бокситовый район восточного берега Адриатического моря наиболее крупный в Европе. Бокситы здесь диаспоровые, морские, связанные с карбонатными толщами мезозоя и третичной системы. Карбонатные горизонты очень мощные, нередко достигают тысячи метров, формировались в течение длительного периода — от верхнего триаса до палеогена включительно. Все известные бокситовые месторождения также укладываются в этот возрастной предел. Среди карбонатных пород бокситы образуют следующие типы залежей: пластообразные (наиболее распространены первичные, протяженность их весьма различна, иногда измеряется несколькими километрами); карманообразные (также многочислен-

ны, образуются в результате первичного заполнения не соединяющихся друг с другом впадин на морском дне); россыпи (формируются при разрушении первых двух типов).

Из других зарубежных бокситовых районов следует отметить:

1) районы Индии, где бокситы связаны с латеритовыми образованиями. По происхождению здесь различают бокситы выветривания, залегающие на коренных породах, из которых они образовались, а также озерные, речные и морские. По возрасту все они не древнее палеогена;

2) районы Африки — бокситы здесь также образуются преимущественно в зоне коры выветривания на древнем кристаллическом фундаменте;

3) бокситовые месторождения Австралии, образовавшиеся также в связи с латеритовыми процессами.

Районов распространения и типов бокситовых месторождений очень много. Однако приведенных выше вполне достаточно для оценки значения альпийской металлогенической эпохи в их развитии. Альпийские бокситы являются главными и специализирующими для многих провинций и рудных районов мира.

В Советском Союзе к альпийской эпохе относятся марганцевые месторождения Закавказья, в частности Чиатурское месторождение осадочных образований морского происхождения, залегающее в олигоцене. Сюда же относятся оолитовые железные руды Керчи. В южной части Русской платформы на эродированной поверхности докембрийских толщ залегают марганцевые руды Никопольского месторождения.

В Средней Азии и Казахстане с рассматриваемой эпохой связаны железорудные месторождения Приаралья и маломощные бокситоносные горизонты среди мезозойских месторождений.

В Южной Америке, в зоне Кордильерской складчатости многочисленные месторождения меди, золота, свинца, цинка, серебра и молибдена сформировались в результате тектогенезиса и магматизма альпийской эпохи. Особо следует отметить широкое развитие медных месторождений, образующих вдоль Тихого океана медный пояс (Чили и т. д.), и оловянных, рудный пояс которых протягивается вдоль Центральных Кордильер от Перу через Боливию вплоть до Аргентины. Они образуют скарновые и гидротермальные типы месторождений. Особенно широко распространены в указанной провинции гидротермальные месторождения типа порфировых руд.

Северо-Американская мезозойская зона, занимающая

территорию Аляски до Мексики, образует своеобразную золотоносную зону месторождений на севере (Клондайк) и на юге (Калифорния и Мексика). В эндогенной металлогении Скалистых гор значительное место принадлежит месторождениям меди, золота, серебра и цинка, сформировавшимся также в мезокайнозойский период.

Рассмотрим более подробно основные данные по свинцово-цинковым районам Мексиканской провинции (по Гонсалесу Рейне)[1] — типичной провинции этих металлов, сформировавшейся целиком в альпийское время. Она представлена большим числом свинцово-цинковых месторождений, распределенных почти по всей территории Мексики. Исключение составляет лишь участок юго-восточной части страны. В приведенном автором далеко не полном списке упоминается более 200 крупных месторождений, приуроченных к осадочным (известняки, доломитизированные известняки, лутиты — местное название) и изверженным породам (андезиты, риолиты, граниты, кварцевые монцониты, аляскиты, трахиты, диориты).

В изверженных породах локализуются месторождения Сан Мартин, Сан Луис, Эстрельяс, Гельега (андезиты, диориты), Эль Эден (андезиты), а в карбонатных — Наика, Лос Ламентос, Сьерра де Рамирес, Ла Монтанья.

Большая часть всех свинцово-цинковых районов Мексики пространственно и, по мнению Гонсалеса Рейны, генетически связана с интрузиями. Но встречаются месторождения и в известняках, вдали от каких бы то ни было изверженных пород (штат Коаулья).

Оруденение наблюдается в известняках и доломитах мелового и частью предположительно) юрского возраста. Все изверженные породы определяются как третичные. Поэтому все мексиканские месторождения свинцово-цинковых руд можно отнести к одной третичной металлогенической эпохе. Начало этой эпохи Гонсалес Рейна относит к миоцену, связывая со временем мощных излияний андезитов и интрузий диоритов, кварцевых монцонитов и монцонитов.

Локализация оруденения тесно связана со структурами. В частности, такими благоприятными структурами были подвергнувшиеся разломам осевые части синклинальных и антиклинальных складок, возникших при внедрении крупных интрузивов. Значительную роль играют структура контакта (контакт изверженных пород с карбонатными толщами —

[1] Гонсалес Рейна. Геология, парагенезис и запасы свинцовых и цинковых месторождений Мексики. В сб. «Геология, парагенезис и запасы зарубежных месторождений свинца и цинка», 1953, стр. 192—224.

рудник Сирена, Колорадо) и зоны разломов (Симпанская область).

Наиболее крупные месторождения связаны со структурами, ориентированными в СЗ—ЮВ направлении.

Помимо структурного, большую роль играет и литологический контроль. Так, отмечается избирательная минерализация горизонтов карбонатных пород, представленных доломитизированными разностями.

Образование рудных тел в карбонатной породе Гонсалес Рейна связывает в значительной мере с предшествующим оруденению растворением пород метеорными водами, содержащими углекислоту.

Морфология рудных тел мексиканских свинцово-цинковых месторождений разнообразна. В северной части страны («Северная металлогеническая провинция»)[1] месторождения представлены различными по величине крутопадающими рудными столбами, высота которых в некоторых случаях достигает нескольких сот метров. На месторождении Ла Огуэла вертикальный размах рудных столбов доходит до 900 *м*. Часты плащеобразные тела («манто»), нередко сочетающиеся с рудными столбами (Наика). Особенно большими размерами они обладают в зонах развития доломитизированных известняков. Мощность их достигает 10 *м* и более (месторождения Сьерра де Санта Эвлалия).

Рудные тела неправильной формы встречаются в карбонатных породах. Образование их связано с наличием в карбонатных отложениях пустот и нарушений. Таковы месторождения на рудниках Санта Эвлалия и др. Некоторые рудные тела подобного типа достигают 20 *м* в ширину, 10 *м* по мощности и 50—100 *м* по протяжению.

Имеются рудные тела в виде трубчатых жил и прожилок мощностью от нескольких сантиметров до 10 *м* и более (Санта Барбара, Парроль, Сан Мартин, Сан Луис и др.). Такие тела особенно распространены в центральной, южной и юго-восточной частях страны.

Минеральный состав месторождений южной, юго-западной и центральной частей страны и Тихоокеанского побережья прост. Рудные минералы представлены здесь серебристым галенитом, сфалеритом, марматитом, халькопиритом,

[1] Г. Рейна разделяет свинцово-цинковые месторождения Мексики на две металлогенические провинции: 1) северную, 2) провинцию, охватывающую центральную, южную и юго-восточную части страны. Северная провинция отличается большой сложностью и величиной рудоконтролирующих структур, сложностью минералогического состава и особенностями морфологии рудных тел.

пиритом. Из жильных присутствуют кварц, кальцит, барит, флюорит.

Минералогические ассоциации на месторождениях северной части страны более разнообразны, на отдельных рудниках найдено до 60 минералов (Санта Эвлалия, Сан Педро, Корролитос, Лос Ламентос, Сан Карлос, Леона и др.). Здесь, помимо вышеперечисленных, отмечены пирротин, арсенопирит, марказит, джемсонит, гематит, сидерит, пираргирит, прустит, гринокит, золото, минералы германия. Со сфалеритом связан индий.

Приведенная автором парагенетическая схема в общем случае выражается следующим рядом: кварц-пирит, пирротин-арсенопирит, халькопирит, сфалерит-джемсонит, галенит, аргентит, пираргирит, прустит. Иногда наблюдается образование одновременно сфалерита и галенита.

Генезис месторождений, согласно Гонсалесу Рейне, гидротермальный. Преобладают месторождения, соответствующие интрузивной зоне (по нашей классификации. — *Х. А.*). Имеются и скарново-полиметаллические образования.

Таким образом, Кордильеры на юге и Северо-Американская мезозойская зона образуют Американскую зону Тихоокеанского рудного пояса.

Азиатская часть Тихоокеанского рудного пояса не менее интересна. Металлогенический облик многих провинций Советского Дальнего Востока, Японии, Китая, Индонезии, Филиппинских островов, Таиланда, Малайзии определяется характерным проявлением тектоно-магматических комплексов альпийской эпохи. В этой части Тихоокеанского альпийского кольца месторождения вольфрама, олова, свинца и цинка имеют огромное значение и по существу определяют металлогенический облик данных провинций. Особо следует подчеркнуть широкое проявление оловорудной минерализации.

По насыщенности оловорудными месторождениями территория Малайзии занимает особое место не только в Азиатской части Тихоокеанского пояса, но и во всем мире. На территории этой небольшой провинции зарегистрированы тысячи месторождений олова, значительно разнообразных по генетическому типу. Касситерит здесь концентрируется в магматических, постмагматических и осадочных образованиях. Большое содержание сингенетического касситерита отмечено для гранитов и аплитов (Скривенор, 1928). По мнению исследователей, он формировался в магматической стадии. Следует также указать на наличие постмагматической оловянной минерализации в некоторых аплитовых дайках (месторождение То Кири), где касситерит ассоциирует с пиритом.

Постмагматические месторождения олова представлены пегматитовыми и гидротермальными классами, содержащими кварцево-касситеритовые и сульфидно-касситеритовые типы. Первый тип размещается среди грейзенизированных гранитоидных пород, широко распространенных в рассматриваемой провинции, а второй часто встречается в карбонатных отложениях. Постмагматические месторождения олова генетически связываются с кислыми гранитными интрузиями, широко развитыми в данной провинции. Они локализуются в самих гранитах и в зоне экзоконтакта.

Тропические климатические условия создали исключительно благоприятную обстановку для разрушения коренных месторождений и образования своеобразных рыхлых пород — россыпей (элювиальные, элювиально-делювиальные и т. д.), имеющих большое металлогеническое значение. В связи с этим на некоторых участках описываемой провинции образуются рудные районы с крупными россыпными месторождениями олова.

Следует отметить широкое развитие рудопроявлений вольфрама, золота и других металлов. Вольфрам нередко ассоциирует с касситеритом, образуя стандартные кварцево-грейзено-вольфрамито-касситеритовые месторождения. В качестве другого примера можно привести данные о характере проявления мезозойской металлогении в провинциях Юго-Восточного Китая по Хуан-Бо-цину.

В работе «Основные черты геотектонического строения Китая» Хуан-Бо-цин, связывая тектонические, магматические и рудообразовательные процессы, уделяет значительное внимание вопросу закономерности размещения рудных месторождений Южного (Юго-Восточного) Китая, что обусловлено относительно хорошей изученностью геологического строения этой части территории страны. Автор выделяет несколько металлогенических эпох и провинций, отмечает зональность в размещении рудной минерализации, объясняя это главным образом степенью удаленности от рудогенерирующих гранитоидных интрузий.

На территории Южного Китая Хуан-Бо-цин выделяет три металлогенические провинции: Южнокитайскую, или Тихоокеанскую, провинцию Кам-Юньнанской оси, Западного Юньнаня, или Тетиса.

Месторождения провинции Кам-Юньнанской оси более ранние. Они образовались в поздневарисскую металлогеническую эпоху.

Тихоокеанская провинция и провинция Тетиса относятся к более поздней яньшаньской (верхнекиммерийской металло-

генической) эпохе. Они территориально разобщены провинцией Кам-Юньнанской оси, и, согласно Хуан-Бо-цину, входящие в них месторождения образовались в результате действия различных рудоносных магм — тихоокеанской и индийской.

Наибольший интерес представляет Тихоокеанская металлогеническая провинция, включающая различные, зонально расположенные группы месторождений (подпровинции), характер минерализации которых меняется с удалением от гранитоидных интрузий. В ней выделяется несколько подпровинций.

В подпровинции южного течения реки Янцзы расположены железные и медные месторождения контактово-метасоматического (скарнового. — *Х. А.*) типа, связанные с гранодиоритовыми интрузиями (Дае, Линсян, Дунгуаншань, Чжанлуншань и др.).

Внешняя тихоокеанская (или «гипотермальная») подпровинция характеризуется широким развитием гранитоидных интрузий и оловянно-вольфрамовых месторождений. Встречается молибденовое и висмутовое оруденение.

Внутри подпровинции существует несколько районов. Первый из них — береговой пояс, простирающийся от Фуцзяна до о-ва Хайнань. Здесь расположены небольшие оловянные, вольфрамовые и молибденовые месторождения (относительно слабую минерализацию этого района Хуан-Бо-цин, отстаивая эммонсовскую концепцию, объясняет глубокой денудацией, в результате чего апикальные купола гранитных батолитов и штоков вместе с месторождениями были смыты).

Второй район (вольфрамовая область Гансянского архипелага) представлен крупнейшими вольфрамовыми месторождениями Южного Цзянси (Гуэйдун, Жучен и Яогансян).

К третьему району (область гранитных куполов Южной Хунани и Северо-Восточного Гуанси) приурочены месторождения олова и вольфрама. Сюда же относятся оловоносные россыпи Фухочжуанского района[1].

Промежуточная (или «мезотермальная») подпровинция отличается от предыдущей значительно меньшим развитием гранитоидных интрузий и соответственно иным характером минерализации, которая представлена главным образом месторождениями сурьмы (мезотермального ти-

[1] Хуан-Бо-цин указывает, что вольфрамовые месторождения преобладают там, где нет мощных формаций известняков. Оловянные же россыпи всегда сопровождают известняки.

па), золота меди и свинца с цинком и серебром. В небольшом количестве имеются месторождения олова и вольфрама.

Подпровинция, как и предыдущая, делится на несколько районов.

Золото-сурьмяный район Цзяннани с золотыми месторождениями (кварцевые жилы) Таеюаня, Юаньменя и сурьмяными месторождениями Баньцы. Вмещающие породы — филлиты, сланцы и граувакки додевонского возраста.

Сурьмяный район Центральной Хунани с наиболее крупным месторождением Сигуаньшаня. Сюда же относятся небольшие медные и свинцово-цинковые месторождения Шуйгаушаня.

Золото-сурьмяный район Гуанси (золотые месторождения Даньминьшаня и др.). Как исключение в округах Хочи и Наньтань встречаются олово и вольфрам.

Внутренняя тихоокеанская («эпитермальная» подпровинция характеризуется месторождениями ртути (киноварь) и сурьмы (антимонит) и практически полным отсутствием интрузивных пород. Встречаются мышьяковые месторождения (реальгар, аурипигмент).

Подпровинция делится на два района: а) ртутный район Цзяннани. Содержит ртутные месторождения Восточного и Юго-Восточного Гуйджоу, Западной Хунани и Юго-Восточной Сычуани, расположенные преимущественно в докембрийских известняках; б) сурьмяный и ртутный район Наньбаньцзянского синклинория (месторождения Кайюань, Вэншань, Магуань, Сычжоу и др.).

Провинция Тетиса включает разнообразные рудные районы Западного Юньнаня. Среди них месторождения ртути (Баошань, Ланьбин и Вэйси), сурьмы (Чжэнкан, Баошинь), реальгара и аурипигмента (Фэнчи), свинцово-цинково-серебряных руд (Баньхуна, Моная, Маньгуана), железных руд (Таньтаньгуаня и др.). Хуан-Бо-цин предполагает, что они связаны с гранитоидными и основными интрузиями яньшаньского (верхнекиммерийского) магматического цикла и, следовательно, по возрасту соответствуют месторождениям Тихоокеанской провинции.

В Африке, в районах, прилегающих к Средиземноморской зоне, значительно развиты свинец, цинк, ртуть и сурьма, сформировавшиеся в альпийскую эпоху.

В Южной Европе в зоне Средиземноморской складчатости широко распространены месторождения свинцово-цинковых руд (Югославия, Румыния, Венгрия), железных руд (Центральная Франция, Испания и др.), образовавшиеся также в альпийское время.

В СССР, как мы уже говорили, металлогенический облик Дальнего Востока, Забайкалья, Кавказа, южных районов Средней Азии определяется магматизмом альпийской эпохи. В отличие от металлогении герцинской и более древних эпох месторождения, связанные с данной эпохой, преимущественно среднего и низкотемпературного образования, большинство из них очень удалено от первоисточников, т. е. магматических образований. Здесь мы, безусловно, чувствуем влияние эрозионных срезов.

Более или менее глубокая эродированность для альпийской эпохи намечается только в районах, подвергшихся большим горообразовательным процессам со значительным поднятием (Кордильеры, Малайя, Кавказ и др.). В провинциях, где они не были сильно подняты, мы не видим даже магматических проявлений, а наблюдаем только месторождения, удаленные от них (южные районы Средней Азии).

Из приведенных данных видно, какое значение имеют альпийская складчатость и магматизм в формировании металлогенического облика Тихоокеанского кольца и Средиземноморской — Евразийской зоны. Металлогенические провинции и рудные районы, находящиеся на территории этих двух крупных геоструктурных единиц земной коры, — результат длительного геологического развития данных участков в мезокайнозое. Кроме того, продукты альпийского металлогенезиса наблюдаются также на территории более древних структур.

В металлогеническом отношении для альпийской эпохи характерно развитие экзогенных и эндогенных процессов. Со времен докембрия мы не имеем такого большого накопления железных руд, разнообразных по генетическим типам образования и типичных для данного периода (морские гидрогетито-шамозитовые, озерно-болотные, руды коры выветривания). Исключительное значение имеет олово, особенно для некоторых провинций Тихоокеанского рудного пояса. Широко развита золоторудная минерализация, распространенная после докембрия значительно меньше (Кордильеры, Аляска и др.). Кроме того, следует отметить два металла в Тихоокеанском поясе: гидротермальная медь встречается преимущественно в рудных районах Кордильер, а месторождения сурьмы — в Китайской Народной Республике. Свинец и цинк накапливаются, по-видимому, в не меньшем количестве, чем в герцинской эпохе. Удельный вес свинца по сравнению с цинком значительно увеличивается, резко повышается содержание серебра.

Глава V

ТЕКТОНО-МАГМАТИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ И ИХ МЕТАЛЛОГЕНИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ

Мы рассмотрели крупные геоструктурные единицы как результат геологоструктурного развития отдельных участков земной коры в определенных тектонических условиях. Процесс их формирования весьма длителен и занимает нередко целые геологические эры или, по крайней мере, несколько геологических периодов. Если для палеозоя выделяются каледонская и герцинская эпохи, то для мезозойской и кайнозойской эр — одна длительная непрерывная альпийская металлогеническая эпоха. Каждая из них в своем развитии распадается на несколько стадий, характеризующихся своеобразным литологическим составом осадочных пород, тектоническими условиями их формирования, магматическими и металлогеническими процессами, образующими тектоно-магматические комплексы (по С. С. Смирнову).

Следовательно, тектоно-магматический комплекс — это часть геоструктурной единицы, отвечающая определенной стадии развития последней, характеризующаяся присущим ей литологическим составом, структурным развитием и проявлением магматизма.

Из приведенного определения следует, что тектоно-магматический комплекс — понятие историко-геологическое, отвечающее формированию геосинклинали на данном отрезке геологического времени, создающее своеобразные осадочно-магматические накопления, характерные для данного этапа развития. Так, на раннем, доскладчатом этапе геосинклинали образуются одни осадочные и магматические комплексы, а в среднем, складчатом этапе — совершенно другие структуры и магматические образования. На описываемых этапах создаются тектоно-магматические комплексы, выделение и де-

тальное изучение которых необходимо при регионально-металлогенических исследованиях.

В геологическом развитии каждой геосинклинальной области и, следовательно, металлогенической провинции и рудного района можно выделить несколько тектоно-магматических комплексов, по времени формирования, геологическим чертам и металлогеническому значению различных для всех территорий. Количество тектоно-магматических комплексов изменчиво и зависит от тектонического развития данной области. Следует указать, что каждому тектоно-магматическому комплексу соответствуют минеральные комплексы, определяющие характер металлогенической специализации как комплексов, так и геосинклинали в целом.

Коллектив ВСЕГЕИ (В. И. Серпухов и др.), сравнивая геологическое развитие различных районов, выявил, что в них формируются вполне сопоставимые интрузивные и минеральные комплексы, независимо от возраста сменяющие друг друга в определенной последовательности. Выяснилось, что сходные комплексы приурочены во всех изученных регионах Советского Союза к сходным этапам развития геосинклиналей, хотя возраст и пространственное положение их неодинаковы.

Внутри каждого тектоно-магматического комплекса следует выделить несколько фаз магматизма, что позволит сравнивать комплексы с магматическими циклами. Причем на территории одной и той же провинции в различных рудных районах количество магматических фаз может резко меняться, что свидетельствует и о металлогеническом различии этих районов. Поэтому при исследованиях рудных районов возрастное расчленение металлогенических процессов должно производиться по характеру проявления различных магматических фаз.

В настоящее время благодаря работам С. С. Смирнова, Ю. А. Билибина, И. Г. Магакьяна и металлогенического коллектива ВСЕГЕИ (В. И. Серпухов и др.) удается установить несколько типов тектоно-магматических комплексов для геосинклинальных областей.

И. Г. Магакьян[1] в работе о металлогенической специализации некоторых типов тектоно-магматических комплексов выделяет следующие типы тектоно-магматических комплексов для геосинклинальной складчатой области.

1. Доскладчатые эффузивно-осадочные комплексы с субвулканическими интрузиями от основного до умеренно кис-

[1] Записки ВМО. 1952, № 3.

лого состава, создающими колчеданные месторождения меди и полиметаллов и эффузивно-осадочные месторождения железа и марганца.

2. Доскладчатые вулканогенно-осадочные комплексы с интрузиями габбро-перидотитов-пироксенитов с гистеромагматическими месторождениями Pt (Os, Ir), Cr.

3. Раннескладчатые осадочно-вулканогенные, прорванные интрузиями гипербазитов с месторождениями хромитов.

4. Раннескладчатые осадочно-вулканогенные комплексы, прорванные интрузиями основных пород, образующие месторождения Fe—Ti—V руд.

5. Раннескладчатые осадочно-вулканогенные комплексы, прорванные интрузиями умеренно кислых пород, создающие: скарновые месторождения Fe, Cu, Mo, W (шеелит), реже Co, Sn, полиметаллов; месторождения Cu — Mo руд; золоторудные, золото-сульфидные и полиметаллические месторождения; сурьмяные и ртутные месторождения.

По И. Г. Магакьяну, все перечисленные тектоно-магматические комплексы расположены во внутренних областях геосинклинали.

6. Позднескладчатые комплексы, прорванные интрузиями гранитоидов, главным образом кислого состава, образуют следующие типы месторождений: пегматитовые с редкометальным оруденением; кварц-касситеритовые, вольфрамитовые, молибденитовые, иногда с примесью более редких металлов; сульфидно-касситеритовые; полиметаллические; сурьмяные и ртутные.

7. Складчатые и постскладчатые комплексы, прорванные мелкими интрузиями гранитоидов и щелочных пород, создают: золото-серебряные месторождения (с Fe, Se); сурьмяно-ртутные (с W, Au, Ag); мышьяковые (реальгар-аурипигментовые). Эти месторождения проявляются в молодых прогибах и разломах, нередко вдоль края платформы.

Предложенные И. Г. Магакьяном выделения типов тектоно-магматических комплексов в развитии геосинклинальных областей интересны как первый шаг в этом направлении. Дробное деление геосинклинали на тектоно-магматические комплексы имеет большое металлогеническое значение и должно быть учтено при производстве регионально-металлогенических работ. Одновременно следует подчеркнуть, что выделенные И. Г. Магакьяном комплексы нужно рассматривать как обобщенную схему для всех геосинклиналей и регионов. При изучении отдельных районов можно встретить или другие комплексы, или же некоторые из перечисленных могут вообще отсутствовать. Таким образом, в зависимости от гео-

тектонического режима и историко-геологического развития данного региона меняются характер и значение отдельных тектоно-магматических комплексов. Поэтому очень часто материалы по одному или нескольким районам нельзя уложить в схему И. Г. Магакьяна, что затрудняет ее применение в конкретных условиях. Известно, что в некоторых регионах очень слабо представлены или отсутствуют доскладчатые тектоно-магматические комплексы с ультраосновными породами, а в других районах постскладчатые комплексы с малыми интрузиями. Поэтому типы тектоно-магматических комплексов должны быть выделены для различных по характеру развития геосинклиналей. В связи с этим, по-видимому, следует сначала выделить типы геосинклиналей: 1) с полным циклом развития, в формировании их участвует большое число комплексов; 2) со слабым проявлением ранних доскладчатых этапов развития; 3) со слабым проявлением или отсутствием поздних тектоно-магматических комплексов.

Для указанных типов можно разработать схемы последовательности развития тектоно-магматических комплексов. Следовательно, на данном этапе развития региональной металлогении такое дробное деление очень важно, но окончательно не решено.

В основу выделения тектоно-магматических комплексов геосинклинальных областей в учебных целях можно положить схему развития структур, магматизма и металлогении с обособлением ранних, средних и поздних этапов, разработанную коллективом ВСЕГЕИ под руководством Ю. А. Билибина. Тем более, выделение этих этапов развития геосинклинальных областей совпадает с тектоническими представлениями советских геологов о стадийности развития отдельных участков земной коры, принятыми в курсах геотектоники и исторической геологии.

Ранний этап, образующий доскладчатый тектоно-магматический комплекс, включает период наиболее резко выраженного геосинклинального режима: а) изменчивость режима седиментации; б) повышенная тектоническая подвижность; в) широкое развитие магматических процессов, проявляющихся в интрузивной и особенно в эффузивной форме.

В геологическом разрезе доскладчатого тектоно-магматического комплекса преобладают лавы, туфы, песчаники, конгломераты и различные карбонатные породы, а среди эффузивов — различные диабазы и порфириты, переходящие к более кислым породам — альбитофирам и кварцевым альбитофирам.

Для отдельных областей описываемый комплекс характеризуют породы повышенной щелочности, а иногда типичные щелочные накопления. Интрузивные образования представлены ультраосновными породами (серпентиниты, перидотиты, пироксениты, дуниты и др.), габбро, габбро-диабазами, габбро-диоритами, диоритами, плагиогранитами. Эти магматические образования определяют металлогеническую специализацию доскладчатого тектоно-магматического комплекса. Для них характерны месторождения платины, хрома, титана, железа, никеля, золота и др.

Среднему этапу в развитии геосинклинальной области, образующему складчатые тектоно-магматические комплексы, свойственны: а) значительно меньшая подвижность по сравнению с первым этапом; б) выдержанный режим седиментации осадков (главная роль принадлежит глинистым сланцам с подчиненными им другими терригенными породами); в) широкое развитие интрузий кислых пород — гранитоидов, колеблющихся по составу от кварцевых диоритов до кислых и ультракислых калиевых гранитов. По форме они образуют батолиты и другие мощные интрузивные массивы. В интрузивах кислых гранитов значительно распространены ассимиляционные процессы — одна из главных причин петрографического разнообразия гранитоидов складчатого тектоно-магматического комплекса; г) кислый характер интрузивов, с которыми генетически связываются: гидротермальные месторождения олова, вольфрама, меди, молибдена, золота, свинца, цинка; скарново-рудные месторождения железа, вольфрама, свинца, цинка, меди и других металлов; пегматитовые месторождения редких и рассеянных металлов.

Поздний этап, образующий постскладчатый тектоно-магматический комплекс, характеризуется сменой складкообразовательных процессов разрывными нарушениями. В указанный период широко развиваются вулканические процессы, особенно эффузивные, меняющиеся во времени от андезито-дацито-липаритовых до базальтовых и трахибазальтовых комплексов. Характерно также внедрение малых интрузий по разломам и трещинам в уже консолидированном орогене, резко колеблющихся по составу (от гранитов, гранодиоритов до щелочных гранитов, диабазов и габбро-диабазов).

Рудные месторождения третьего этапа также разнообразны по составу, но образуют преимущественно гидротермальный класс. Они представлены серебром, свинцом, цинком, золотом, флюоритом, баритом и др.

Приведенная последовательность развития различных этапов в геосинклиналях отражает общую тенденцию ста-

дийности формирования этих областей и может меняться в отдельных провинциях и рудных районах. Конечно, встречаются, как указывали Ю. А. Билибин, В. И. Серпухов и др., отдельные провинции или рудные районы, где те или иные этапы, а следовательно, и тектоно-магматические комплексы, или слабо представлены, или вовсе не развиты. Так, обширная территория Западно-Узбекистанского рудного района (крайне западные и северо-западные отроги Туркестанского и Зарафшанского хребтов) характеризуется почти полным отсутствием третьего этапа — постскладчатого тектоно-магматического комплекса с типичными для данного этапа эффузивами и малыми интрузиями. Первый и второй этапы проявились довольно отчетливо. В металлогеническом отношении для описываемого района существенное значение имеет только второй — главный этап с гранитоидным батолитом, сформировавшийся в результате внедрения четырех фаз интрузивов. Металлогенический облик этого рудного района определяется гранитоидами.

Следовательно, даже такое крупное деление геосинклинального развития нельзя считать всеобъемлющим, отвечающим на все поставленные вопросы. Это особенно относится к изучению металлогении отдельных рудных районов. Трехчленное деление Ю. А. Билибина, В. И. Серпухова и др., а также семь типов тектоно-магматических комплексов И. Г. Магакьяна применимы только для крупных территорий, отдельных геоструктурных единиц земной коры. Поэтому при изучении рудных районов особое внимание следует обращать на выделение фаз магматизма, а рудные процессы рассматривать в соответствии с последними. В районах, где наблюдается наложение нескольких фаз, исследователи часто встречаются со многими трудностями в решении указанной проблемы. В таких случаях принципиальное значение приобретает разработка концепции о генетической связи оруденения с интрузиями и установление критериев для ее определения.

Глава VI

МЕТАЛЛОГЕНИЯ ПРОЦЕССОВ

Требования металлогении к генетической классификации месторождений

Из предыдущего раздела следует, что для металлогенических исследований большое значение имеет классификация месторождений, ибо металлогеническое районирование, обобщение и составление прогнозных карт должны базироваться на генетическом принципе, на принципе выделения определенных генетических типов месторождений и районов их развития. Следовательно, от генетических типов месторождений металлогенисту необходимо перейти к генетическим типам рудных районов и металлогеническому районированию отдельных территорий. Поэтому в основе всяких регионально-металлогенических построений должна лежать генетическая—металлогеническая классификация месторождений.

Однако существующие классификации не могут удовлетворить современную металлогению, так как они не отвечают требованиям региональных исследований. Их построение основано на учете температуры и давления (гипо-, мезо- и эпитермальность), или на физико-химической природе только растворов (пневматолитовые и гидротермальные), или, наконец, на составе ведущих компонентов; рудные формации не могут служить основой для металлогенического обобщения и регионально-металлогенических исследований. Отсутствие классификации, удовлетворяющей требованиям металлогении, тормозит развитие металлогенических работ.

Классификации месторождений, которые можно было бы взять за основу в металлогенических исследованиях, нужно строить на геологическом принципе с учетом положения месторождения в геологическом развитии конкретного участка земной коры, причем как во времени (в развитии геосинклинали и др.), так и в пространстве. Особенно важна классификация по их геологическому положению в пространстве, позволяющая выяснить отношение месторождений к важней-

шим геологическим факторам — интрузиям и структурам (для эндогенных месторождений), к тектоническим условиям и питающим провинциям (для осадочных). Такие классификации месторождений позволят увязать конкретные рудопроявления с историей геологического развития рудного района или провинции. Только геологические принципы обеспечивают учет региональных закономерностей, приводящих к образованию провинций и рудных районов.

Поэтому наряду с классификациями, крайне нужными для систематики месторождений полезных ископаемых вообще (такая систематика может быть построена и по составу, и по другим признакам), должны существовать и другие, основанные на более широком геологическом подходе к металлогеническим построениям.

Впервые указанный принцип у нас в СССР выдвинул В. А. Обручев, предложивший еще в 1922 г. разделить месторождения на эндогенные, экзогенные и метаморфогенные. Это первая металлогеническая группировка рудных месторождений на широкой геолого-петрографической основе, когда рудные процессы рассматриваются вместе с содержащими их геологическими формациями. Она отражает формирование не только месторождений, но и их групп, целых рудных районов и провинций. Группировка В. А. Обручева используется в выделении металлогенических провинций. Однако для детальных металлогенических исследований и составления прогнозных карт она недостаточна, необходимы более дробные деления.

Позднее (1929—1932) некоторые исследователи пытались классифицировать месторождения по фациальности интрузивов (М. А. Усов в СССР, П. Ниггли в Европе). В систематике М. А. Усова и П. Ниггли в основу положена фациальность интрузивных комплексов и генетически связанных с ними месторождений полезных ископаемых.

Здесь мы наблюдаем элементы металлогенического, регионально-геологического подходов к классификации месторождений. Этот принцип мог бы в какой-то мере обеспечить металлогенические исследования для районов развития особенно кислых интрузий, но он остался недоработанным.

Позже (1929, русский перевод — 1933) П. Ниггли сделал очень важный шаг, попытавшись расклассифицировать месторождения по регионально-металлогеническому принципу. Он правильно подчеркивал, что магмы и создаваемые ими рудные месторождения связаны со складчатыми движениями, поэтому они приурочены к горным системам и образуются в определенных этапах геоструктурного развития

земной коры. П. Ниггли предложил выделить три крупные геотектонические единицы и связанные с ними рудные месторождения: археиды, палеоиды, мезоиды. Не следует рассматривать недостатки такой классификации и нельзя ее считать классификацией месторождений; это уже металлогения данных геоструктурных единиц. Но тем не менее учет тектонических и магматических факторов и геоструктурные подходы к систематике месторождений были очень важным шагом для своего времени.

В последние годы (1949—1950 гг.) мы сделали несколько попыток внести некоторые геологические принципы в классификацию месторождений. В частности, предложили выделить два генетических ряда для постмагматических месторождений, связанных с гранитоидами[1].

Кроме того, мы предложили новый принцип классификации гидротермальных и скарново-рудных месторождений, базирующийся на их геологическом положении по отношению к интрузивным массивам, структурам и т. д.

В частности, среди гидротермальных месторождений выделены четыре типа.

1. Гидротермальные месторождения интрузивной зоны, располагающиеся в пределах материнских интрузивных массивов и приуроченные к мелким местным структурам, чаще всего к первичным трещинам самих гранитоидов. Причем, этот тип создается только в связи с кислыми интрузиями гранитов-аляскитов. Сюда относятся кварцево-грейзеново-турмалиновые зоны с вольфрамитом, касситеритом, молибденитом.

2. Гидротермальные месторождения околоинтрузивной зоны локализуются в апикальных частях самих материнских интрузий или недалеко от них в метаморфизованном контактовом ореоле вмещающих пород. Они приурочены к более крупным структурам и располагаются в районах развития дайковых и жильных образований, одновозрастных с оруденением и интрузиями. В этих условиях образуются кварцево-касситеритово-сульфидная, кварцево-молибденово-медная, кварцево-арсенопиритово-золотая, кварцево-шеелитово-золоторудная и другие формации.

[1] Предложенные нами генетические ряды описаны в следующем разделе. В первоначальном виде выделены: 1) генетический ряд месторождений, связанных с кислыми, сравнительно глубинными неконтаминированными интрузиями, образующими пегматитово-гидротермальные месторождения; 2) генетический ряд месторождений, связанных с интрузиями повышенной основности, контаминированными вмещающими породами, залегающих преимущественно на небольших глубинах и образующих скарново-гидротермально-сульфидные месторождения.

3. Гидротермальные месторождения надинтрузивной зоны значительно удалены от источников, локализуются во вмещающих породах, нередко пространственно тяготеют к малым интрузиям и их жильным ответвлениям. Для них характерны сравнительно крупные разломы, межпластовые и межформационные отслоения. Очень часто большое значение имеют благоприятные литологические горизонты. Они представлены преимущественно кварцево-сульфидными (медно-полиметаллическими) месторождениями.

4. Гидротермальные месторождения безинтрузивной зоны развиваются в районах отсутствия одновозрастных интрузий и их метаморфического воздействия. Они локализуются в мощных структурных разломах, межформационных отслоениях, благоприятных литологических горизонтах и т. д. Сюда относятся свинцово-серебряные, ртутно-сурьмяные, флюоритовые и другие формации.

Мы выделили два типа скарново-рудных месторождений:

1) скарново-рудные, локализующиеся в контактовой зоне материнских интрузий. Ведущие минералы скарнов — пироксен, гранат, везувиан. Из рудных минералов — магнетит, шеелит и др.;

2) скарново-рудные месторождения, локализованные в некотором удалении от материнских интрузий, вдоль даек или в межпластовых и межформационных отслоениях, богатых сульфидами; образуют полиметаллические, медные, пирротиново-арсенопиритовые месторождения, иногда с редким включением шеелита, касситерита и станнина.

Предложенная нами систематика гидротермальных и скарново-рудных месторождений так же, как и выделение генетических рядов, — первая попытка в направлении классификации эндогенных месторождений. Дальнейшая работа над этим вопросом может привести к важным результатам, принципиальным для металлогении. Принцип геологического положения постмагматических месторождений по отношению к структуре и магматическому первоисточнику имеет большое значение для металлогенического обобщения и для составления металлогенических и прогнозных карт.

Очень важный шаг в систематике эндогенных месторождений сделан И. Г. Магакьяном (1952) и коллективом ВСЕГЕИ под руководством Ю. А. Билибина (1952—1953). И. Г. Магакьян предложил выделять семь типов тектоно-

магматических комплексов, т. е. попытался расклассифицировать рудные месторождения по историко-геологическим признакам в зависимости от металлогенической специализации тектоно-магматических комплексов[1].

Коллектив ВСЕГЕИ на основе идеи С. С. Смирнова о роли тектоно-магматических факторов, путем сравнения интрузивных, осадочных, структурных и минеральных комплексов выделяет «структурные металлогенические формации», которые отражают направленность процесса развития геосинклинали и соответствуют его стадиям. Обособление формаций является дальнейшей детализацией стадийности развития геосинклинальных областей. По предложенной систематике одни формации отвечают ранним стадиям, другие — средним и, наконец, очень большая группа месторождений — поздним стадиям развития геосинклинали.

Так, первая формация, возникшая в начальной стадии формирования и связанная с комплексом ультраосновных интрузий, включает большинство месторождений осмистого иридия и других платиноидов, хромитов и изредка титаномагнетитов. Далее идут формации, отвечающие дальнейшим стадиям.

К сожалению, данная классификация, имеющая большое принципиальное значение для металлогенических обобщений, до сих пор не опубликована, поэтому мы лишены возможности дать ее в полном виде.

Недавно (1953) опубликована классификация Е. Е. Захарова[2], опытнейшего педагога высшей школы. Он учел недостатки и слабые стороны всех предыдущих классификаций советских (В. А. Обручева, П. М. Татаринова и И. Г. Магакьяна, Х. М. Абдуллаева и др.) и зарубежных геологов (В. Линдгрена, П. Ниггли и др.) и взял за основу «совокупность главнейших факторов, благоприятным сочетанием которых определяется образование месторождений полезных ископаемых». По геологическим условиям залегания рудных тел месторождения делятся на группы рудных формаций (месторождения собственно магматические и др.) и по парагенетическим ассоциациям — генетические типы.

Выделение Е. Е. Захаровым типов рудных формаций имеет определенное металлогеническое значение. Это попытка классифицировать месторождения по их геологическому по-

---

[1] Типы тектоно-магматических комплексов, выделенные И. Г. Магакьяном, приведены в главе V.

[2] Изв. АН СССР, серия геологич., 1953, № 5.

ложению. Для эндогенных — по их приуроченности к тем или иным геологическим телам (различным по составу интрузиям, жильным образованиям и т. д.), к зонам контакта гранитоидов и, наконец, к областям складчатых структур (сложенных осадочными и изверженными породами или только осадочными), а для большой группы месторождений осадочного генезиса и выветривания — по их геологическому положению по отношению к источникам минерализации (для групп месторождений выветривания) и по условиям залегания в тех или иных осадочно-геологических образованиях (для групп осадочных месторождений).

В классификации Е. Е. Захарова много спорного, однако следует признать, что она является шагом вперед по сравнению с существовавшими систематиками. В ней впервые объединены металлические и неметаллические полезные ископаемые. Е. Е. Захарову удалось собрать почти все типы формаций, а также объединить все типы ассоциаций полезных компонентов. Для систематизации он правильно использовал геологические и геотектонические условия — элементы регионально-геологического подхода к металлогеническим исследованиям.

Но классификация Е. Е. Захарова также не может полностью обеспечить регионально-металлогенические исследования. По ней можно преподавать курс полезных ископаемых и систематизировать месторождения при их паспортизации и т. д., но составлять металлогеническую или прогнозную карту затруднительно.

Существующая тенденция обеспечить одной классификацией как металлогению, так и учение о полезных ископаемых не совсем правильна. Металлогения может и должна использовать для решения частных задач генетическую или формационную (в узком смысле) классификацию, принятую в учении о полезных ископаемых, но для выполнения регионально-геологических задач она должна иметь свою классификацию.

Металлогенические систематики можно строить по двум принципам: 1) историко-геологическому, как это указывал С. С. Смирнов, путем выделения тектоно-магматических комплексов. В этом направлении работают И. Г. Магакьян и коллектив ВСЕГЕИ; 2) геолого-генетическому, выделяя генетические ряды и типы в зависимости от геологических условий образования. На втором принципе частично построены группировки месторождений Е. Е. Захарова и выделены нами генетические ряды с систематизацией постмагматических месторождений по их геологи-

ческому положению. Классификации, построенные по этим двум принципам, могут существовать параллельно и будут отвечать различным по характеру металлогеническим исследованиям.

Генетические ряды месторождений

В предыдущем разделе говорилось о генетических рядах для кислой магмы, здесь же мы рассмотрим возможность их выделения для других магматических, осадочных и метаморфических образований.

В основу выделения генетических рядов среди эндогенных месторождений положена приуроченность магматических и постмагматических месторождений тех или иных металлов или генетических типов к определенным по составу и генезису магматическим горным породам, в то время как для осадочных — условия образования руд и осадков едины. Давно известно, что основные и ультраосновные магмы создают преимущественно собственно магматические месторождения, а может быть, даже только собственно магматические, а кислые и средние — постмагматические. В зависимости от состава внутри их можно установить некоторые закономерности размещения элементов и минералов — хромиты и платина в дунитах, титан и магнетит — в габбро, медно-никелево-сульфидные оруденения — в габбро-норитах, гранодиориты чаще создают скарново-рудные месторождения, кислые граниты — пегматитовые. Следовательно, типы месторождений и специализация ими отдельных территорий и металлогенических эпох зависят от состава и условий образования материнских магматических горных пород. Этот очень важный факт указывает на единство процессов формирования магматических пород и месторождений, на их генетическую связь и взаимообусловленность.

Следовательно, генетический ряд есть совокупность генетических типов месторождений, которые отвечают или конкретному петрогенетическому типу интрузий, формирующихся в определенных геолого-исторических условиях, или условиям осадконакопления в зависимости от положения питающих территорий.

В таком понимании каждый генетический ряд постмагматических месторождений с материнскими интрузивами и вмещающими породами выражает общую тенденцию той или иной петрографической и металлогенической провинции.

В этом большое металлогеническое значение генетических рядов и их руководящая роль в регионально-металлогенических исследованиях.

Применительно к геологическому положению постмагматических месторождений генетический ряд отображает их зональность относительно материнских интрузий, если зональность рассматривать как эволюцию постмагматического процесса (в широком понимании, включая сюда очаги постмагматических растворов), а не температурную эволюцию растворов, как считал Эммонс.

Образование генетических типов и состава эндогенных месторождений в известной мере зависит от тех же причин, которые приводят к формированию различных петрографических типов.

Состав магмы и магматических пород зависит:

1) от глубины петрохимической специализации, т. е. от первичного состава магмы, от того субстрата, за счет которого образуется магма, от действия магматического очага — пункта магмообразования.

Происходит ли дифференциация в магматическом очаге или нет, вопрос остается открытым, но ясно, что состав магмы, выделяющийся на различных этапах развития этого очага, не тождествен;

2) от характера и степени дифференциации магмы в магматическом бассейне, где она застывает и превращается в горную породу. Очень отчетливо ряды дифференциаций наблюдаются в основных и ультраосновных магмах. Для кислых пород дифференциация имеет, по-видимому, некоторое значение, однако результаты ее осложняются влиянием ассимиляционных процессов;

3) от ассимиляционной специализации магмы в местах становления и на путях ее продвижения. Это особенно важно для кислых горных пород — разнообразных гранитоидов. По-видимому, разнообразие последних объясняется влиянием ассимиляционных процессов. Эти три причины петрохимической специализации (и петрографического разнообразия магматических пород) могут породить и металлогеническую специализацию магм и их постмагматических растворов.

Следовательно, в петрогенезисе следует искать причины металлогенической специализации и, в связи с этим, в литогенезисе — происхождение и специализацию осадочных провинций и рудных районов.

При таком подходе можно выделить следующие генетические ряды в районах развития собственно магматических

месторождений: магматический, ликвационный; в областях распространения постмагматических месторождений — пегматитово-гидротермальный и скарново-гидротермально-сульфидный.

Для выделения генетических рядов в осадочных месторождениях, пожалуй, самым надежным критерием является роль питающей провинции и рудных районов в рудообразовании. Действительно, геологический характер, состав и размеры питающих территорий для большинства генетических типов осадочных месторождений имеют решающее значение. Только для групп рудных отложений, удаленных от первоисточников, образующихся в морских и иных условиях, к этому критерию добавляются не менее важные условия седиментации. Однако в целях сохранения единства принципов для всех генетических типов за основу их выделения принимаем отношение месторождений к питающим территориям.

Исходя из этого, можно выделить следующие ряды месторождений:

осадочные месторождения химического выветривания, развитые в районах питающих территорий;

осадочные месторождения физического выветривания, распространенные в зонах питающих территорий;

осадочные месторождения, удаленные от питающих провинций и рудных районов.

В группе метаморфических месторождений выделение генетических рядов в настоящее время не представляется возможным. Поэтому все метаморфизованные месторождения могут быть объединены в один — метаморфогенный генетический ряд.

В геологической литературе этот вопрос еще не разработан. Мы сделаем краткий разбор только вышеперечисленных генетических рядов.

1. Магматический ряд объединяет сегрегационные и гистеромагматические месторождения и интрузии, породившие эти рудные образования.

Группы месторождений можно разделить по характеру рудной минерализации и ее возрастному положению:

а) кристаллизация рудных минералов идет в ранней стадии магматических процессов. В этом случае рудная минерализация образует вкрапленные руды хрома, платины, алмаза, локализованные и генетически связанные с дунитами и перидотитами;

б) кристаллизация рудных минералов проходит в поздней стадии магматических процессов. Рудные минералы кристаллизуются после основной силикатной массы, поэтому они образуют шлировые выделения, например, титаномагнетитовые месторождения в габбро;

в) кристаллизация рудных минералов происходит в постмагматических условиях. Летучие компоненты вместе с металлическими элементами создают труднолетучие или более устойчивые соединения— остаточные расплавы, которые образуют линзо- и жилообразные рудные тела.

Нередко такие расплавы, обогащенные летучими компонентами, благодаря вмешательству внутриминерализационных тектонических движений могут быть инъецированы в соседнюю петрографическую зону интрузива, образуя гетеромагматические (по Г. А. Соколову) месторождения хромита.

Часто остаточный расплав под действием внутриминерализационных динамических усилий перемещается в уже застывшую часть массива и образует фузивные месторождения (по А. Н. Заварицкому), например, месторождения хромистого железа, титаномагнетитовые и др.

Характерными районами развития магматических рядов являются Урал с многочисленными месторождениями хромитов, титаномагнетитов и др., Южная Африка (платина и хромит), Колумбия (платина) и др.

2. Ликвационный ряд. Сюда входят только своеобразные ликвационные месторождения медно-никелевых руд, генетически связанных с основными породами—габброноритами и оливиновыми диабазами. По возрастному взаимоотношению рудной и силикатной основной массы среди этих месторождений также можно выделить два типа ликвации:

а) ликвация рудной массы происходит в ранней стадии магматического процесса, в связи с этим рудные тела образуют гнезда, линзы и постели локалитового силикатного массива;

б) ликвация рудной массы происходит в поздней стадии формирования интрузива, когда каждая (сульфидная и силикатная) фракция кристаллизуется отдельно с некоторым отставанием сульфидной части. В результате руды могут образовать жилообразные или прожилковые тела в силикатной массе. В качестве примера можно указать на район Сёдбери (Канада) и на многочисленные, правда, не-

большие, месторождения Норвегии. В СССР они встречаются в северных районах Сибирской и Русской платформ.

3. Пегматитово-гидротермально-грейзеновый ряд. К нему (мы описали его как ряд месторождений, связанных с неконтаминированными интрузиями гранитов) относятся постмагматические месторождения, связанные с кислыми интрузиями, подвергшиеся алюмосиликатной ассимиляции и не меняющие состав этих гранитоидов или не несущие признаков контаминации.

В связи с этим кислые интрузии создают пегматитовые и гидротермальные месторождения, представленные кварцево-грейзеново-касситеритовыми и вольфрамовыми образованиями, дающими ряд рудных формаций — касситеритово-вольфрамитовую, вольфрамитово-касситеритовую, вольфрамитово-молибденитовую в зонах грейзенизации и окварцевания, богатых минералами с летучими компонентами (турмалин, топаз, апатит, литиевые слюды, флюорит). Такие ряды отмечены в Рудных горах, юго-восточных районах Китая, Малайзии. В СССР они встречаются в Казахстане, Забайкалье и др.

4. Скарново-гидротермально-сульфидный ряд связан с интрузиями, имеющими признаки карбонатной или железо-магнезиальной ассимиляции и образующими гранитоиды повышенной основности (граниты—адаммелиты—гранодиориты — диориты и реже габбро-диориты).

Описанные интрузии формируют скарново-рудные месторождения железа, цветных и редких металлов, кварцево-гидротермальные, дающие формации: свинцовые, цинковые, медные, золотые, мышьяковые, медно-молибденовые (некоторые рудные районы Средней Азии, Алтая, США, Мексики и др.).

5. Ряд осадочных месторождений химического выветривания, развитых в районах питающих территорий. К нему относятся важные в практическом и теоретическом отношениях месторождения, развивающиеся или на площадях материнских интрузивных и других пород, или в некотором удалении от последних, но установить их связь с первоисточником нетрудно. Это все известные месторождения коры выветривания (никель, железо и др.), латеритовые бокситы (типа индостанского), многочисленные месторождения, образованные в зонах инфильтрации поверхностных вод (обогащенные зоны меди, золота). Сюда же, по-видимому, относятся накопления в карстовых (известняки и др.) породах и некоторые современные отложения озер, не потерявшие связи с питающими

провинциями. Для всех перечисленных типов, входящих в данный генетический ряд, характерны:

а) тесная связь их с материнскими породами и месторождениями, которые не выходят за пределы территорий питающих провинций и рудных районов;

б) наличие взаимопереходов между отдельными генетическими типами месторождений, например, развитие под зонами выветривания инфильтрационных месторождений.

6. Генетический ряд месторождений физического выветривания, развитых в районах питающих территорий. Он включает россыпные месторождения золота, платины, олова и других металлов, широко распространенных во многих провинциях и рудных районах, где развиты коренные месторождения этих элементов. Они образуют общеизвестные делювиальные и аллювиальные типы россыпей. Сюда же относятся современные прибрежно-морские россыпи месторождений золота (Аляска и др.). Между ними также существуют взаимопереходы, и они располагаются на территории рудных районов и провинций, которые являются источниками металлических и других компонентов, концентрирующихся в россыпях.

7. Генетический ряд осадочных месторождений, удаленных от питающих провинций и рудных районов. Он содержит наибольшее число крупных осадочных месторождений. Генетические типы месторождений, входящих в данный ряд, создают наиболее крупные месторождения марганца, железа и бокситов, образующие рудные районы (Чиатура, Никополь и др.) и отдельные металлогенические провинции (бокситовая на юге Европы). Сюда же входят месторождения, образованные химическим и биохимическим путем в морских и озерных условиях, и древние россыпи типа золотоносных конгломератов Трансвааля (Южная Африка).

8. Метаморфизованный ряд месторождений. В эту группу мы включаем все известные метаморфизованные месторождения металлических полезных ископаемых — бывшие осадочные, образующие железорудные и марганцевые формации, и бывшие эффузивно-осадочные, образующие медно-сульфидные и сульфидно-полиметаллические формации. Наждачно-корундовые образования в известняках и других породах, возникшие в результате перекристаллизации—метаморфизма бокситовых горизонтов, также относятся к данному генетическому ряду.

Металлогеническая специализация

Под металлогенической специализацией следует понимать концентрацию тех или иных металлов или генетических типов месторождений в связи с определенными геологическими процессами, происходившими как во времени, так и в пространстве. Следовательно, металлами или генетическими типами месторождений могут специализироваться отдельные территории, эпохи, магматические и осадочные комплексы. Например, в платформах широко развиты медно-никелевые ликвационные месторождения, а в геосинклинальных областях они отсутствуют.

Специализация особенно отчетливо намечается для отдельных провинций, рудных поясов и рудных районов. Такие крупные провинции, как Алтай (СССР), Миссисипи (США), Брокен-Кель (Австралия), являются территориями с исключительным развитием полиметаллических месторождений. Юго-западную часть США, Чили, Центральный Казахстан можно рассматривать как провинции меди. Так, в медной провинции США, включающей южную часть Оризоны, Нью-Мексико и частично штаты Ютта и Невада, распространены месторождения своеобразных медно-порфировых руд.

Значительно развиты также скарново-медные месторождения, залегающие на контакте известняков, главным образом с интрузиями монцонитовых порфиров нижнетретичного возраста. Описываемая провинция в течение многих лет давала $^1/_3$ мировой добычи меди. В ее пределах намечается несколько рудных районов.

Другая крупная медная провинция находится в Чили и известна под названием медный пояс Чили. В ней медные руды представлены сульфидными залежами с замещением. Они также связаны с третичными монцонитовыми интрузиями. Такая же специализация характерна для хрома (Урал), никеля (Канада), олова (Китай) и других металлов.

Генетические типы тех или иных металлов специализируются так же, как и отдельные тектоно-магматические комплексы и магма вообще. Причем, эту специализацию также можно отчетливо заметить для многих изверженных пород.

Так, с интрузиями гранитоидов повышенной основности олово проявляется в сульфидах, образуя сульфидно-касситеритовые месторождения, которые впервые выделены как

самостоятельный тип и описаны С. С. Смирновым для Дальнего Востока, а с более кислыми гранитоидами — аляскитами и гранитами — касситерит ассоциирует с вольфрамитом, образуя «стандартные» касситерито-вольфрамитовые формации; с гранитоидами повышенной основности вольфрам появляется в виде скарново-шеелитовых месторождений, а вольфрамит практически отсутствует. Медно-молибденовые и медно-молибденово-золоторудные месторождения ассоциируют с умеренно кислыми интрузиями, а с более кислыми интрузиями молибден связан с вольфрамитом. Общеизвестна приуроченность хрома и платины к дунитам и перидотитам.

Намечается следующая общая тенденция металлогенезиса:

1) кислые интрузии создают главным образом только постмагматические месторождения;

2) с основными и ультраосновными интрузиями связаны преимущественно собственно магматические месторождения;

3) не совсем ясны типы металлогенезиса, обусловленные щелочными породами. К ним генетически приурочены как собственно магматические месторождения типа Кируна, так и постмагматические (скарново-магнетитовые и гидротермальные).

Довольно отчетливо проявляется специализация гранитоидов, которая выражается в следующих соотношениях типов месторождений и интрузивных пород:

1) с их кислыми разностями типа нормальных гранитов-аляскитов, как правило, генетически связаны пегматитовые образования и гидротермальные месторождения, сравнительно бедные сульфидами, главными рудными минералами в которых являются вольфрамит, касситерит и реже молибденит, турмалин, локализующиеся в зонах грейзенизации и окварцевания;

2) с гранитоидами повышенной основности типа гранодиорито-диоритов генетически связаны скарново-рудные месторождения и гидротермальные образования, богатые сульфидами.

При рассмотрении тектоно-магматических комплексов и их металлогенического значения была показана их специализация. В частности, отмечена приуроченность собственно магматических месторождений к ранним этапам развития, т. е. к доскладчатому тектоно-магматическому комплексу, а постмагматических—к средним и поздним этапам, т. е. к

складчатым и постскладчатым тектоно-магматическим комплексам.

Не менее отчетливая специализация намечается для осадочных образований, геологических периодов осадконакопления и различных тектонических условий.

Н. М. Страхов (1947) блестяще показал, что определенным историко-геологическим условиям и типам осадконакопления соответствуют определенные по составу рудные образования. Кроме того, доказано большое значение характера субстратов—питающих провинций в специализации отдельных районов и геологических периодов осадочного рудопроявления. Так, для осадконакопления в стадии нормального геосинклинального режима (стадии погружения геосинклинали) наиболее характерно широкое развитие железорудных оолитовых, железисто-гидрогетит-сидеритовых и бокситовых руд.

Приведенные примеры показывают большое значение изучения металлогенической специализации отдельных территорий, металлогенических эпох и различных типов магматических и других пород. Выявление и научное обоснование специализации генетических типов и металлов различных геологических образований — главная задача металлогении и основа поисков месторождений полезных ископаемых. Дальнейшее исследование этого вопроса, в основе которого должно лежать сравнительное изучение районов проявления определенных генетических типов месторождений и характер распределения промышленной концентрации тех или иных металлов, даст ценные металлогенические выводы. Будут также получены достоверные данные о причинах такой специализации и о роли различных металлогенических факторов. О причинах специализации магматических и других образований в настоящее время существует очень много теоретических воззрений, часть из которых является более или менее обоснованной. Наиболее спорны причины специализации кислых магм, различных типов гранитоидов и связанных с ними территорий и металлогенических эпох. Эти вопросы мы рассмотрим в следующем, специальном разделе. Здесь укажем лишь на одно обстоятельство, имеющее большое значение. Решение вопроса о специализации постмагматических провинций и эпохи их развития должно базироваться на учете роли всех металлогенических факторов. При объяснении следует учесть различные стороны единого процесса формирования кислой магмы и связанных с нею месторождений. Сюда относятся внутренняя, или глубинная специализация магмы (и возможность обогащения ее при

передвижении) и так называемая «внешняя» возможность ассимиляционного обогащения магмы, переотложения растворами металлогенических компонентов вмещающих пород, перекристаллизации под влиянием температуры и растворов кислой магмы. Следовательно, источники специализации кислой магмы лежат как в природе самой магмы, так и во вмещающих ее породах. В связи с этим большое значение приобретает учет влияния геологической среды на магматический и постмагматический процессы.

Глава VII

МЕТАЛЛОГЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ

Общие вопросы

Металлогения элементов наиболее слабо разработана, хотя имеются исследования, которые могут служить отправным пунктом для разработки металлогении если не для всех, то по крайней мере, для ведущих металлов. Это работы С. С. Смирнова, О. Д. Левицкого, Е. А. Радкевич по олову, В. А. Обручева, Ю. А. Билибина по золоту, Г. А. Бетехтина по марганцу, Г. А. Соколова по хрому и др. В них описаны методы исследования металлогении конкретного элемента. Опыт советских геологов показывает, что исследования металлогении конкретных металлов необходимо начинать со сравнительного изучения районов их проявления и генетических типов месторождений. В процессе генетического изучения отдельных элементов решаются также следующие вопросы, имеющие большое значение в практической—поисковой геологии.

1. Выявляется характер распределения тех или иных металлов в пространстве и во времени, и, следовательно, устанавливаются территория и эпоха, наиболее благоприятные для концентрации изучаемого металла.

Так, советские и зарубежные геологи установили, что золоторудные месторождения широко распространены почти во всех континентах. Однако их размещение неравномерно — наряду с типичными провинциями и рудными районами встречаются обширные территории без золоторудных месторождений. В Соединенных Штатах Америки, которые до последнего времени давали около 20% добычи мирового золота, выделено несколько крупных золоторудных провинций: Сьерра Невада, Скалистые горы, Аляска, Аппалачи. Золоторудная минерализация определяет металлогенический облик некоторых из них.

В Канаде в областях Онтарио и Квебека также установлено широкое развитие золоторудных месторождений. На небольшой территории Онтарио размещено свыше 30 известных золоторудных площадей.

В Южной Америке область Трансвааля—Уитустерсранд—выделяется как своеобразный золоторудный район. Золоторудные районы существуют также в Австралии, Японии и в других странах.

На территории Советского Союза крупные золоторудные провинции и районы лежат в области Сибирской платформы, в Северном и Центральном Казахстане, на Урале, северо-востоке СССР и Дальнем Востоке.

Вместе с тем такие крупные страны, как Турция, Иран, Афганистан и Пакистан, не могут похвалиться серьезными золоторудными провинциями и рудными районами.

На территории Индии, кроме знаменитого золоторудного района Колар, на базе которого работает один из самых глубоких рудников мира, других золоторудных районов не отмечено.

Золоторудные месторождения встречаются на платформах в породах докембрийского кристаллического фундамента (Канада, Южная Африка), недислоцированного верхнего структурного яруса (Алдан, западная часть Североамериканской платформы) и в типичных складчатых областях (Кордильеры, Австралия и др.).

Ю. А. Билибин[1], рассматривая металлогению золота, подчеркнул приуроченность золоторудных месторождений к определенным зонам складчатости областей. На основе изучения материалов по Дальнему Востоку и североамериканским Кордильерам он приходит к выводу, «что проявление золотоносности, начинаясь в центральных частях складчатой зоны в середине магматического цикла, постоянно перемещается во времени через краевые части складчатой зоны в форланды, будучи связано со все более и более поздними интрузивными комплексами».

Поэтому по характеру проявления магматизма и связанного с ним оруденения Ю. А. Билибин выделяет два типа золоторудных металлогенических провинций. В одном золотое оруденение проявляется главным образом в средние этапы магматического цикла, а в другом — в последние и конечные его этапы.

Первый тип, по мнению Ю. А. Билибина, — орогенные области, куда он относит докембрийскую металлогеническую

[1] Записки ВМО, вып. 1, 1947.

провинцию Верхоянской складчатой зоны, область североамериканских Кордильер, Забайкалье и др. Вторые соответствуют понятию шельфа. Сюда он включает Урало-Алтайскую металлогеническую провинцию, Кузнецкий Алатау, каледонскую и киммерийскую металлогенические провинции Приамурья, Скалистые горы (США).

2. Выявляются генетические типы, образуемые данным металлом, условия и местообразование их, значение различных генетических типов в концентрации тех или иных металлов. Например, если золото концентрируется во всех типах постмагматических месторождений и широко развито также в месторождениях россыпных и выветривания, то такие металлы, как хром, образуют промышленные типы месторождений только в связи с собственно магматическими рудопроявлениями в ультраосновных породах, в частности, дунитах и перидотитах (Урал).

Для золота, несмотря на широкое его развитие, во многих генетических типах с точки зрения промышленной концентрации большой интерес представляют прежде всего гидротермальные (золотоносные провинции США и Канады) и россыпные месторождения (СССР), иногда золото дает крупные концентрации в древних россыпях (конгломераты Трансвааля).

В качестве другого примера возьмем марганец. Его минералы встречаются во многих типах месторождений (в контактово-метасоматических, гидротермальных, месторождениях выветривания, осадочных и метаморфических), но главные промышленные месторождения и важнейшие марганцеворудные районы относятся к осадочному типу (Никополь, Чиатура) и к зонам выветривания (Индия). Все остальные—местного значения или интересны в минералогическом отношении.

Примером крупной концентрации в различных геологических условиях и, следовательно, в различных генетических типах может служить медь. Она дает крупные концентрации в магматических условиях—в ликвационных месторождениях, ассоциируясь с никелем (Седбери), а также в скарново-рудных (Турье, Урал). Наиболее крупные месторождения и меднорудные районы мира, различные по условиям залегания, образовались в результате гидротермальных процессов. Это вкрапленные «медно-порфировые» руды (Чили, Родезия); медистые песчаники (СССР); различные жилы и рудные тела замещения (США). Кроме того, значительные концентрации меди известны в осадочно-эффузивно-метаморфизованных (Урал) и особенно в осадочных ме-

сторождениях: медистые сланцы (Мансфельд), медистые песчаники (СССР).

3. Устанавливаются типы ассоциаций руд, рудные формации или семейства руд (А. Г. Бетехтин, И. Г. Магакьян), когда благодаря геологическим и физико-химическим условиям металлы и минералы дают определенную парагенетическую ассоциацию (титано-магнетитовые, медно-никелевые, олово-вольфрамовые руды). Определяется также закономерность размещения этих типов ассоциаций в различных геологических условиях и районах.

Например, олово в месторождениях, генетически связанных с более кислыми разностями гранитоидов (гранитоаляскиты), ассоциирует с вольфрамитом, висмутом, реже с молибденитом (Китай, Испания, Рудные горы), а в рудных образованиях, связанных с интрузиями более повышенной основности (гранодиориты), создает сульфидно-касситеритовые типы руд, ассоциирующих в одних случаях с арсенопиритом, а в других — со сфалеритом и галенитом (Дальний Восток, СССР).

Как известно, олово и вольфрам преимущественно находятся совместно и, по удачному выражению С. С. Смирнова, образуют стандарты вольфрамито-касситеритовых месторождений. Но наряду с исключительным развитием такого типа они создают самостоятельные месторождения: шеелитоскарновые—практически без касситерита; карбонатно-касситеритовые и кварцево-касситеритовые —без вольфрамита.

В Средней Азии имеется также рудный район, изученный нами, где отмечено несколько скарново-шеелитовых месторождений с большим промышленным значением, но в них практически отсутствует касситерит. Вместе с тем в том же районе есть карбонатно-касситеритовые и кварцево-касситеритовые месторождения без вольфрамита.

Выявление причин совместного нахождения и антагонистического отношения, существующего между отдельными металлами, — одна из важных задач, наряду с геохимией и металлогенией. Поскольку последняя опирается на более широкие и регионально-геологические материалы, эти вопросы должны занять в ней одно из ведущих мест.

4. Определяется роль различных металлогенических факторов в образовании и региональном размещении тех или иных металлов или семейства их руд. Это важнейшая часть исследования металлогении отдельных элементов.

Так, для постмагматических месторождений свинца и цинка ведущее значение имеют структурно-литологические и постмагматические факторы, а для месторождений платины

и титаномагнетитов — только магматический фактор и отчасти тектонические условия становления этих магматических образований в некоторых районах.

Ю. А. Билибин в статье о некоторых чертах металлогении золота (1947) наряду с другими вопросами детально рассмотрел связь золоторудных месторождений с интрузиями. В частности, он отметил, что золотое оруденение генетически связано:

1) с гранитоидными батолитами средних этапов тектоно-магматического цикла и иногда с предшествующей им дайковой формацией (гипотермальные и мезотермальные месторождения);

2) с малыми интрузиями диоритовых пород поздних этапов тектоно-магматического цикла (мезотермальные месторождения), с эффузиями андезитов (эпитермальные месторождения);

3) с малыми субвулканическими интрузиями пород повышенной щелочности конечных этапов тектоно-магматического цикла (мезотермальные месторождения баритовой рудной формации), с эффузиями латитов, трахитов (фонолито-эпитермальные месторождения).

Г. А. Соколов (1941*, 1948**), детально изучивший металлогению хрома на примерах уральских месторождений, рассмотрел различные факторы, приведшие к концентрации хромитовых месторождений, и выявил решающее значение магматических пород. Он установил следующие закономерности:

а) хромитовые месторождения залегают в тех или иных петрографических фациях ультраосновных массивов. По фациальному составу ультраосновные массивы разделяются на несколько типов, которые можно разбить на две большие группы: содержащие дунитовые фации и не содержащие их в заметных количествах. Хромитовые месторождения связаны преимущественно с массивами первой группы и залегают в дунитовых или в дунито-гарцбургитовых фациях;

б) промышленные месторождения хромитовых руд образовались в результате кристаллизации остаточных расплавов ультраосновных магм, обособляющихся отдельными замкнутыми участками и заканчивающих свою кристаллизацию в ультраосновных интрузиях. Обособления остаточных расплавов содержат различные количества растворен-

---

* Материалы по металлогении Южного Урала. Изд. АН СССР, 1941.

** Г. А. Соколов. Хромиты Урала, Труды Ин-та геологич. наук, вып. 97, Изд-во АН СССР, 1948.

ных летучих (главным образом, воды в надкритическом состоянии) и, следовательно, обладают неодинаковой концентрацией рудообразующих элементов.

Кристаллизация обособленных богатых рудных расплавов происходит с явлениями ликвации их на очень богатую рудную и рудно-силикатную жидкость, в которой содержание силикатообразующих окислов меньше, чем в анхи-эвтектической смеси. Из первой жидкости могут образоваться рудные модули, которые чаще остаются на месте, среди анхи-эвтектического агрегата. Реже эмульсионные капли скапливаются в обособленные массы, которые при движении могут разбиваться на крупные и образовывать шлиры массивных руд. Преимущественно же шлиры богатых руд возникают в результате непосредственной кристаллизации обособившихся богатых рудных расплавов, которые при очень высокой концентрации летучих кристаллизуются позднее других рудных агрегатов с выпадением в интерстициях рудных зерен оливина, а также пневматолито-гидротермальных минералов — метасиликатов, хлоритов и др.;

в) при благоприятных тектонических условиях остаточные рудные расплавы могут инъецировать на некоторые расстояния в данном интрузиве и образовывать эпигенетические рудные тела в других фациях ультраосновных пород;

г) в изучавшихся массивах наиболее распространены полосчатые шлиры и жилообразные линзы густо вкрапленного хромита в дунитах, образовавшихся в результате кристаллизации остаточного рудоносного расплава в условиях ориентированного давления. По-видимому, концентрированный рудный расплав отжимался вдоль направлений пониженного давления, возникающих в находящихся под ориентированным давлением рудоносных дунитах, перед окончанием их кристаллизации. Отжимаемый рудный расплав в зависимости от конкретной тектонической обстановки проходил различный путь от места своего обособления до места окончательной локализации, благодаря чему наблюдаются все переходы от шлиров, застывших почти на месте своего отщепления от дунитовой магмы, к типичным рудным жилам, локализовавшимся в трещинах перидотитовых пород, застывших до отщепления рудного расплава.

5. Детальное изучение металлогенических элементов позволяет установить поисковые признаки и критерии для тех или иных металлов в конкретных геологических условиях и применительно к отдельным рудным провинциям и районам, а также целеустремленно направить поисковую работу. Исследования металлогении элементов должны помочь в решении важнейших вопросов практической поисковой геологии.

Глава VIII

МЕТАЛЛОГЕНИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ

В металлогении очень важно установить и описать роль различных геологических, физико-химических и геохимических факторов в образовании различных по типу месторождений, рудных районов и провинций, так как они выступают в качестве металлогенических, определяющих специализацию отдельных территорий.

Металлогенические факторы можно подразделить на несколько категорий, в зависимости от того, какой металлогенический процесс они характеризуют. Разнообразие металлогенических факторов определяется их зависимостью от геологических и геохимических особенностей конкретных районов и от естественноисторического развития последних. Известно, что различным рудообразующим процессам присущи совершенно различные геологические условия. Так, при образовании собственно магматических месторождений действуют одни металлогенические факторы, а при постмагматическом процессе — другие (различная роль тектоники, неодинаковые глубина образования и геохимические предпосылки). Для формирования осадочных месторождений принципиальное значение приобретают уже совершенно иные металлогенические факторы (роль живых организмов, палеогеография, pH среды и пр.). Как видно, в такой постановке металлогенические факторы тесно связаны с общегеологическими, что соответствует методологическим научным установкам разбираемой научной дисциплины.

Поэтому во всех случаях отправным пунктом для металлогенических исследований должны быть следующие два принципиальных положения.

1. Рудные процессы находятся в причинной зависимости от геологического строе-

ния и естественноисторического развития конкретных районов. Следовательно, магма и связанные с ней рудные месторождения, рудные и нерудные осадочные образования формируются на определенном этапе геологического развития при благоприятных геологических условиях. Осадконакопление, образование складчатых и разрывных структур, внедрение магмы, появление местных разломов и трещин и локализованных в них различных по возрасту даек и рудных жил тесно связаны между собой. Поэтому каждое из этих явлений представляет лишь отдельное определенное звено в цепи единого геологического развития конкретных металлогенических провинций, рудных поясов и районов.

2. Осадконакопление с концентрацией рудной минерализации, геологическая среда, интрузивная деятельность и постинтрузивные процессы непостоянны во всех частях земного шара во все периоды его развития. Они меняются во времени и пространстве в зависимости от геологического развития конкретного района. Следовательно, процессы осадконакопления, развития тектонических структур, магматические, метаморфические и различные рудные процессы, связанные с этими геологическими явлениями, необходимо рассматривать применительно к определенной геологической эпохе и изучать с учетом развития геологических комплексов, слагающих данный район и играющих роль среды в формировании интрузивов, магматических и постмагматических месторождений.

Таким образом, в описанных двух положениях показаны историческая обусловленность рудного процесса, его зависимость от геологического строения и геологической истории конкретного района.

Переходя к более конкретным металлогеническим условиям, мы должны отметить большое принципиальное значение следующих факторов, большинство из которых рассмотрено в литературе Ю. А. Билибиным (1947), автором (1950, 1953) и др.[1]

Геологоструктурное развитие тех или иных участков земной коры — общий металлогенический фактор. Определенным условиям и этапам геологоструктурного развития районов, геоструктурным элементам (геосин-

[1] Во избежание повторения здесь дается общая характеристика важнейших факторов, в следующих главах они будут рассмотрены более подробно.

клинали и платформы) земной коры соответствуют и определенные черты металлогенического развития. Поэтому металлогения платформ отличается от металлогении геосинклиналей. Геосинклинали, в свою очередь, в металлогеническом отношении неодинаковы в различных частях, в зависимости от тектоно-геологического развития. Обычно в пределах каждой геосинклинали удается выделять различные металлогенические провинции или рудные районы, отвечающие «внутренним» и «внешним» зонам С. С. Смирнова и Ю. А. Билибина.

Большое значение имеют также изучение и установление стадийности развития геосинклинальных областей с выделением различных этапов.

В связи с этим интересно металлогеническое районирование отдельных участков, особенно геосинклинальных областей земной коры, на основе структурной классификации последних. Это, в частности, вытекает из доказанного советскими геологами положения, в котором намечаются определенные связи между развитием геосинклинали и характером развития магматических процессов.

Отсюда возникает задача дать более детальное металлогеническое подразделение зон и подзон геосинклинали. Ю. А. Билибин, как отмечено выше, выделил типы орогенических зон («внешние» и «внутренние» и т. д.), отличающиеся в металлогеническом отношении.

Стратиграфо-литологический фактор — один из самых главных и решающих факторов для всех генетических групп месторождений, металлогенических провинций и рудных районов. Его значение в формировании осадочно-рудных провинций общеизвестно, поэтому мы подчеркнем только роль в магматических и постмагматических процессах.

Как и многие советские геологи, в печати мы неоднократно отмечали исключительное влияние литологического состава вмещающих пород на специализацию гранитной магмы и постмагматических растворов (1947—1952). Такое признание роли вмещающих пород приводит нас к новым научным положениям, очень важным для теории рудообразования, и к пересмотру старых представлений о магме как изолированной, замкнутой системе. Установление советскими петрографами (Ф. Ю. Левинсон-Лессинг, Д. С. Белянкин) значения ассимиляционных процессов позволяет нам предположить, что магматические породы — продукт не только магматического очага, но и вмещающих отложений.

Литологический состав вмещающих пород серьезно влияет на состав циркулирующих постмагматических растворов и поверхностных вод. Вмещающие образования способствуют

обогащению этих растворов и вод некоторыми компонентами, в результате чего они приобретают дополнительные геохимические черты. Нередко эти растворы в одних стратиграфо-литологических горизонтах выщелачивают определенную группу компонентов, а в других — высаживают ее. Это изменяет металлогенический облик тех или иных рудных полей. Поэтому изучение химического состава вмещающих пород, особенно распределение в них тех или иных редких и рассеянных металлов приобретает принципиально важное значение.

Кроме того, литологический состав вмещающих пород значительно влияет на размещение постмагматических месторождений. В одних случаях размещение месторождений обусловлено избирательным характером метасоматических процессов (в породах, легко поддающихся метасоматозу), а в других — экранирующей ролью непроницаемых (сланцевых) пород. Нередко контакты двух литологически различных стратиграфических горизонтов создают очень хорошие физико-химические условия для локализации тех или иных месторождений. В частности, Д. С. Коржинский установил благоприятные в физико-химическом отношении условия для формирования скарново-рудных образований в контактовых зонах силикатных и карбонатных пород. Эти отложения становятся источниками таких инертных при высокой температуре компонентов, как Al_2O_3, SiO_2 и CaO, крайне необходимых для скарнообразования.

Магматические факторы — важнейшие для группы эндогенных и особенно магматогенных месторождений. Находясь в зависимости от тектонических условий и литологического состава вмещающих пород, они влияют на металлогеническую специализацию магматических и постмагматических процессов и металлогенический облик магматических и постмагматических провинций и рудных районов. Магматические и постмагматические процессы влияют на степень и масштаб развития эндогенной минерализации, на типы и характер проявления рудных месторождений. Нередко магма выступает в роли главного агента метаморфизма, причем в этом процессе основное значение имеют температурное воздействие магмы и влияние постмагматических растворов. Последние иногда выщелачивают и переоткладывают компоненты вмещающих пород.

Тектонический фактор также довольно универсален. Тектонические условия влияют на формирование всех типов (эндогенных, метаморфогенных и экзогенных) металлогенических провинций и рудных районов.

Прежде всего, благодаря работам советских геологов более или менее отчетливо доказано значение данного фактора в развитии магматических и постмагматических процессов, в частности, разработана их роль в процессах внедрения и в пространственном размещении интрузивных образований. Интенсивность и масштабы магматической деятельности зависят от тектонических условий и геохимического развития отдельных участков земной коры. В настоящее время изучаются и устанавливаются закономерность и взаимосвязанность между развитием тектонических движений и деятельностью магматических очагов. Выявляется некоторая связь между глубинной петрохимической специализацией магмы, процессами ее дифференциации в магматическом бассейне и ассимиляционными процессами, с одной стороны, и тектоническими движениями — с другой.

Складчатые и разрывные структуры исключительно влияют на размещение различных типов месторождений, на формы и условия локализации рудных образований, на пространственное распределение рудных месторождений в отдельных провинциях и рудных районах.

От разрывных структур и их развития во времени и пространстве зависит размещение постмагматической рудной минерализации. Они же нередко определяют характер рудных районов и рудных поясов с постмагматическим рудопроявлением.

Велико значение тектонического режима при формировании осадочных провинций и рудных районов. Л. Б. Рухин в своей книге по литологии[1] отмечает значительную роль различных тектонических режимов в осадкообразовании. Им показаны важнейшие особенности формирования осадочных формаций в различных геоструктурных единицах, отвечающих различным условиям тектонического режима.

1. Платформенный тектонический режим с характерными континентальными бокситами, железными рудами и образованиями коры выветривания.

2. Переходный тип тектонического режима со значительными по мощности осадками, с широко развитыми песчаниками, глинистыми сланцами и карбонатными породами. Для указанного типа характерно накопление мощных толщ углей и марганцево-железистых образований прибрежного, морского и континентального типов.

3. Геосинклинальный тектонический режим характеризуется мощными осадками глинисто-сланцевых,

[1] Л. Б. Рухин. Основы литологии, Гостоптехиздат, 1953.

кремнисто-вулканогенных, кремнисто-железорудных, карбонатных и бокситовых образований.

Приведенная сравнительная характеристика указывает на значение тектонических условий при формировании металлогении территорий осадочными месторождениями.

Метаморфизм как металлогенический фактор тесно связан со всеми вышеперечисленными факторами. Интенсивность метаморфических процессов зависит от различных геологических и физико-химических условий, но метаморфизм был и остается очень важным фактором, поскольку создает особые металлогенические провинции и рудные районы с развитием метаморфогенных типов месторождений за счет осадочных (железо, марганец), реже эффузивно-осадочных (медно-колчеданные с полиметаллами) и других рудопроявлений. Однако мы должны оговориться, что влияние метаморфических процессов на эндогенные и, в частности, постмагматические месторождения еще не известно. Нельзя думать, что все постмагматические месторождения со времен образования не претерпели каких-либо существенных изменений. По-видимому, эти изменения наблюдались при формировании того облика рудного района и месторождения, с которым нам приходится иметь дело в настоящее время. Однако различать «первичные» и «вторичные» — наложенные процессы до сих пор не представляется возможным. Мы также не совсем отчетливо представляем роль метаморфизма в переотложении осадочного и другого материала.

Фактор глубины становления интрузий и месторождений, т. е. глубинные условия формирования металлогенической провинции и рудных районов. Глубина становления интрузий влияет на состав магмы, ибо на разных глубинах процессы дифференциации (особенно отделение жильных дериватов и постмагматических растворов) и ассимиляции могут протекать по-разному. В соответствии с этим условия глубинности влияют и на характер собственно магматической, постмагматической и рудной минерализаций. Различные физико-химические условия различных глубин влияют на тип месторождения, а следовательно, и на металлогенический облик отдельных территорий.

Физико-химические факторы следует также отнести к числу металлогенических. Правда, центр тяжести изучения этих вопросов падает на смежные с металлогенией дисциплины — петрологию, геохимию и учение о полезных ископаемых. Однако давление, температура и состав рудо-

образующих растворов также влияют на металлогеническую специализацию провинции и рудного района.

В числе других факторов, имеющих не универсальное, но также важное значение, особенно для районов развития постмагматических месторождений, мы должны отметить фактор зонального распределения месторождений вокруг материнских интрузий. Зональность рудных месторождений мы упоминаем здесь потому, что она тоже в какой-то мере характеризует облик металлогенической провинции или рудного района, и, следовательно, приобретает металлогеническое значение.

Наконец, в связи с зональностью заслуживает еще особого упоминания такой «вторичный» фактор, как глубина эрозионного среза. Правда, та или иная глубина эрозионного среза сама по себе не влияет на распределение эндогенных месторождений и на характер самих рудных месторождений[1]. Однако это следует учитывать для районов с зональными рудопроявлениями, поскольку изучение его может указать, какие типы рудных месторождений или члены рудного комплекса выведены на дневную поверхность, еще находятся на глубине или уже уничтожены эрозией, причем это может быть в основном в районах с постмагматической минерализацией.

Говоря о роли эрозионного среза, мы не можем не указать на явно ошибочное представление проф. И. И. Танатара (1950) по этому вопросу. В отличие от многих советских геологов, следуя за В. Эммонсом, он считает, что «признаки провинций определяются не тем, что определенным геологическим периодам свойственны определенные породы, руды и другие полезные ископаемые, а тем, что определенному возрасту отвечает определенный горизонт размыва» (подчеркнуто нами. — *Х. А.*).

Развивая далее этот ошибочный тезис, И. И. Танатар указывает, что «молодые горные системы (альпийские) характеризуются полиметаллическими или, лучше сказать, эпитермальными оруденениями, все герцинские системы характеризуются мезотермальными оруденениями с характерной для них медью, а докембрийские системы — железными рудами гипотермального (?) типа». Как видно из приведенных цитат, И. И. Танатар явно преувеличивает роль эрозионного среза. Для установления ошибочности положения И. И. Та-

[1] Глубины эрозионного среза не влияют определенно на металлогеническую специализацию районов с осадочным рудопроявлением (см. дальше).

натара достаточно сличить его выводы с фактическим материалом, приведенным нами при рассмотрении металлогении отдельных эпох и геологических периодов (см. гл. IV).

Мы перечислили ведущие металлогенические факторы, принципиально влияющие на формирование металлогенического облика провинций и рудных районов преимущественно эндогенного происхождения.

Для экзогенных процессов, кроме некоторых из вышеотмеченных, существуют особые металлогенические факторы. Разработка их должна войти в задачу региональной и общей металлогении, поскольку уже есть сильно развитая научная дисциплина — петрография осадочных пород, пользующаяся специфическими методами и приемами исследования (методы корреляции, лабораторные методы — спорово-пыльцевой, термический и рентгеноструктурный анализы). Согласно трудам таких крупнейших советских геологов, как А. Д. Архангельский, Н. М. Страхов, Л. В. Пустовалов, В. И. Попов, Н. А. Кротов, и др., мы должны из числа металлогенических факторов выделить следующие.

Палеогеографический фактор. Здесь мы должны особо подчеркнуть роль климата, поверхностных вод, рельефа местности и различных организмов, которые влияют на формирование осадочных рудных районов. Например, в континентальных условиях образуются преимущественно остаточные месторождения и россыпи, тогда как в морских — химические рудные осадки иного характера. Главная отличительная черта палеогеографии геосинклиналей — морской режим, сравнительно устойчивый в течение длительного периода ее развития. Однако благодаря исключительной тектонической активности геосинклинальных областей географические очертания суши и моря часто меняются на широком фоне морского режима. Для платформенных областей характерны мелководные условия с накоплением сравнительно небольших по мощности осадков.

Состав источника терригенных и других компонентов, т. е. характер питающих провинций — другой главнейший фактор металлогении. За редким исключением состав формирующихся осадочных месторождений рудного района и провинций зависит от состава источников, т. е. осадочных, метаморфических и изверженных горных пород, подвергшихся разрушению.

Н. М. Страхов (1947), объясняя разную степень концентрации железных руд в различных геоструктурных единицах земной коры, отмечает большое значение состава субстрата. Он указывает, что «в геосинклиналях — это эффузивы, мета-

морфические породы, полимиктовые песчаники с большим содержанием невыветрелых пород и минералов; во всех этих образованиях — обилие темноцветных, богатых железом силикатов. На платформах в области выступов — глубоко срезанные эрозией гранитные и гнейсовые породы фундамента с лоскутными пятнами других кристаллических сланцев, во впадинах — исключительно осадочные накопления, часто карбонатные и песчаные, с пониженным содержанием Fe».

Состав слагающих пород, характер рудных месторождений, размах эрозии, и, наконец, процессы выветривания могут объяснить многие металлогенические особенности отдельных экзогенных провинций и рудных районов. Роль субстрата питающих провинций в распределении железных, марганцевых и бокситовых руд огромна. Одной из главных причин металлогенической специализации территорий с осадочными рудными месторождениями является характер питающих провинций.

Следующий важный металлогенический фактор экзогенных процессов — б и о- и г е о х и м и ч е с к и й р е ж и м в о д о е м о в и других мест накопления осадочных минерализаций.

Для металлогенической специализации осадочных провинций или рудных районов большое значение имеют такие геохимические факторы, как величины pH и концентрация H_2S, CO_2 и др.

Следует также упомянуть роль кислорода в осадочном рудообразовании. В одних случаях при его избыточности сильно развивается окислительная фация с образованием месторождений бурых железняков и пиролюзита, псиломелановых руд, а при недостатке кислорода главными агентами рудообразования становятся компоненты CO_2, H_2S, приводящие к накоплению сидерита и сульфидов. Следовательно, геохимический режим — очень важный фактор осадочного рудообразования.

В качестве особого металлогенического фактора следует рассматривать поверхностные подземные воды (особенно их состав, скорость течения, развитие зон инфильтрации и др.) для формирования особых рудных районов с месторождением коры выветривания.

Наконец, говоря о металлогенических факторах для осадочного рудообразования, необходимо подчеркнуть важное значение диагенеза, который впервые в развернутом виде показан Н. М. Страховым (1953). Он обращает особое внимание на необходимость учета роли диагенеза (стадия превращения осадка в осадочную породу) и подчеркивает ис-

ключительное значение его в осадочном рудопроявлении. Он правильно указывает, что до сих пор при изучении осадочных комплексов основное внимание обращалось на седиментацию и почти не рассматривалось преобразование осадка, отложившегося в ходе диагенеза. Поэтому и нет ясного представления об их значении в формировании петрографического облика осадочных пород.

В стадии диагенеза, по Н. М. Страхову, происходят:

1) минералогические преобразования веществ, поступивших в осадок в седиментационной стадии;

2) диагенетическое перераспределение вещества осадков;

3) окончательная убыль воды, насыщавшая осадок, превращающийся в породу (метафикация) с типичными чертами, соответствующими петрографическому классу.

На основе детального анализа диагенеза и седиментации осадков Н. М. Страхов приходит к выводу о классификационном значении этих явлений в генетической группировке осадочных месторождений. Среди последних он предлагает выделить (для осадочных месторождений железных руд): а) группу седиментационных месторождений (оолитовые гематит-шамозит-сидеритовые руды); б) группу диагенетических месторождений (сидеритовые).

Рассматривая причины пространственной локализации осадочных железных руд в различных геоструктурных единицах, Н. М. Страхов (1947) отмечает исключительно важное значение: 1) особенностей палеогеографических условий, свойственных платформам, геосинклиналям и областям предшествующей складчатости; 2) особенностей динамического режима, присущих каждой из этих геоструктурных областей; 3) особенностей литологического состава субстрата, образующего поверхностные части литосферы. Эти факторы, детально описанные для железных руд, играют не меньшую роль в локализации других руд (марганца, алюминия и др.) и определяют металлогенический облик осадочных провинций и рудных районов.

Глава IX

ИСТОЧНИКИ МЕТАЛЛОВ В ЭНДОГЕННОМ МЕТАЛЛОГЕНЕЗЕ

Современное состояние вопроса

Химические и особенно металлогенические элементы распределяются в земной коре неравномерно. Это относится как к различным по составу породам, так и к различным по геологической истории участкам земной коры. То же можно сказать в отношении геологических эпох.

Об источниках металлов, которые дают промышленные и иные концентрации, существуют различные мнения. Если об источниках металлов для осадочных и собственно магматогенных месторождений, связанных с основными и ультраосновными породами имеются достоверные данные, то для большой группы постмагматических месторождений вопрос остается спорным.

Состав металлических компонентов осадочных месторождений тесно связан с составом питающих провинций — поставщиком терригенных и химических компонентов. Это отчетливо устанавливается для различных типов россыпных месторождений и многочисленных месторождений типа выветривания, а также в некоторых случаях для осадочных, располагающихся недалеко от первоисточника (медистые песчаники). Трудно установить такую связь для месторождений, образующихся в глубоководных условиях, значительно удаленных от мест питания (марганцевые месторождения типа Никополя и др.). Но даже для них в конечном счете можно установить области сноса, изучив их палеогеографию.

О роли субстрата в формировании провинций и рудных районов значительные сведения имеются в работах многих известных литологов (Н. М. Страхов, П. В. Пустовалов, В. И. Попов и др.).

По вопросу об источниках металлогенических компонентов в основных и ультраосновных породах также нет разногласий. Существуют следующие закономерности, на основа-

нии которых можно судить о причинах металлогенической специализации этих магматических образований:

1) постоянная приуроченность месторождений отдельных металлов или их рудопроявлений к определенным по составу магматическим образованиям (хром в дунитах, сульфидно-никелевые месторождения в габбро-норитах);

2) рудные образования, связанные с основными и ультраосновными породами, как правило, располагаются в пределах интрузивных массивов — своих первоисточников. В них металлы порождаются теми же очагами, которые способствуют созданию на определенном этапе развития данного участка земной коры этих магматических образований.

Следовательно, когда речь идет об основных и ультраосновных породах и о металлогенической специализации, мы имеем в виду глубинную специализацию и дифференциацию этих магматических образований, образующих различные горные породы и связанные с ними месторождения. В этом вопросе исследователи собственно магматических месторождений единодушны во взглядах. Спорной для этой группы является роль ликвации и гидротермального процесса.

По вопросу о первоисточниках металлов в постмагматических провинциях и рудных районах существует несколько направлений.

Одни считают, что источником металлических компонентов для всех постмагматических месторождений, по аналогии с собственно магматогенными, являются интрузивные массивы — гранитоиды, щелочные и реже основные породы.

По мнению других (в основном зарубежных геологов), источник металлов для постмагматических месторождений — глубинные — подкоровые зоны земной коры, откуда эти металлоносные растворы поднимаются независимо от магматических, прежде всего кислых интрузивных образований.

Некоторые исследователи за первоисточник металлов принимают вмещающие породы (осадочные, метаморфические, эффузивные и др.). В этом случае магма и постмагматические растворы выступают в роли переносчиков, а в случае гранитизации источником их являются гранитизирующиеся породы.

Еще одно направление допускает металлоносность магмы, но одновременно не исключает возможность ее обогащения металлами и другими компонентами из вмещающих интрузивы пород.

Первое направление в геологии общеизвестно. Оно заложено работами Эли де Бомона и в последнее десятилетие развивалось нашими (А. Е. Ферсман, В. А. Обручев и др.)

и зарубежными учеными (Линдгрен, Ниггли и др.). В последние годы этот вопрос развит в работах некоторых советских геологов (Ю. А. Билибина, И. Г. Магакьяна и др.). В основе их представлений лежит глубинная металлогеническая специализация кислой и щелочной магмы, связанная с дифференциацией ее на больших глубинах—в магматических очагах. Поэтому различная металлоносность кислой магмы, или иногда совершенное отсутствие в последней металлов—стерильность этих магм, связывается с глубинными причинами, порождающими эти магматические образования.

При такой постановке, когда все связывается только с глубинными условиями, магматические образования и рудопроявления отрываются от геологической истории и геологического строения конкретных участков. Правда, в этом вопросе представления советских геологов (Ю. А. Билибин, группа геологов ВСЕГЕИ, И. Г. Магакьян) резко отличаются от представлений зарубежных ученых. По мнению наших геологов, состав магмы, ее интенсивность и, в связи с этим, металлоносность зависят от геолого-исторического развития отдельных участков земной коры, когда на различных этапах развития последних выделяются различные по составу магмы и свойственные им группы металлических элементов. Следовательно, и в этом случае главная причина специализации кислой магмы находится где-то в глубинах, и о ней мы имеем самые туманные сведения. Наши данные в этом вопросе относятся к продуктам предполагаемых глубинных очагов, а не к прямой деятельности их.

Такая концепция по отношению к ультраосновным и основным породам на данном этапе развития геологической науки, безусловно, наиболее правильна. Также следует согласиться с тем, что кислые магмы, внедряющиеся в средних и поздних этапах геосинклинального развития, по металлогении резко отличаются от основных и ультраосновных пород ранних этапов. Однако при детальном изучении различных типов кислой магмы и связанных с нею рудопроявлений выявлено, что существующая и широко распространенная концепция о глубинной специализации не может объяснить всего разнообразия их состава и содержания в них различных металлов. Следовательно, вопрос о том, почему неодинаковые по петрохимическому составу кислые магмы (гранитов, гранодиоритов и др.) образуют различные не только по составу, но и по генетическому типу месторождения, остается нерешенным и спорным. Тем более непонятно наличие (если они есть) каких-то безрудных магм. В каких условиях порождаются такие безрудные или богатые металлическими эле-

ментами магматические образования. Поэтому вполне естественно на различных этапах развития представления о постмагматических месторождениях и связи их с интрузиями возникали мнения, исключающие магматические источники (взгляды зарубежных ученых, составляющие второе направление в данном вопросе).

В свое время о независимости рудных растворов от магмы и о глубинных, независимых от магмы первоисточниках подкоровых и иных очагов высказывались Локк, Биллингслей и Холмс. В последние годы эти представления, несколько измененные, отстаивают безуспешно американские геологи Браун и Уайт.

Представители третьего направления в основу своих взглядов положили различные представления по основным вопросам петрологии и региональной геологии. Некоторые зарубежные (Сулливан) и советские (Н. Г. Судовиков, П. Н. Кропоткин и др.) геологи встали на позицию гранитизации. В качестве первоисточника металлических компонентов они рассматривают различные горные породы (по мнению Сулливана, особенно эффузивы), подвергшиеся гранитизации. Сулливан считает, что верхний структурный ярус земной коры обогащен металлическими компонентами в результате излияния богатых металлами эффузивов, источники которых находятся очень глубоко.

Следовательно, металлический состав гранитоидов полностью зависит от состава эффузивных и иных пород, подвергшихся гранитизации.

Согласно представлениям некоторых других геологов, магма и ее растворы играют роль переносчиков металла и являются главными агентами переотложения в верхних структурно-геологических ярусах. В частности, Шнейдерхон, допуская металлоносность магмы герцинской эпохи, считает, что магмы альпийской эпохи стерильны и способны к переотложению металлических элементов, привнесенных магмой в герцинскую эпоху, с образованием так называемых «регенерированных» месторождений.

Четвертое направление — новое, разрабатывается советскими геологами. Согласно этой концепции, в основных чертах изложенной нами (1950, 1954), всякая, в том числе кислая магма, — потенциально металлоносна; однако допускается возможность обогащения ее за счет вмещающих пород. Главное в данной концепции заключается в том, что потенциальная металлоносность магмы реализуется в конкретных геологических условиях и при благоприятных сочетаниях различных факторов, среди которых одним из ведущих явля-

ется ассимиляционный процесс. Эти вопросы подробно освещены в наших работах, исследованиях А. Д. Ершова и других геологов. Причем обогащение может происходить путем ассимиляционных процессов, когда компоненты вмещающих пород попадают в магму, и затем, в последующие этапы развития постмагматических растворов — откладываются. Но иногда постмагматические растворы переоткладывают эти компоненты вмещающих пород.

Об источниках металлов в постмагматических процессах

Наиболее распространенные металлические элементы в составе земной коры — алюминий (8,13%), железо (5,01%), магний (2,09%), титан (0,63%), марганец (0,10%), хром (0,037%). Все они совместно с O, Si, Al, Fe, Na, K, Ca, Mg, Ti, P, Mn и H составляют 99,6%. Таким образом, на долю оставшихся элементов, а большинство из них металлические, приходится только 0,4%. Следовательно, металлы, которые являются объектом исследования металлогении, за исключением вышеперечисленных, в составе верхней оболочки земной коры имеют незначительный удельный вес; исследования законов их концентрации — очень трудная и важная задача геохимии и металлогении.

Если учесть, что такие важные металлы (постмагматического процесса), как Cu, Zn, Pb, Sb, Ag, Au, Sn, присутствуют в земной коре в значительно меньшем количестве, чем так называемые редкие металлы (V, U, Li), но образуют более крупные месторождения, рудные районы или провинции (примером может служить медный пояс Чили, полиметаллическая провинция Мексики и т. д.), чем те, которые встречаются в большом количестве, станет ясной актуальность задачи изучения законов концентрации металлов в природе. Следовательно, дело не только в содержании тех или иных элементов, а главным образом в геологических условиях, в которых они могут дать промышленную концентрацию.

Медь с содержанием 0,010%, свинец с содержанием 0,002% образуют крупную провинцию и рудные районы, некоторые из них с суммарными запасами до 10—15 млн. *т* металла. В то же время ванадий и хром, содержащиеся в несколько раз в большем количестве, чем эти металлы в земной коре, не создают крупных провинций и образуют небольшие рудные районы с месторождениями, запасы которых составляют 50—100 и реже 200—500 тыс. *т*. Таким образом, наряду с геологическими условиями концентрации боль-

шое значение имеют свойства самих элементов, способность их к концентрации или рассеиванию. Если бы все зависело от геологических условий, то, конечно, на земном шаре нашелся бы участок, где хром или ванадий создали крупные районы или провинции. Ведь известно, что запасы самого крупного района развития месторождений в Перу (Южная Америка) составляют несколько десятков тысяч тонн.

Следует указать на другой очень важный факт, имеющий большое значение в металлогении. Как известно, в основных и ультраосновных породах содержание некоторых металлов (железа, марганца и магния) больше, чем в кислых породах (гранитоидах), тем не менее постмагматические месторождения этих металлов связаны с кислыми породами. Сюда относятся многочисленные скарново-магнетитовые месторождения, связанные с гранодиоритом, гидротермально-сидеритовые образования типа Бокал и мощные зоны гидротермальной доломитизации. Эндогенные месторождения марганца слабо развиты, но тем не менее и те немногочисленные марганцево-рудные образования в пространстве и во времени также тяготеют к кислым интрузиям. Таким образом, вытекает очень важный для металлогении вывод о том, что содержания металлов в магме самих по себе недостаточно для накопления их в постмагматических процессах. Для этого магмы должны быть способными (по-видимому, богатыми минерализаторами и др.) отдавать их в постмагматических продуктах.

Химические элементы, участвующие в металлогенических процессах, образуют несколько родственных групп. Группа железа, куда входят Fe, Mn, Cr, V, Ti, Ni, Co. Перечисленные элементы являются главными компонентами основных и ультраосновных пород. Они в большинстве случаев образуют три парагенетические группы с характерными месторождениями и рудными районами: а) титаномагнетитовые; б) хромито-железорудные; в) медно-никелевые.

Группа железа имеет решающее значение в рудных районах с собственно магматическим рудопроявлением и определяет металлический облик провинций и рудных районов с магматогенными месторождениями.

Группа молибдена и вольфрама. Ведущие элементы ее — главные металлы кислых пород; они участвуют в постмагматических процессах.

В группу полиметаллических месторождений входят: а) полиметаллические, образующие самостоятельные крупные рудные районы и провинции; пространственно тяготеющие к кислым породам повышенной основности;

б) подгруппа золото-серебряная, парагенетически связанная с сульфидами меди, свинца, цинка и железа, нередко создающая отдельные рудные районы и мощные месторождения; в) подгруппа олова в ассимиляции с полиметаллами и нередко образующая самостоятельные месторождения; г) подгруппа ртути, в парагенезисе с сурьмой формирующая гидротермальные месторождения.

Для групп полиметаллов в целом характерна связь их с кислыми интрузиями. Важнейшие месторождения и рудные районы развиты в районах распространения кислых пород. Для удаленных от интрузий типов такую связь установить очень трудно, в частности, это относится к подгруппе ртути и некоторым свинцово-цинковым месторождениям.

Группа платины (Pt, Pd, Os, Ir, Ru, Rh) — элементы ультраосновных и реже основных пород, образующие собственно магматические месторождения.

Группа тяжелых минерализаторов (As, Sb, Bi, Se и Te) — элементы кислых и, возможно, щелочных и постмагматических месторождений.

Группа радиоактивных элементов (Ra, Th и U), также являющихся элементами кислых и щелочных пород и связанных с ними постмагматических процессов.

Парагенетическая группировка химических элементов, по А. Н. Заварицкому, выполняемая на таблице Менделеева, показывает, что среди элементов существуют родственные группы, объединяющие близкие по свойствам элементы. Благодаря этому магмы, постмагматические продукты и отдельные территории приобретают металлогеническую специализацию. Особенно хорошо очерчиваются ассоциации элементов постмагматического процесса, образующие несколько резко обособленных парагенетических групп.

Имеющиеся материалы по генетической связи оруденения с интрузиями свидетельствуют о том, что различные по составу магмы несут различные металлические и другие элементы. Это очень отчетливо устанавливается для многих элементов, месторождений и рудных районов. А. Ф. Баддингтон и А. Е. Ферсман, обобщившие материалы по данному вопросу, приводят следующую группировку элементов:

а) в кислых (или натровых) породах: Li, Ge, Rb, Cu, Ta, Zr, U, Th, Mo, Sn, Zn, W (?), Pl (?), из минерализаторов B и F;

б) в основных породах: Hg, Fe, Pt, Cr, Ti, Mn, Ni, Co, V плюс такие минералы, как P и S;

в) в породах, богатых натрием: Li, Cs, Ti, Zr, Ce, Th, Co, Ta, U, Nb, W (?) и минерализаторы Cl и F;

г) в породах, богатых железом: Ti, Mn, V, Ni, Co, Cu;
д) в породах, богатых магнием: Cr, Pt, Ni.

Таким образом, магма специализируется не только в петрохимическом, но и в металлогеническом отношении. Поэтому металлические компоненты, содержащиеся в магмах, могут быть первоисточниками тех огромных по площади развития постмагматических образований, которые мы наблюдаем в природе.

Одновременно геохимия устанавливает широкое распространение металлических элементов в осадочных, метаморфических и эффузивных породах. В связи с этим констатируется возможное металлическое значение данных образований в постмагматическом процессе и необходимость учета этого фактора в рудогенетических построениях.

В результате химических и спектральных анализов обнаружено, что в осадочных и других породах присутствуют многие из металлических элементов, характерные для постмагматического процесса (железо, олово, золото, бериллий, свинец, медь и др.).

Минералогическими исследованиями А. Е. Ферсмана для Русской равнины, Л. М. Миропольского для Татарии выявлено, что такие «стандартные» минералы постмагматического процесса, как галенит, сфалерит, халькопирит, широко распространены в палеозойских и других отложениях. В частности, Л. М. Миропольский установил, что галенит широко распространен в древних отложениях Татарии со сравнительно высоким содержанием MgO. Причем галенит и халькопирит встречаются совместно со сфалеритом и пиритом. Кроме этих минералов, он обнаружил свинец, цинк, медь. По Л. М. Миропольскому, приведенные минералы являются вторичными и отложенными из поверхностных вод, циркулирующих по этим породам.

Многочисленные химические анализы (данные взяты из книги финских геологов Ранкама и Сахама)* показывают высокое содержание некоторых металлов в осадочных породах, в частности, содержание меди (*г/т*) колеблется: в различных глинах 128—160, в аргиллитах—192, в доломитах—12,6, в марганцевых конкрециях—3000. Цинка в песчаниках—около 20 *г/т*, в сланцах—200—1000, в известняках—около 50, глинах—80—230, оолитах—80 и сидеритах—40 *г/т*.

Давно известно проявление сульфидного оруденения в ряде угольных толщ. А. В. Ферсман еще в 1915 г. установил

---

* А. Е. Ферсман. «Минералогия каменноугольных отложений окрестностей Боровичей», 1915.

развитие сфалерита и галенита в конкрециях пирита и в виде тонкой рассеянной вкрапленности в углях (Боровичский р-н). Такие же находки сделаны и в других угольных бассейнах Советского Союза и мира. В частности, совсем недавно А. С. Садыков (1953) установил широкое распространение галенита в пиритовых конкрециях Ангренского угольного месторождения. Причем галенит образует хорошие кристаллы и находится не только во внутренних частях конкреции, но и на поверхности ее.

По данным М. М. Константинова, сфалерит и галенит образуются также в ядрах фосфоритовых стяжений (Приднестровье и др.), а вкрапленность их — в конкрециях сферосидеритов (Дарвазский район, Средняя Азия).

В целом для осадочных пород характерны концентрация свинца в известняках, особенно доломитовых и битуминозных, меди—в песчаниках (Сибирская платформа и Средняя Азия) и сланцев (знаменитые медистые сланцы Мансфельда). Интересно, что в осадочных медных месторождениях наблюдается значительная концентрация свинца и цинка. Так, из осадочных медных руд Мансфельда одновременно добываются свинец, цинк, серебро, кадмий, никель, в незначительном количестве золото, платина, палладий, ванадий и селен. По данным В. А. Обручева[1], в медистых песчаниках Сибирской платформы повсеместно распространены сфалерит и галенит. Высоким содержанием бериллия, олова, титана отличаются различные сланцы.

В углистых веществах сланцев и битуминозных разностях последних в связи с накоплением органических углистых веществ наблюдается значительная концентрация никеля, кобальта и ванадия. Среди сланцев, отчасти песчаников, широко развиты железо, марганец и др.

Неоднократно отмечалось высокое содержание некоторых элементов (свинца, цинка, меди) в эффузивных породах, не говоря уже о том, что в них в значительном количестве содержатся железо, марганец, магний.

В последние годы советские геологи и гидрологи провели значительную работу по выявлению содержания различных элементов в горных породах и подземных водах.

Все время речь шла об элементах или минералах, которые содержатся преимущественно в осадочных и меньше в метаморфических породах. Если учесть, что существуют еще осадочные месторождения, рудные районы с осадочным ру-

[1] В. А. Обручев. «Древнепалеозойские породы долины р. Лены», Записки Вост.-Сиб. отд. РГО, т. II, вып. 1, 1892.

допроявлением и осадочные металлогенические провинции, станет ясным большое принципиальное значение осадочных пород как возможного источника металлов в постмагматических процессах.

В последнее время советские геологи, в частности М. М. Константинов и др., критически пересмотрели генезис некоторых рудных месторождений, ранее относимых исследователями к группе так называемых телетермальных и др. М. М. Константинов (1951, 1953) показал огромное значение осадочного процесса в накоплении свинца и цинка, и в связи с этим, в образовании осадочных месторождений данных минералов.

В настоящее время—много нерешенных вопросов, связанных с осадочными месторождениями. Число различных осадочных месторождений, по-видимому, больше, чем мы знаем. Дальнейшее изучение роли метаморфических и других процессов, нередко преобразующих облик осадочных месторождений, дает много нового для однозначного решения этой проблемы. В связи с этим мы не можем не отметить большое принципиальное значение поднятого Н. М. Страховым[1] вопроса о значении диагенеза (т. е. стадии превращения осадка в осадочную породу) осадков в осадочном рудообразовании как очень важного металлогенического фактора.

Поднятый М. М. Константиновым вопрос имеет принципиальное значение не только в связи с решением вопроса о генезисе многих этих месторождений, но и с тем, что осадочные породы становятся важным источником обогащения магмы и постмагматических растворов.

Осадочные породы при ассимиляционных процессах могут обогатить магму металлическими компонентами. В более поздних этапах этими компонентами могут обогатиться и постмагматические растворы, циркулирующие через различные горизонты вмещающих пород.

С установлением осадочного генезиса некоторых месторождений, которые до сих пор принято считать гидротермальными, можно правильно расшифровать металлогенические особенности многих районов и решить проблему генетической связи, ибо с осложнениями в ее решении мы прежде всего сталкиваемся с теми месторождениями, которые имеют не отчетливо выраженный генезис (свинцовые месторождения типа Миссисипи и Миссури). И, наконец, с решением этих вопросов мы иначе подойдем к поискам этих месторождений и увеличим наши перспективы.

---

[1] Изв. АН СССР, серия геологич., 1953, № 5.

Таким образом, с нашей точки зрения источник металлов в постмагматических рудных районах и провинциях — прежде всего сами кислые и щелочные породы, содержащие в тех или иных количествах металлы; одновременно металлоносными являются те осадочные, метаморфические и эффузивные породы, которые также могут влиять на металлогеническую специализацию магмы и металлогенический облик постмагматических провинций. Оба источника необходимо рассматривать во взаимосвязи. Поэтому большое значение имеет выдвинутая нами (1950) концепция о металлогенической специализации магмы и постмагматических растворов (подробно см. следующую главу).

О потенциальной металлоносности магмы

С каждым годом становится больше данных по распространению различных рудных минералов и элементов в различных изверженных горных породах. В связи с широким применением геохимических методов исследования, открытием новых месторождений и рудных районов с эндогенной минерализацией появилось много материала для суждения о металлоносности различных пород. Однако исследования содержания металлических элементов в изверженных горных породах все еще находятся на низком уровне.

После работ Ц. Кларка, В. И. Вернадского и А. Е. Ферсмана серьезных работ нет, о металлоносности или «стерильности» отдельных интрузий мы судим в зависимости от того, образуют ли они месторождения или нет. Это упрощенный подход к решению очень важного вопроса о металлоносности отдельных интрузий. Разумеется, этих данных недостаточно для объявления некоторых интрузивных массивов, районов и иногда провинций безрудными, а магм, принимающих участие в геологическом строении этих участков земной коры, «стерильными».

В геологической литературе общепринято деление магмы на металлоносную и неметаллоносную или «стерильную» от металлических элементов. Однако оснований для такого разделения магмы нет. Основанием для отнесения отдельных магматических образований к «стерильным» служит отсутствие месторождений около так называемых «стерильных» магматических образований, хотя сами интрузивные породы не анализировались и геологические условия становления таких интрузий (непродуктивных) не во всех случаях детально изучены.

Мы считаем, что для утверждения металлоносности одних магматических образований и стерильности других металлогения не располагает достоверными данными, а наоборот, имеющиеся материалы показывают, что сами «стерильные» магматические породы оказываются сами по себе металлоносными, т. е. содержат металлические элементы.

На этой основе мы выдвинули гипотезу о потенциальной, но строго различной металлоносности магмы.

Вместе с тем необходимо подчеркнуть, что при изучении металлоносности различных изверженных пород обнаружена специализация различных магматических образований по содержанию металлических элементов.

В общих чертах металлогеническая специализация, связанная с глубинными процессами, может зависеть от состава субстрата, за счет которого образуется данная магма в пределах существующих кислых, щелочных и основных магм. Такая специализация отмечается во всех районах мира и не вызывает сомнения. Особенно это относится к собственно магматическим и постмагматическим месторождениям высокотемпературных комплексов.

Внутри кислых и основных пород также намечается металлогеническая специализация различных петрографических типов интрузивных пород. Это особенно отчетливо намечается для различных дифференциатов основных и ультраосновных пород, а также, правда в меньшей степени, для различных типов гранитоидов. Так, среди дифференциатов основной магмы наблюдается следующая металлогеническая специализация: а) в норитовых интрузиях локализуются медно-никелево-пирротиновые месторождения ликвационного типа, широко развитые и в платформенных областях образующие целые провинции и рудные районы (Канада, Норвегия и др.); б) с дунито-перидотитовыми интрузиями связано формирование районов развития почти всех месторождений хрома, платины, осмия, иридия, алмазов.

Среди петрографических разновидностей гранитоидов также намечается известная специализация. Например, с диоритами связаны преимущественно многочисленные золоторудные месторождения мира, скарново-магнетитово-халькопиритовые (провинция Банат); с кварцевыми диоритами и гранодиоритами — многочисленные скарново-магнетитовые месторождения с сульфидами меди и железа, скарново-рудные месторождения свинца, цинка и золота, скарново-шеелитовые месторождения, сульфидно-молибденовые, сульфидно-касситеритовые месторождения; с гранитами и аляскитами — кварцево-касситеритовые месторождения, бериллий содержа-

щие пегматиты; с щелочными породами, как известно,—крупные скопления апатита (Хибины), магнетитовые месторождения со значительным содержанием фторапатита (Кируна, Швейцария), магматические магнетитовые месторождения без титана (в докембрийских породах, штат Нью-Йорк), скарново-магнетитовые месторождения (Талас) и, наконец, многочисленные месторождения флюорита, тория, возможно, ртути, сурьмы и других элементов.

Приведенные примеры хотя и требуют дополнительного изучения и уточнения, однако свидетельствуют о наличии металлогенической специализации среди различных петрографических типов пород, образованных основными и кислыми магмами. Причины такой специализации пока не выяснены.

Для различных типов пород основной магмы главной причиной такого разнообразия является, по-видимому, дифференциация ее в конкретных геологических условиях становления данного магматического комплекса.

В отношении кислых магм в современной литературе высказано несколько взаимоисключающих предположений.

Наиболее спорны металлоносность и металлогеническая специализация кислой магмы и вопрос о том, существует ли стерильная магма.

По нашему мнению, в той или иной степени металлоносными являются все петрохимические типы гранитной магмы и, возможно, все интрузивные массивы. Следовательно, неметаллоносной магмы или интрузии нет. Все магмы потенциально металлоносны. Однако содержания металлов в магме как в количественном, так и в качественном отношениях различны в разных районах, на разных этапах и фазах магматического проявления. В настоящее время для утверждения о металлоносности одних и «стерильности» каких-то других разностей гранитной магмы данных недостаточно. Наоборот, на основании фактических материалов можно утверждать, что самые «стерильные» магматические образования при детальном изучении оказываются металлоносными. Ежегодно советские геологи открывают сотни и тысячи точек рудопроявлений, значительная часть которых находится в районах развития магматических образований, считавшихся несколько лет назад безрудными, причем магма таких районов почему-то расценивалась как «стерильная».

Вместе с тем сейчас устанавливается, что нередко те интрузивные массивы, которые считались безрудными, при тщательном изучении с применением химических и спектральных методов по содержанию отдельных металлов ничем не отличаются от интрузий, дающих промышленные место-

рождения. Такие соотношения установлены нами с И. М. Исамухамедовым и И. Х. Хамрабаевым для рудных и «безрудных» интрузий Западного Узбекистана. В частности, И. Х. Хамрабаев (1952), специально изучавший распространение металлических элементов в различных интрузивных породах этого района, для Каратюбинских интрузивных массивов приводит некоторые данные (табл. 1), хотя известно, что в данном районе эти металлы не создают промышленную концентрацию.

Таблица 1

Химический состав интрузивов Каратюбинского массива по данным химических анализов*

Интрузив	Средние содержания элементов, %		
	Pb	Zn	V_2O_5
Диорит биотитовый	0,03	0,02	0,024
Диорит	0,03	0,01	0,024
Порф. гранодиорит	0,03	0,01	0,008
Ксенолит гранитиз.	0,03	Не обн.	0,004
Гранодиорит	Не обн.	0,03	0,008
Габбро-диабаз	0,03	Не обн.	0,036
Диорит-порфирит	0,12	0,02	0,040
Гранодиорит-порфир	0,06	0,02	Не обн.
Гранит-порфир	0,03	Не обн.	„ „

* Анализы произведены в химической лаборатории Узгеоуправления аналитиком М. И. Медведевой.

С. М. Бабаходжаев (1952) в одном из районов Гиссарского хребта изучал металлоносность различных по составу и возрасту интрузивных пород; проделано около 300 спектральных и 50 химических анализов горных пород. В результате анализов установлено, что все разновидности гранитоидных пород данного района являются металлоносными, т. е. содержат те или иные металлические элементы.

Содержание металлов в ранневарисских и поздневарисских гранитоидных комплексах различно в зависимости от их петрохимического состава. Причем в ранневарисских гранитоидах сравнительно больше таких элементов, как бериллий, никель, кобальт, медь, олово, молибден. Как показывают химические анализы вмещающих пород (сланцев и эффузивов), перечисленные элементы являются ведущими в этих породах. Поэтому ранневарисские сильно контами-

нированные гранитоиды обогатились данными элементами, возможно, в результате ассимиляции этих вмещающих пород, в связи с чем некоторое повышенное содержание их наблюдалось именно в ранневарисских.

Как известно, в рассматриваемом районе нет промышленных месторождений меди, молибдена, цинка, но тем не менее в проанализированных С. М. Бабаходжаевым ранневарисских интрузивных породах (на основе 15 химических анализов неизмененных разностей пород) среднее содержание меди составило 0,009%, цинка—0,011%, молибдена—0,003%, ванадия—0,014%, свинца—0,06%. Установлено также, что жильно-магматические тела по содержанию отдельных элементов очень близки к тем интрузивам, с которыми генетически связаны. На основании анализа имеющихся материалов С. М. Бабаходжаев отмечает, что хотя подавляющее большинство полиметаллических рудопроявлений описываемого района находится в тесной пространственной, временной связи с «малыми интрузиями» (?) поздневарисского комплекса, повышенное содержание свинца, цинка и меди наблюдается в породах более ранних интрузивных комплексов. Он приходит к выводу о том, что в период интрузивной деятельности ранневарисского цикла, по-видимому, не было благоприятных условий для концентрации и образования месторождений.

Для выяснения зараженности различных магматических образований металлами Е. В. Шевченко (1951) сделано более 500 спектральных анализов гранитов, позволивших установить наличие металлических элементов во всех разностях гранитов. Этот исследователь отмечает, что «судя по спектроскопическим анализам акчатауских и коунрадских гранитов, с которыми связана рудная минерализация, они не отличаются по частоте встречи металлических элементов хотя бы от массива Темиртас, в котором не обнаружено даже слабой минерализации».

Далее Е. В. Шевченко делает из своего большого фактического материала вполне правильный вывод о том, что образование рудных месторождений зависит не только от количества присутствующих в магме металлов, но и в такой же, а может быть даже и в большей мере, от условий формирования плутонов.

Как известно, в районе Рудных гор широко развиты гранитные интрузии, с которыми связаны оловорудные месторождения этой своеобразной рудной провинции. Высокотемпературные рудные комплексы (олово, вольфрам и др.) локализуются или в самих гранитных массивах, или в поро-

дах кровли и при этом около массивов (в частности оловянные месторождения). В районе имеются также сравнительно крупные по масштабу интрузивные массивы (Шеллерхау), которые, однако, не сопровождаются сколько-нибудь значительным оруденением. Несмотря на это в результате детального спектроскопического изучения данного гранитного массива (Оттеман, 1940) обнаружено распространение в нем металлических элементов (*г/т*): Pb (7,7); Zn (29,0); Sn (67,0). В другом массиве этого же района (Эйбеншток), с которым связаны оловорудные месторождения, установлены следующие содержания металлов (*г/т*): Pb—2,0; Zn—8,0; Sn—90.

Интересные данные по распространению металлов в различных горных породах приводят К. Ранкама и Г. Сахама. В частности, содержание меди: 1) в изверженных породах, по различным данным, 60 и 70 *г/т*, 2) в основных изверженных породах — 149 *г/т*, 3) в промежуточных изверженных — 38 *г/т*, 4) в кислых изверженных породах—15—16 *г/т*.

Содержание цинка в различных породах, г/т

Габбро	90
Диориты и кварцевые диориты	120
Гранодиориты	200
Плагиоклазовые граниты	150
Микроклиновые граниты	30
Кварцевые сиениты	200

Содержание олова, г/т

Габбро	8
Базальт	4
Граниты	56 и 80
Сиениты и нефелины	8—40
Грейзены	800—8000

Приведенные данные свидетельствуют не только о широком распространении металлов различных изверженных пород, но и о наличии металлогенической специализации по содержанию в последних металлических элементов.

Не следует забывать также, что несмотря на значительную концентрацию определенных элементов в отдельных петрохимических типах магмы промышленная концентрация их может быть создана другими магматическими образованиями, тоже содержащими эти элементы, но в значительно меньшем количестве, в частности, такой элемент, как медь, особенно характерен для основной магмы. Тем не менее глубинные промышленные концентрации ее образуются при постмагматических процессах в связи с гранитоидными породами.

В результате дальнейшего изучения так называемых «стерильных» и металлоносных магм и «безрудных» интрузивных массивов и районов будут получены ценные материалы для однозначного решения данной проблемы. В настоящее время нельзя прекращать поисковые работы в районах с проявлениями «безрудных» магматических образований. Ясно также, что наличия одних только интрузивных массивов, даже перенасыщенных металлами, еще недостаточно для образования промышленных рудных концентраций. Недоучет геологических особенностей конкретных районов иногда приводит к неправильным выводам и дезорганизации поисковых работ. Следовательно, магма и геологическая среда ее становления в широком понимании могут обусловить промышленную металлоносность или неметаллоносность постмагматических продуктов в конкретных условиях. При решении этого вопроса необходимо иметь в виду следующие соображения.

1. Потенциальная металлоносность еще не означает, что все гранитоидные магмы независимо от возраста, места проявления и петрохимического состава содержат одну и ту же серию металлических элементов. Магматические породы могут отличаться друг от друга также по составу металлических компонентов.

2. Металлы в магмах, по-видимому, находятся в рассеянном состоянии; поэтому для образования растворов и формирования различных по типу месторождений они должны подвергаться концентрации, что осуществимо только при благоприятных геологических и физико-химических условиях. Следовательно, в рассеянном виде металлические элементы могут содержаться во всех магматических проявлениях. Однако промышленная концентрация их образуется не повсеместно. Встречаются отдельные интрузивные массивы, которые в данных условиях не создают месторождений.

3. Отсутствие месторождений в некоторых районах с интрузивными проявлениями еще не является основанием для объявления таких районов безрудными; тем более нет основания для утверждения того, что эта «безрудность» связана с глубинной дифференциацией. По крайней мере в настоящее время мы не имеем никаких теоретических и практических данных для обоснования абсолютной безрудности некоторых магматических образований.

4. Ассимиляционные процессы, в частности обогащение магмы за счет вмешающих пород, могут придать дополнительные черты гранитоидам в отношении металлоносности (сравнительно повышенное содержание Ni, Co, V и других, не свойственных гранитоидам элементов).

Глава X

ГЕНЕТИЧЕСКАЯ СВЯЗЬ ПОСТМАГМАТИЧЕСКОГО ОРУДЕНЕНИЯ С ИНТРУЗИВАМИ

Современное состояние вопроса о магмах

Правильное решение многих вопросов геологии, в частности, эндогенной металлогении, в значительной мере зависит от состояния представления о магмах и их дифференциации, а также о первоисточниках этих магм. К сожалению, современная петрология не дала еще общепризнанного представления по этим проблемам.

В настоящее время более или менее общепризнана независимость магм, создающих разнообразные гранитоидные и основные (ультраосновные) породы. Однако роль дифференциации в образовании изверженных пород остается дискуссионной. Особенно это относится к гранитоидам, так как при решении этого вопроса геолог сталкивается с совершенно не связанными между собой научными положениями и фактами. А между тем кислые породы имеют исключительное значение в металлогенических процессах и определяют металлогенический облик многих рудных районов и провинций мира.

Следовательно, такие вопросы, как генезис гранитной магмы, причины разнообразия гранитоидных пород, создаваемые этой магмой, значение дифференциации и ассимиляции на современном этапе развития петрологии и металлогении приобретают особо важное значение.

О гранитной магме, как о проблеме, всегда занимавшей дискуссионное положение, написано несколько тысяч работ, принадлежащих как русским и советским, так и иностранным петрологам и геологам. Они в той или иной мере обобщены в исследованиях таких выдающихся советских петрологов, как Ф. Ю. Левинсон-Лессинг[1], Д. С. Белянкин, А. Н. Заварицкий и др.

[1] Ф. Ю. Левинсон-Лессинг. Избранные труды, т. I, 1949; Д. С. Белянкин. Изв. АН СССР, серия геологич., 1944, № 3, 1947, № 5; А. Н. Заварицкий. Физико-химические основы петрографии, 1926; Петрография Бердяушского плутона, 1937 и др.

Академик Ф. Ю. Левинсон-Лессинг, как известно, отмечал наличие двух магм—основной и кислой. В специальной работе «Проблема генезиса магматических пород и пути к ее разрешению» (1934) он детально проанализировал состояние вопроса, поставил несколько актуальных задач для его решения. В ней Ф. Ю. Левинсон-Лессинг сделал ряд критических замечаний по поводу единой базальтовой магмы Дэли и стройной теории ее дифференциации Боуэна. В этой и в более ранних работах он придавал большое значение ассимиляционным процессам, защищал необходимость признания двух родоначальных магм, дающих два самостоятельных ряда изверженных пород: а) ряд кислой магмы и ее производные; б) ряд основной магмы и ее производные.

Для подтверждения этого очень важного для петрологии вопроса он приводил следующие основные положения:

«1) непосредственных переходов между основными и кислыми породами ни в интрузивных образованиях, ни в лавовых сериях нет;

2) там, где такие переходные звенья как будто и имеются, они обыкновенно оказываются ублюдковыми породами;

3) при совместном нахождении в сложных комплексах интрузивов гранитов и габбро детальное геологическое их изучение всегда обнаруживает разновременное их проявление в данном массиве» (1934).

Однако Ф. Ю. Левинсон-Лессинг, выдвинув идею о наличии двух родоначальных магм и в известной мере обосновав ее, не увязал образование их с историко-геологическим развитием конкретных участков и не указал место проявления этих магм во времени и пространстве. В его представлениях эти магмы извечно существуют в жидком виде и не менялись ни во времени, ни в пространстве. Конечно, такое представление принять невозможно, ибо исследованиями советских геологов, и прежде всего тектонистов, петрологов и металлогенистов, отмечено наличие ряда закономерностей в проявлении магматических процессов во времени и пространстве.

В настоящее время доказано широкое развитие основной магмы и ее производных в начальной стадии геосинклинального развития и кислой в средних и заключительных этапах.

В данном разделе мы не анализируем существующие представления по вопросам о магме, однако с большим удовлетворением констатируем, что эти представления не застыли на первоначальных идеях и все время ищут новых путей на основе обобщения фактов.

Широкие дискуссии по коренным вопросам петрологии, происходившие в Советском Союзе и за рубежом, показали, что эти искания — залог правильного решения важнейших вопросов магматической петрологии. Поэтому, формулируя в общих чертах современные взгляды на магмы и на причины разнообразия изверженных пород, мы касаемся только кислой магмы как наиболее спорной. Естественно, здесь наши субъективные взгляды переплетаются с идеями других геологов, а в некоторых случаях могут преобладать.

1. На основании современных знаний и фактов можно признать, что реальное существование жидкой магмы присуще определенным этапам развития конкретных участков, особенно подвижных зон земной коры. Следовательно, магма возникает и превращается в горную породу на определенной стадии геологического развития тех или иных регионов. Причем необходимо отметить, что гранитная магма, по-видимому, образуется выше базальтовой постели коры. Одной из причин периодического появления магмы может оказаться тепло, выделяющееся в результате радиоактивного распада. Вследствие внедрения и охлаждения магм формируются разнообразные изверженные горные породы. Однако следует оговориться, что, как справедливо отмечали Ф. Ю. Левинсон-Лессинг и Д. С. Белянкин, по общим химическим составам магматические породы едва ли полностью отвечают соответственным магмам. Известно, что изверженные породы обладают значительно более разнообразным составом, чем исходная магма. Это нередко обусловлено исключительно высокой ролью геологической среды в формировании пород, создающих благоприятные условия для превращения магмы в различные изверженные горные породы.

Современному уровню наших знаний не отвечают представления некоторых геологов о наличии постоянной жидкой магмы вообще, т. е. извечно существующей и, по сути дела, не изменяющейся со времени образования земного шара. Нет необходимости доказывать метафизичность таких утверждений; едва ли среди советских геологов теперь найдутся такие, которые думали бы, что сиалическая кора во всех частях земного шара покрывает одну и ту же постоянную жидкую магму.

Данные современной геофизики, сейсмологии и особенно наблюдения над глубокофокусными землетрясениями опровергают представления о постоянном существовании жидкой магматической оболочки.

2. Можно считать установленным, что магмы, образующие разнообразные изверженные горные породы, в основной своей массе поднимаются из глубинных частей земной коры—магматического очага, действующего на определенной стадии развития данного участка земной коры. Вместе с тем при изучении взаимосвязи магматической деятельности с историей геотектонического и геологического формирования отдельных участков земной коры выясняется, что существует теснейшая связь между характером магматизма (включая состав магмы) и историей геологоструктурного развития отдельных районов.

3. Не удовлетворяет металлогению также современное представление о гранитизации, доведенное некоторыми зарубежными геологами до полного отрицания существования кислой магмы вообще. Несмотря на длительные и бесконечные споры среди значительного числа ведущих буржуазных петрологов (Седергольм, Баклунд, Рейнольдс и др.) и некоторых наших советских геологов (П. Н. Кропоткин, Н. Г. Судовиков и др.) по вопросу о гранитизации за последние годы не было собрано серьезных, положительных данных. В результате внимательного просмотра материалов по важнейшим петрографическим провинциям Советского Союза (Средняя Азия, Урал и др.) установлено, что в этих районах гранитизация в широких масштабах отсутствует. Однако было бы неправильным исключать возможную роль рассматриваемого процесса для территорий с исключительным развитием древних, прежде всего докембрийских комплексов, где видны результаты весьма активных проявлений тектонических и магматических процессов, происходящих на больших глубинах. При этом следует отметить, что эти древние комплексы с явными признаками гранитизации, могут иметь характер как крупный региональный (Скандинавский полуостров), так и локальный в пределах складчатых областей (Кавказ, Южный Памир, Северный Тянь-Шань и др.). Так, в Средней Азии в районе классического развития интрузивного магматизма, среди древних комплексов Северного Тянь-Шаня (бассейн р. М. Кебин и др.) в контактовой зоне гранитных интрузий отчетливо наблюдается гранитизация кристаллических сланцев. Этот же процесс в значительных масштабах наблюдается также в южнопамирской кристаллической толще (В. А. Николаев, С. И. Клунников и др.).

Гранитизация наиболее четко проявлена в пределах Фенно-Скандинавии и других районов древних щитов. Этим, пожалуй, объясняется то, что геологи, работавшие в районах раз-

вития древних комплексов (Седергольм, Рейнольдс, Баклунд и др.), ратуют за гранитизацию, а изучающие более молодые складчатые области нередко отрицают значение этого явления.

Н. Г. Судовиков в последней работе (1950) на основе своих материалов по Карелии выступает в защиту теории гранитизации и за метасоматическое происхождение гранитов. Однако, рассматривая генезис гранитов односторонне, он не отвечает на главный вопрос сегодняшнего дня— как быть с рудными и вообще постмагматическими образованиями, которые часто закономерно ассоциируют с интрузиями. При таком подходе к решению одной из главных проблем петрологии остается неясной судьба дальнейших направлений поисковых работ, в связи с чем затрудняется создание основ теории металлогении.

П. Н. Кропоткин (1941) сделал попытку обобщить материалы по гранитизации и объяснить причины ее возникновения. По его мнению, граниты и другие кислые изверженные породы образуются путем перекристаллизации или переплавления осадочных пород под действием тектонических процессов.

За последние 10—15 лет еще более усилилась дискуссия между магматистами и сторонниками теории гранитизации по вопросу о происхождении гранитной магмы. Зарубежные геологи опубликовали десятки статей, но не внесли ничего нового в пользу тех или иных представлений. Судя по материалам дискуссии, опубликованным в специальных сборниках («Проблемы образования гранитов», 1949, 1950), посвященных проблеме образования гранитов, вопрос осложняется еще появлением таких новых крайних взглядов на происхождение гранитов, как представление о том, что граниты являются продуктами диффузий и реакций в твердом состоянии (Перрэн и Рубо, сборник № 2, 1950).

Несмотря на все утверждения сторонников гипотезы гранитизации на данном этапе развития петрологии приходится признать существование самостоятельной гранитной магмы, которая в своих глубоких частях, по-видимому, нередко сопровождается и явлениями гранитизации. Поэтому нам представляется, что гранитная магма и гранитизирующий раствор обязаны происхождением единому процессу— геолого-вещественному развитию глубинных частей отдельных провинций.

Следовательно, перед советскими геологами стоит задача определить характер тех процессов, которые на больших глубинах приводят к образованию магмы как расплава и к внедрению его в верхнюю часть земной коры, вплоть до по-

верхности земли. При решении этой задачи в значительной мере следует опираться на изучение геолого-структурного развития регионов, особенно геосинклинальных зон земной коры, поскольку взаимосвязанность тектогенеза и магматизма для большинства складчатых областей устанавливается весьма отчетливо.

4. Большое принципиальное значение приобретает также вопрос о дифференциации магмы, которую некоторые исследователи (Боуэн и др.) склонны считать главной причиной разнообразия магматических пород. Д. С. Белянкин в уже цитированной нами работе на основании анализа ряда фактов ставит под большое сомнение роль дифференциации магмы, особенно ликвацию. По-видимому, на современном уровне наших знаний представление о дифференциации гранитной магмы неприемлемо.

Действительно, не говоря уже о явно метафизической сущности теории кристаллизационной дифференциации единой базальтовой магмы по Боуэну с единым петрогенетическим рядом изверженных пород, безотносительным к геологии района и времени, все остальные представления в этой области также носят исключительно гипотетический характер, и в рассуждениях по этому вопросу нередко имеются элементы субъективизма и спекулятивности.

Основная методологическая ошибка Боуэна в том, что свою схему кристаллизационной дифференциации он рассматривает как эволюцию изверженных горных пород; разнообразие проявлений магматизма он приписывает кристаллизации единой базальтовой магмы, а роль геологической среды в образовании изверженных пород оставляет без внимания.

Ф. Ю. Левинсон-Лессинг, отмечая серьезные недостатки и неувязки в боуэновской единой схеме дифференциации, указывал, что «ни одна теория дифференциации, исходящая из одного фактора, в том числе и излюбленная теперь теория кристаллизационной дифференциации, не охватывает всей совокупности процессов дифференциации без натяжки. Приходится считаться и с кристаллизационной дифференциацией в разных ее проявлениях, и с ликвацией, и с ассимиляцией, и с некоторыми другими доказанными или возможными факторами дифференциации» (1934).

Противоречия, возникающие в теории кристаллизационной дифференциации, вызвали сомнения даже у ее сторонников. Так, Г. Оллинг (1941) писал, что «кристаллизационная дифференциация, по-видимому, важный процесс в деле развития разнообразия магматических горных пород, одна-

ко она не является единственным возможным процессом». А далее, ссылаясь на Ноккольдса, Г. Оллинг отмечал, что такие переходные типы, как гранодиориты, тоналиты и диориты, встречающиеся в виде больших масс, могут быть интерпретированы как результат ассимиляции.

Следует отметить, что едва ли дифференциацией магмы в едином глубинном очаге можно объяснить развитие основных и ультраосновных пород на первых стадиях развития геосинклинальных зон и появление гранитов на более поздних стадиях. Пожалуй, правильнее считать, что основная и ультраосновная магмы связаны с более глубокими частями земной коры, т. е. с очагами, залегающими глубже, чем магма гранитная. Поэтому появление их контролируется более глубокими расколами земной коры, возникающими уже в начальные стадии развития геосинклинальной системы (А. В. Пейве и В. М. Синицын, 1950), если она проявляется как узкий, но глубокий мобильный пояс (Урал, отдельные районы Тихоокеанского пояса).

Конечно, одних только признаков ассимиляции, устанавливаемых геологами, недостаточно для объяснения причин всего разнообразия гранитоидов. Но мы не располагаем каким-либо убедительным наблюдением или материалом, в силу чего можно было бы допустить явления дифференциации в магматическом очаге—в местах образования магмы— и к этому сводить все многообразие гранитоидных пород. А в верхних геологоструктурных ярусах, в местах становления интрузий, дифференциация может наблюдаться, но характер и степень ее будут зависеть от конкретных условий становления интрузий.

В магматическом бассейне, т. е. там, где объем магмы расширяется в результате поглощения материала вмещающих пород, вероятно, проявляется дифференциация, благодаря которой происходит отщепление магмы, способствующее образованию дайковых пород и выделению рудообразующих растворов. Может быть, сходством механизма выделения (путем дифференциации) и близостью этого процесса во времени и пространстве следует объяснить частую ассоциацию даек и рудоносных жил.

Нам представляется, что в существующих теориях переоценивается роль дифференциации в петрогенезисе, а также роль магматического очага, дающего якобы благодаря дифференциации неодинаковые по составу магмы на различных этапах развития. Безусловно, фазы магматизма по вещественному составу должны разниться друг от друга не только потому, что в зарождающемся очаге происхо-

дит дифференциация, а главным образом благодаря соответствию каждой фазы качественно различным стадиям геологического развития конкретных участков земной коры. Другими словами, в фазах магматизма отражено формирование магматического очага, при котором в интрузивный процесс вовлекаются все новые и новые порции магмы, которые ни в коем случае не могут быть тождественными.

Подытоживая изложенное, мы должны подчеркнуть важность и вместе с тем сложность проблемы магмы вообще и гранитной магмы в частности. Многие исследователи, особенно американские, стремятся искать решение всех важнейших вопросов в магматических очагах — больших глубинах. По нашему мнению, изучение петрогенезиса следовало бы начать с контактовых явлений, вполне доступных нашим исследованиям.

Нам кажется, что именно в верхних геологоструктурных ярусах земной коры происходят подлинные превращения магмы в магматические породы; гранитная магма получает здесь петрохимическую и нередко металлогеническую специализацию. Внедрение гранитной магмы и взаимодействие ее с той или иной средой, активно на нее действующей и способствующей петрохимической и металлогенической специализации — решающий этап в развитии магматических и постмагматических процессов.

Существующие взгляды на связь оруденения с интрузиями

Генетическая связь постмагматического оруденения с интрузиями — одна из важнейших проблем современной геологии и кардинальный вопрос эндогенной металлогении.

Проблема связи оруденения с интрузиями была и остается ключом к пониманию важнейших закономерностей эндогенного рудообразования и региональной металлогении. Правильная постановка и решение ее могут помочь целеустремленной разработке многих принципиальных вопросов теории эндогенного, особенно постмагматического рудообразования. В частности, обоснованное решение таких вопросов, как об источниках металлов в постмагматическом рудообразовании, зональность в пространственном распределении месторождений вокруг интрузивов, отношение постмагматических месторождений друг к другу, требует четкого определения своего отношения к данной проблеме.

Отношение геологов к проблеме гранитной магмы и петрологии в целом также находится в известной зависимости

от признания или отрицания генетической связи. Признание связи сближает рудных геологов и петрографов, коренным образом меняет отношение металлогениста к петрологическим вопросам, а петрографа к руде — эти проблемы становятся комплексными, требующими к себе особого внимания и комплексного подхода.

Наконец, исключительно велико значение вопроса о генетической связи для поисково-геологической практики — с принятием той или иной концепции существенно меняются методология и практические приемы ведения геолого-поисковых работ. Следовательно, это не только основа для теоретических споров, но и арена борьбы в повседневной деятельности геолога-поисковика. Отказ от концепции связи для него равносилен отказу от целеустремленной организации поисков большой группы высокотемпературных постмагматических месторождений (скарново-рудных, пегматитовых, кварцево-грейзеновых и др.), для размещения которых решающее значение имеют интрузивные или интрузивно-структурные факторы.

Генетическая связь — региональная металлогеническая проблема, к ее решению следует подходить с учетом широких геологических закономерностей.

По вопросу о генетической связи, особенно о формах ее, существует несколько точек зрения, в основе которых лежат различные методологические подходы к пониманию важнейших вопросов современной геологии. К таким принципиальным вопросам относятся: взаимосвязи и взаимообусловленности тектогенеза, магматизма и рудопроявления, источники металлов, происхождение гранитной магмы и, наконец, физико-химический характер и причины отделения растворов, создающих постмагматические месторождения. Нередко, в зависимости от принятия того или иного решения по вышеперечисленным вопросам, менялись и представления по генетической связи.

Следует отметить, что со времен М. В. Ломоносова и появления научных гипотез плутонистов, а позже Ч. Дарвина и Эли де Бомона на протяжении около 200 лет геологи рассматривали магму как источник рудообразующих растворов. Но уже свыше 100 лет геологи, встав на позиции генетической — причинной связи оруденения с интрузиями, обеспечивают успешное развитие горнорудной промышленности. Однако трактовка формы связи неоднократно менялась.

Существующие взгляды на генетическую связь оруденения с интрузиями можно сгруппировать в два направления.

1. Ортомагматическая теория, поддерживаемая и развиваемая русскими и советскими геологами (А. П. Карпинский, К. И. Богданович, В. А. Обручев и др.) и некоторыми, особенно в прошлом, зарубежными учеными (Эли де Бомон, Ч. Дарвин, Пошепный, де Лонэ, Линдгрен и др.). В основе ее лежит признание генетической связи постмагматического оруденения с интрузиями, следовательно, безусловное признание ортомагматического генезиса постмагматических растворов. Как вытекает из представления крупнейших советских геологов (В. А. Обручев, А. Е. Ферсман, Ф. Ю. Левинсон-Лессинг, А. Н. Заварицкий, С. С. Смирнов и др.), интрузивная деятельность является не только причиной эндогенного рудопроявления, но и, в свою очередь, находится в тесной причинной зависимости от вещественно-исторического развития конкретных провинций. Таким образом, характер магматизма исключительно разнообразен и в соответствии с этим растворы, отделяющиеся от них, и месторождения, создаваемые ими, также изменчивы. Особенно это относится к формам проявления генетической связи постмагматических месторождений с материнскими интрузиями. Для пегматитовых, преимущественно скарново-рудных и высокотемпературных гидротермальных месторождений связь устанавливается довольно отчетливо, поэтому для них можно говорить о прямой—видимой связи с конкретными интрузиями. Для другой группы гидротермальных и отчасти скарново-сульфидных месторождений такую связь нередко установить очень трудно из-за удаленности этих рудопроявлений от своего источника. Здесь часто приходится констатировать пространственную связь с ранневозрастными интрузивами, малыми интрузиями и дайками но не генетическую связь с интрузиями, не вскрытыми эрозиями. Однако необходимо подчеркнуть, что более детальное изучение с применением новейших методов позволит установить связь этих месторождений с интрузиями в более отчетливой форме.

Ю. А. Билибин считает, что между малыми интрузиями и некоторыми золоторудными и полиметаллическими месторождениями существует парагенетическая связь в смысле единства источников магмы и рудообразующих растворов.

2. Ультрамагматические представления американских и других зарубежных геологов. Главное в воззрениях ультрамагматистов — дифференциация единой базальтовой магмы (Боуэн) с образованием стандартных по составу и строению батолитов (Эммонс), создающих в зави-

симости от состава изверженных пород различные по характеру ассоциации металлов месторождения (Ниггли, Шнейдерхон, Баддингтон). В основу всех этих построений положена глубинная специализация магмы в отношении различных металлов как результат глубинной дифференциации. Для ультрамагматистов характерно одновременное выделение стандартных по составу растворов, создающих единый зональный ряд месторождений вокруг батолитов (Эммонс). Генетическая связь оруденения с интрузиями стандартна и не зависит от формы, условий залегания и размеров интрузий. Она прямая для батолитов, штоков, малых интрузий и дайковых образований. Правда, Эммонс считал, что единственная форма интрузивов, которая способна создавать месторождения, — батолитовая, но другие исследователи (Мурхауз и др.) допускают возможность выделения рудных растворов даже из дайковых тел.

Указанные построения упрощают, схематизируют и идеализируют генетическую связь оруденения с интрузиями, отрывают магматизм и рудообразование от геологического строения и геологической истории отдельных участков земной коры. Ультрамагматисты строят свои концепции без учета влияния тектоники и состава вмещающих пород на формирование интрузий и связанных с ними постмагматических растворов и месторождений. Они полностью игнорируют особенности вещественно-исторического и структурно-геологического развития конкретных провинций.

Как видно из приведенного, в основе всех существующих представлений о генетической связи лежит магматический источник, однако они имеют существенные различия, заключающиеся в том, что ортомагматическая теория базируется на широком геологическом материале, а построения ультрамагматистов являются голыми схемами, оторванными от геологической действительности.

3. Ультратектонические представления об отсутствии какой-либо связи между магматизмом и постмагматическим оруденением, еще более оторванные от геологии конкретных провинций, развиваются некоторыми зарубежными геологами (Сперр, Локк, Биллингслей, Хьюлин, Браун и др.). Идеологи описываемого направления пытаются «доказать» отсутствие генетической связи между металлогеническими и магматическими процессами и тем самым заменить ортомагматическую теорию такими довольно известными взглядами, как «тектоническая машина» и «рудная отдушина» (Локк, Биллингслей), «металлургическая

теория происхождения гидротермальных растворов», согласно которой последние в готовом виде выделяются из больших глубин (Браун), и о подкоровом источнике рудоносных растворов (Холмс). Сюда же следует отнести взгляды Хьюлина и Сперра. Согласно Хьюлину, рудообразующие растворы вместе с расплавом, создающим лампрофиры, выделяются из общего источника, находящегося в пределах базальтовой постели. По мнению Сперра, готовые «рудные магмы» поднимаются по разломам глубокого заложения из больших глубин земной коры вне связи с интрузивной деятельностью.

Из изложенного вытекает, что главным, объединяющим во всех этих представлениях зарубежных ультратектонистов является: глубинный подкоровый источник готовых рудоносных растворов и разломы глубокого заложения, обеспечивающие подъем и продвижение этих растворов.

При рассмотрении перечисленных взглядов очень легко обнаружить порочность методологического подхода, заключающегося в том, что к огульному отрицанию генетической связи между оруденением и интрузиями приходят или в результате одностороннего изучения тектонических структур (Локк, Биллингслей, Шмитт), или путем сравнительного анализа районов развития удаленных от источников гидротермальных месторождений полиметаллов и золота (Сперр, Хьюлин, Холмс). Разумеется, такой подход к этому рудно-петрологическому вопросу не мог не привести исследователей к идеалистическому отрыву рудообразования от конкретных условий геологического развития отдельных районов и, в связи с этим, отвлечению внимания геологов от комплексного изучения геологической действительности.

Вредность взглядов ультратектонистов заключается еще в том, что такие концепции будут тормозить разрешение проблемы связи вообще и особенно разработку подлинных научных критериев для установления связи между месторождениями и интрузиями. При такой постановке по существу отпадает практическое значение исследований интрузивных пород и намечается разрыв между петрографией и металлогенией. Поэтому к выводам, в которых переоцениваются разломы глубокого заложения и проповедуются подкоровые или иные глубинные источники, следует относиться очень осторожно, учитывая возможность пагубного их влияния не только на разработку теоретических вопросов, но и на поисковую практику. Правда, глубинный источник, т. е. подкоровый очаг, автоматически «решает» многие спорные вопросы, например, соотношение даек лампрофиров с оруде-

нением и др., но, нам кажется, необходимо детально изучать конкретные районы и соотношения природных явлений, а не выдумывать «всеобъемлющие» источники и разломы. Нет сомнений в том, что появление таких взглядов в зарубежной геологии связано с идеалистической философской основой буржуазной науки. Это показатель слабости, убожества многих зарубежных исследователей и деградации геологической науки за рубежом.

Взгляды ультратектонистов подвергались критике советских геологов, прежде всего С. С. Смирнова, И. Д. Ершова и автора, а также участников Всесоюзного совещания по теории рудообразования и металлогении в Ленинграде (апрель 1952 г.). Может быть, в связи с таким резким осуждением скрытые сторонники этих взглядов попытаются протащить их в более завуалированном виде. Так, в последнее время некоторые исследователи пытаются заменить «высокодейственную энергию — флюиды», поднимающиеся по глубоким трещинам и создающие вулканизм и рудообразование Локка, Биллингслея, гранитизирующими фазами. Такие попытки встретят серьезные аргументированные возражения со стороны большинства советских геологов.

Некоторые принципиальные вопросы проблемы генетической связи оруденения с интрузиями

Признание генетической связи постмагматических месторождений с интрузиями — не голая гипотеза, как подкоровый очаг, а глубоко продуманная научная концепция, основанная почти на 200-летнем опыте геологической службы и громадном фактическом материале. Она выдержала испытание временем и неоднократно побеждала в единоборстве с многочисленными взглядами об отсутствии связи, возникавшими на различных этапах развития геологической науки.

Теория об ортомагматическом происхождении постмагматических растворов стала почти общепризнанной и за долголетний период существования подкрепилась многими новыми фактами и закономерностями. Благодаря этой теории геологи сумели объяснить очень важные закономерности и целеустремленно направлять геологопоисковые работы. Пожалуй, без преувеличения можно сказать, что в области рудообразования и металлогении нет другой теории, которая принесла столько пользы для практики, сколько теория о генетической связи.

Вместе с тем она не устарела и не поколеблена в теоретической и фактической основе. Задача состоит в том, что-

бы обосновать ее на новом, более высоком уровне наших знаний о магматизме и постмагматических месторождениях. В этом отношении наиболее важно влияние окружающей геологической среды на магматические и постмагматические процессы.

При решении вопроса о существовании именно генетической связи между постмагматическими месторождениями и интрузиями приходится принимать во внимание большое значение следующих закономерностей. Они установлены в результате многолетних наблюдений и обобщений советских и зарубежных геологов по важнейшим рудным районам мира, особенно Советского Союза. Они свидетельствуют не только о существовании генетической связи между оруденениями и интрузиями, но и о взаимосвязи и обусловленности этих процессов геологическим строением и историей конкретного района. Следует отметить, что приводимые здесь закономерности в известной мере вытекают также из фактических материалов, изложенных в предыдущих разделах книги.

1. Проявление интрузивного магматизма гранитоидного ряда и связанных с ним рудных месторождений, по данным советских геологов (С. С. Смирнов, В. А. Николаев, В. Б. Белоусов, Ю. А. Билибин, В. И. Попов и др.), характерно определенной (средней и реже поздней) стадии развития геосинклинальной зоны.

Эндогенная металлогения различных эпох и тектономагматических комплексов определяется характером магматизма, который зависит от геолого-исторического развития и особенностей геологической среды вмещающих интрузивов и месторождений. В этом отношении поучительна работа С. С. Смирнова по Тихоокеанскому рудному поясу, в которой важнейшие отличительные особенности металлогенезиса «внешних» и «внутренних» зон связаны с магматизмом и историей их геологического развития. В результате исследований В. И. Попова по Тянь-Шаню (1938) выявлена роль «моногенных» и «полигенных» поднятий в развитии магматизма и металлогении. Такую же закономерность мы видим при рассмотрении отличительных черт металлогении платформы и геосинклинали.

2. Петрографический облик провинций и рудных районов имеет решающее значение для их металлогенической специализации. Мы развиваем тезис о том, что для районов распространения гранитоидов повышенной основности ассимиляционного происхождения характерны скарново-рудные месторождения. Здесь обычно широко развиты гидротермальные

месторождения, в составе которых преобладают сульфиды. Даже месторождения касситерита по составу становятся сравнительно слабо кварцевыми, сульфидно-касситеритовыми. Связанные с такими контаминированными интрузиями они объединены нами в один генетический — скарново-гидротермальный ряд.

Для районов развития кислых неконтаминированных интрузий или подвергшихся алюмосиликатной ассимиляции, не повышающей их основности, характерны пегматитовые месторождения и кварцево-грейзеновые накопления с касситеритом и вольфрамитом, которые образуют другой очень важный пегматитово-гидротермально-грейзеновый ряд. По нашему мнению, эти закономерности не случайны, они служат показателями генетической связи между месторождениями и интрузиями. Они показывают также, что геологическая среда становления интрузии исключительно влияет не только на ее петрохимический состав, но и на характер постмагматического процесса.

3. Выявлена высокая роль фациальности интрузивов в создании определенных условий для формирования различных по составу постмагматических растворов и месторождений (М. А. Усов и П. Ниггли). М. А. Усов установил, а наблюдениями среднеазиатских (Х. М. Абдуллаев, 1943, 1950) и сибирских геологов подтверждено, что оптимальные условия для развития районов скарново-рудных месторождений создаются в связи с интрузиями, остывшими на небольших глубинах.

4. Постмагматические месторождения располагаются по отношению к своему первоисточнику в определенном порядке — зонально. Зональность как очень важная закономерность давно установлена и оказала немалую услугу в деле организации поисков постмагматических месторождений. По нашему мнению, она является формой существования генетической связи месторождений с материнскими интрузиями в данной конкретной геологической обстановке. Мы понимаем ее как результат дифференциального течения (в зависимости от геологических условий), различного как по времени выделения, так и по составу постмагматических растворов, генетически связанных с определенными интрузиями. Это соответствует взглядам ведущих советских геологов (А. Е. Ферсман, С. С. Смирнов и др.) и резко отличается от единой метафизической зональной схемы Эммонса, где однажды выделившийся раствор по мере продвижения по породам кровли создает различные по температуре

месторождения. Зональность, согласно представлениям советских геологов, закладывается прежде всего в пульсирующем характере самого очага постмагматических растворов, затем на нее большое влияние оказывает структура, состав тех пород, через которые циркулируют эти растворы, расстояние, на которое они могут продвинуться, и, наконец, физико-химический характер самих рудообразующих растворов. Следовательно, решающее значение в дифференциальном течении растворов имеют геологические факторы, а сама зональность наглядно выражает существующую генетическую связь оруденения с интрузиями.

5. Роль разрывных структур как путей для проникновения постмагматических растворов и локализаторов оруденения меняется не только в пространстве, но и во времени. Советские геологи, прежде всего С. С. Смирнов, И. В. Дербиков, А. В. Королев, Л. И. Лукин, Ф. И. Вольфсон, показали, что раннему этапу постмагматического процесса соответствует развитие преимущественно сколовых и в меньшей степени разрывных трещин в интрузиях, в которых локализуются ранние высокотемпературные рудные комплексы (пегматит, кварцево-грейзеновые месторождения) или зоны дробления на контактах, используемые скарновым процессом. Следовательно, для рудных районов и провинций с высокотемпературными месторождениями принципиальное значение имеет интрузивный и интрузивно-структурный контроль. В противоположность этому на более поздних этапах постмагматического процесса широко развиваются разрывные структуры разного порядка, особенно в породах кровли, в которых локализуются позднетермальные (В. И. Смирнов, 1944) месторождения. Причем, эти структуры могут находиться на различном расстоянии от материнских интрузий, нередко развиваться в последних, но в этом случае они будут использованы растворами, связанными с более поздними интрузиями, или идущими из более глубокой части тех же интрузивов. Следовательно, для гидротермальных месторождений, развивающихся на более поздних этапах, большое значение имеют именно эти поздние и более крупные структуры, которые были проводниками и вместителями для позднетермальных растворов. Для этих, как правило, удаленных от источников месторождений решающее значение имеют структуры, и, в связи с этим, при их поисках на первый план выдвигается структурный или структурно-литологический контроль.

Одновременно следует учитывать и другой возможный порядок выделения растворов. Мы полагаем, что по мере остывания массива и увеличения мощности уже застывшей его части могло произойти также постепенное отступание очага постмагматического раствора. По-видимому, положение очага в массиве неоднократно меняется. Ранние растворы могли выделяться из более верхних частей, а более поздние — из глубокой части массива. Кроме того, каждый очаг может создать одно месторождение и рудное поле, пульсация очага выражается в этапности минералообразования на конкретном месторождении.

6. Между составом постмагматических месторождений и материнскими интрузиями существует геохимическая связь, а растворы наследуют важнейшие свойства магмы, особенно в отношении содержания тех или иных металлических элементов. Такая связь легко устанавливается для пегматитовых месторождений, а при тщательном изучении ее можно обнаружить и для скарново-рудных и гидротермальных месторождений интрузивных зон. Нет сомнения в том, что в недалеком будущем мы сможем установить с большой достоверностью геохимическую связь между всеми месторождениями, в том числе удаленными от источников с материнскими интрузиями. В этом отношении исключительно интересно изучение изотопов отдельных элементов, содержащихся в различных минералах, которое довольно успешно развивается у нас в Советском Союзе.

Изложенные важнейшие закономерности о взаимосвязи в пространстве и во времени магматизма и постмагматического рудообразования и существующая связь между составом магматических массивов и отдельными месторождениями неслучайны. Кроме концепции о генетической связи, все другие гипотезы и взгляды не могут объяснить причин этих закономерностей, поэтому, естественно, они не могут заменить ее.

Очень важным дополнительным вкладом в установление характера связи может явиться изучение ассимиляционных процессов в интрузиях.

Ассимиляционные процессы имеют двоякое значение и могут помочь в решении многих вопросов: с одной стороны, магмы могут обогатиться за счет вмещающих пород, с другой, ассимиляция должна оказать определенное влияние не только на петрохимический состав, но и на ход дифференциации магмы и на постмагматический процесс, связанный с данной интрузией. Поэтому, в соответствии с представлениями Ф. Ю. Левинсона-Лессинга, В. А. Обручева, А. Е. Ферс-

мана и Д. С. Белянкина, мы придаем очень большое значение изучению результатов ассимиляционных процессов.

Одновременно следует подчеркнуть, что концепция генетической связи постмагматического оруденения с интрузиями, признаваемая большинством советских геологов и лежащая в основе их важнейших теоретических построений по рудообразованию, не безупречна. В отдельных рудных районах наблюдается ряд факторов, которые не всегда укладываются в эту стройную концепцию. Правда, они еще не таковы, чтобы на их основе отвергать концепцию связи. Существующие отходы или непризнания некоторыми геологами генетической связи происходят не под давлением этих фактов, а большей частью из-за неправильного методологического подхода и упрощенчества в объяснении генетической связи. Поэтому мы остановимся на некоторых фактах, требующих особого внимания при разработке стройной теории о генетической связи, и на методологических вопросах подхода к решению проблемы.

Первым и главным возражением против концепции генетической связи (Хьюлин, 1928; Вольфсон, 1953) является соотношение даек диабазовых порфиритов с рудной и, прежде всего, полиметаллической минерализацией. Хьюлин указывал, что появление после становления гранитных батолитов глубинных даек основного состава, вслед за которыми образуются полиметаллические месторождения, не увязывается с признанием связи с этими батолитами. Поэтому он допускал единый подкоровый источник для этих даек и рудной минерализации.

Действительно, в некоторых рудных районах полиметаллических месторождений встречаются дайки, которые по возрасту моложе интрузивных массивов, вскрытых эрозией, но древнее рудной минерализации. Нередко в них локализуются рудные образования. Причем в районе развития описываемых даек мы не видим интрузивных массивов моложе этих диабазовых порфиритов, правда, нередко встречаются дайки кислых пород (Кураминские горы). Конечно, на основании этого нельзя отвергать концепцию генетической связи.

Хьюлин и его сторонники, делая это положение сверхпринципиальным, подходят методологически неправильно к его разрешению. Прежде всего, за основу принимают соотношение этих даек с месторождениями, заведомо удаленными от своих источников. Как известно, полиметаллические месторождения образуются над интрузивной и безинтрузивной зоной, т. е. удалены, как правило, на несколько километров от своего источника. Даже скарново-полиметал-

лические месторождения, как и все скарново-сульфидные, располагаются вдали от источника и локализуются в межпластовых отслоениях вмещающих пород, а также вдоль дайковых жильных образований.

Следовательно, на основе наблюдающихся соотношений диабазовых порфиритов с удаленными месторождениями нельзя решить такой принципиальный металлогенический вопрос. Конечно, дайки в возрастном отношении обычно моложе гранитоидных интрузий, вскрытых в районах развития полиметаллической минерализации, с которыми они генетически не связаны. Но мы не знаем действительного соотношения этих даек с интрузиями, которые могли быть источником оруденения, но не вскрыты эрозией.

По данным наших исследований и имеющемуся в литературе материалу, дайки диабазовых и других порфиритов бывают как дорудными, так и пострудными. Как это будет показано в следующей главе, дорудные часто минерализуются, нередко секутся пострудными дайковыми образованиями.

Таким образом, на основании наблюдающихся взаимоотношений заведомо удаленных месторождений с дайками основных пород отрицать генетическую связь рискованно.

В качестве следующего мотива для возражения против концепции генетической связи нередко выставляется наличие в интрузивных массивах гидротермальных месторождений, характерных для удаленных зон с низкотемпературным обликом. Этот факт якобы показывает, что ко времени их образования интрузив затвердел и остыл. Следовательно, генетической связи между оруденением и интрузиями нет.

Здесь налицо опять-таки явно неправильный методологический подход к решению проблемы генетической связи. Почему растворы, приуроченные к более поздней фазе интрузий, еще не вскрытых эрозией, не могут локализоваться в более ранних интрузивных массивах, которые действительно уже остыли ко времени внедрения более поздних интрузий и связанных с ними постмагматических растворов.

Третье возражение. Некоторые противники признания генетической связи отмечают, что в отдельных рудных районах и провинциях гидротермальные месторождения распространены на значительно больших площадях, чем интрузивные породы. Поэтому полагают, что эти соотношения указывают на большую глубину источника рудных растворов, чем магматические образования верхних геологоструктурных ярусов.

Против приведенного довода тоже можно выставить несколько обоснованных контрвозражений. Прежде всего, разве можно сравнивать площадь распространения гидротермаль-

ных месторождений с площадью видимых интрузивных массивов? Разве можно так упрощать проблему генетической связи? В результате исследования многих районов установлено, что чаще всего, особенно в геосинклинальных областях, гранитные интрузии, с которыми связано большинство гидротермальных месторождений, расширяются книзу. По крайней мере, они больше в несколько раз, чем те, что вскрыты эрозией.

Следовательно, площади распространения гидротермальных месторождений должны быть значительно шире, чем видимый интрузивный массив. Тем более, когда эта площадь включает удаленные от источников месторождения, уходящие не только вверх, но и в боковые стороны.

Все три возражения возникают в связи с изучением месторождений удаленной от источника зоны, для которых на данном этапе развития очень трудно решить генетическую связь их с конкретной интрузией. Здесь возможны два пути:

1) тщательное изучение и разработка критериев связи с применением точных геологических и геохимических методов;

2) «очищение» группы удаленных месторождений от тех рудных минерализаций, которые не являются гидротермальными, но неправильно отнесены к ним. В частности, мы имеем в виду выявление генезиса группы телетермальной минерализации, успешно разрабатываемой М. М. Константиновым для свинцовой минерализации.

При этом мы должны отчетливо представить, что для однозначного решения поставленной проблемы о генетической связи оруденения с интрузиями необходимо предварительно обобщить имеющийся фактический материал и ответить на нижеследующие кардинальные вопросы.

1. Существует ли дифференциация магмы? Если да, то где она происходит — в магматическом очаге или в верхних частях — магматическом бассейне?

2. Где находится очаг постмагматических растворов и каков его характер? Могут ли постмагматические растворы зарождаться и концентрироваться в любой, благоприятной для этого, части массива, как это допускаем мы (Х. М. Абдуллаев, 1950, 1951, 1954), или же, как утверждают некоторые исследователи (С. С. Смирнов, П. И. Татаринов, И. Г. Магакьян, 1949), они зарождаются только в корневых частях интрузива? Тогда почему большинство глубокоэродированных массивов малопродуктивно или же иногда практически нерудоносно?

3. Каково значение (в количественном выражении) ассимиляционного обогащения магмы в металлогении, которое

переоценивают одни (П. Н. Кропоткин, А. П. Никольский) и явно недооценивают другие (П. М. Татаринов, Ю. А. Билибин)?

4. Как подойти к решению генетической связи оруденения с интрузиями для группы удаленных (надинтрузивных и безинтрузивных) месторождений? Правильно ли методологически, как это делают некоторые исследователи, отрицать связь для этой группы?

5. В чем заключаются причины пространственной близости оруденения к «малым интрузиям»? Если признать существование «малых интрузий» и парагенных с ними рудных месторождений, то откуда берется рудный раствор? Почему около этих интрузий, как правило, локализуются преимущественно среднеудаленные гидротермальные месторождения (полиметаллы, золото), которые часто относятся к этим массивам зонально (А. А. Иванов, 1948)? Как отличать настоящие «малые интрузии» от апофиз крупных массивов?

Геологическое положение «малых интрузий» и их роль в рудообразовании остались в данной книге неясными и спорными. Постоянная пространственная связь определенных типов рудной минерализации с «малыми интрузиями», петрографический облик последних, характерный для краевых зон и апофиз (преимущественно диориты, диорит-порфиры, очень редко гранит-порфиры), и широкое развитие контактового метаморфизма на этих участках позволяют нам прийти к выводу о том, что эти закономерности неслучайны. Они отражают, по крайней мере для большинства районов, петрогенетическую связь между этими интрузивными массивами и генетическую связь оруденения с интрузиями, не вскрытыми эрозией. Есть все основания предположить, что во многих случаях (по Казахстану — П. Н. Кропоткин, В. С. Коптев-Дворников, Уралу — А. А. Иванов, Западному Узбекистану — И. М. Исамухамедов, Х. М. Абдуллаев) эти «малые интрузии» являются апофизами более крупных гранитоидных массивов, еще не обнаженных на данном эрозионном срезе и являющихся, по-видимому, источниками рудообразующих растворов.

Одновременно мы допускаем возможность существования настоящих «малых интрузий», особенно для «полигенных» (В. И. Попов, 1938) областей. Крайне необходимо разработать критерии для правильного их распознавания.

Здесь нами перечислены некоторые вопросы, имеющие прямое отношение к рассматриваемой проблеме. Следует также указать, что эти вопросы наиболее сложны в петро- и рудогенезисе. По-видимому, эти старые, но всегда актуаль-

ные вопросы еще долгое время будут спорными, но они явятся ступенями роста уровня наших познаний в области металлогении. Каждая новая работа, полевые наблюдения и эксперименты будут способствовать положительному решению проблемы генетической связи оруденения с интрузиями.

О главнейших критериях для установления генетической связи оруденения

В постановке и решении проблемы генетической связи главной задачей является выяснение критериев для установления важнейших черт такой связи. Уже давно все ведущие геологи — специалисты в области эндогенной металлогении — считают, что постмагматическая минерализация тесно генетически связана с теми или иными интрузиями, однако достоверные критерии ее полностью еще не установлены.

Последнее объясняется, на наш взгляд, с одной стороны, трудностью проблемы генетической связи в целом, с другой — отсутствием единого методологического подхода к решению поставленного вопроса. Только этим можно объяснить тот факт, что, несмотря на длительную дискуссию по вопросам генетической связи и острую необходимость в решении этой проблемы, мы часто не знаем, как к ней подойти.

Как было показано в начале раздела, методологически неправильные подходы к решению данной проблемы неоднократно приводили к отказу от принципа генетической связи и отрыву постмагматического процесса от магматической деятельности, вытекающих из переоценки роли крупных разломов глубокого заложения как выводных каналов для рудообразующих растворов. Это же, с другой стороны, вызывало упрощение, стандартизацию и метафизические толкования сложнейших вопросов генетической связи. Односторонний подход к изучению металлогении отдельных районов только с точки зрения трещинных структурных особенностей без учета вещественно-геологических и других факторов порождал вместе с тем неуверенность у исследователей в существовании генетической связи постмагматической минерализации с интрузиями.

Очень часто к отрицательному выводу о генетической связи приходят на основе изучения низкотемпературных типов месторождений, заведомо удаленных от источников минерализации, таких, как ртутно-сурьмяные, флюоритовые, некоторые свинцовые, сидеритовые и др. Естественно, что месторождения перечисленных полезных ископаемых образуются в зонах, удаленных (на несколько километров) от

материнских пород, где нередко отсутствуют проявления контактового воздействия внедрившихся интрузий и их жильных фаций. Казалось, методологически было бы неправильно по материалам этих, заведомо удаленных от источников месторождений судить о существовании или отсутствии генетической связи между этими месторождениями и интрузиями для отдельных районов, тем более решать в целом проблему о взаимосвязи магматизма и рудообразования. К сожалению, нередко получается так, что геологи, отрицающие роль интрузий в рудообразовании, как правило, являются «чистыми» структурщиками или лицами, изучающими только низкотемпературные комплексы удаленных от источников зон. В этом, по нашему мнению, проявляется порочность взглядов некоторых геологов, их необоснованные выступления против генетической связи.

Нам представляется, что методологически правильнее и практически легче судить о генетической связи на основе комплексного изучения прежде всего гидротермальных месторождений интрузивных и околоинтрузивных зон, скарново-рудных и пегматитовых образований, для которых в большинстве случаев можно отчетливо установить такую связь.

Следующий очень важный методологический вопрос—правильно ли признание некоторыми геологами генетической связи для одних типов постмагматических месторождений и отрицание таковой для других только лишь потому, что для последних трудно установить на данном эрозионном срезе признаки генетической связи. Нам кажется это неправильным, тем более что между этими месторождениями мы находим много общего по составу и возрасту.

Отрицание генетической связи для постмагматических месторождений, не имеющих видимой связи с интрузивами,— заманчивый путь, но это — линия наименьшего сопротивления. При такой постановке, с одной стороны, от единого постмагматического процесса, связанного с определенной интрузивной деятельностью, мы отрываем крайние, т. е. наиболее удаленные его члены. В силу этого возникает необходимость в поисках в отношении их каких-то неправдоподобных объяснений, особенно о происхождении растворов, создающих эти месторождения, вроде подкорового очага или «неведомого» глубинного источника с разломами глубокого заложения; с другой стороны, такой подход может задержать изучение проблемы генетической связи оруденения с интрузиями в целом.

Серьезным методологическим недостатком в подходе к генетической связи является также чрезмерное упрощение

данного вопроса. Нередко наличие генетической связи отрицают на основании изучения даже одного месторождения, причем заведомо удаленного от источника минерализации, от источника рудных растворов. Причем пользуются очень ограниченным числом критериев, без применения точных геохимических наблюдений (путем изучения изотопов металлических элементов месторождений и данных интрузивных массивов или комплексов).

При этом исследователи не понимают, что если бы указанная проблема была легкой, а для каждого месторождения можно было установить наличие или отсутствие генетической связи, то эту проблему можно было бы решить давно.

Трудности с установлением генетической связи относятся к современному этапу развития геологической науки и надо полагать, что при дальнейшем мощном развитии методов исследования металлогенист сумеет более уверенно решить эту проблему. Тогда, конечно, можно будет твердо говорить даже о генетической связи удаленных месторождений.

Проблема генетической связи является региональной. Она должна служить прежде всего для направления поисковых, геологических работ в отдельных провинциях и рудных районах. Поэтому ее следует решать с учетом большого числа рудопроявлений и интрузивных комплексов, характерных для данного района или провинции. При региональном подходе можно определить место в историческом развитии данного района для интрузий и связанных с ними рудных формаций.

При решении данного вопроса следует исходить из основного положения диалектического материализма о взаимосвязи и взаимообусловленности природных процессов. Прежде всего между составами магмы вмещающих пород и постмагматических растворов должна быть геохимическая связь. Правда, ее не всегда можно уловить, но принципиально она существует.

Геологическое положение отдельных месторождений также должно отражать их связь с интрузией. В частности, по отношению месторождения к интрузиву, контактовому ореолу, дайковым и жильным образованиям, а также по положению его в структуре рудного поля можно делать выводы, которые в совокупности с другими решают проблему генетической связи конкретного месторождения с интрузиями. Кроме того, при изучении данного вопроса необходимо идти от известного к неизвестному, т. е. от изучения высокотемпературных комплексов, для которых можно уверенно гово-

рить о связи с конкретными интрузиями, к низкотемпературным комплексам среднеудаленных и удаленных зон.

Исходя из приведенных принципов, мы обобщали личные наблюдения и литературные материалы по проблеме генетической связи в общеизвестной монографической работе (1950, 1954). Мы не стремились наметить общую схему генетической связи, применимой для любых случаев, ибо это невозможно. Поэтому те критерии, которые здесь описываются, могут дать вполне достоверные результаты только в том случае, если их применять с учетом всех особенностей геологии и металлогении конкретной территории.

Отмеченные трудности установления генетической связи гидротермальных месторождений с массивами изверженных пород усугубляются еще тем, что многие вопросы теории рудообразования остаются спорными. Например, не установлено, что же представляют собой очаги постмагматических растворов. В отношении этого вопроса в настоящее время существует целый ряд разногласий (очаги остаточной дифференциации, глубинные магматические очаги, подкоровые и др.). Правда, эти споры нередко происходят потому, что некоторые исследователи нечетко формулируют свои взгляды на характер и местоположение очага постмагматических растворов.

По нашему мнению, очагами постмагматических растворов следует считать интрузивные массивы или их отдельные участки (при этом нужно рассматривать массив в целом, а не только видимую его часть), где имеются благоприятные условия для скопления их газо-водных растворов, возникших в результате кристаллизации — дифференциации магмы этих массивов. Описываемые участки могут быть самыми различными по величине так же, как и размеры постмагматической минерализации. Поскольку очаги растворов образуются в разных местах, то количества их в массивах могут быть неодинаковыми. По-видимому, от их количества и качества нередко зависит характер рудных районов.

Любая часть интрузивного массива при благоприятных геохимических, физико-химических и геологических условиях (специализация магмы, интенсивность тектонических движений) может дать в том или ином количестве постмагматические растворы, т. е. оказаться источником постмагматической минерализации.

Нам представляется, что ранние растворы выделяются из близповерхностных частей массива, а поздние — из более глубинных, возможно, и из корневых частей соответствую-

щих массивов. Следовательно, по мере остывания интрузии должны отступать очаги постмагматических растворов.

Рудные районы с крупными промышленными рудными месторождениями образовались в результате значительных накоплений постмагматических растворов в их взаимодействии с тектоническими движениями и составом вмещающих пород в широком аспекте. В частности, от указанных факторов (особенно тектонических) зависят неоднократное отделение растворов и формирование систем разных, иногда пересекающихся рудоносных жил. Необходимо подчеркнуть еще раз, что излагаемые здесь идеи, не подкрепленные достаточными фактическими данными, выдвигаются пока лишь в порядке постановки вопроса.

На основании опубликованных материалов сформулируем важнейшие критерии генетической связи постмагматического оруденения с интрузиями.

Первый критерий—закономерная металлогеническая связь различных типов постмагматических месторождений с разными по составу изверженными породами. Тип петрографической провинции нередко определяет металлогенический облик района. В результате для определенных петрографических провинций можно наметить и определенные генетические ряды месторождений, в том числе постмагматические. Так, крупнейшие провинции шеелитоносных скарнов мира (штаты Невада, Калифорния в США) приурочены к районам распространения гранитоидов повышенной основности (гранодиоритов). Главные провинции оловорудных и вольфрамитовых месторождений (Бирма, Малайский архипелаг), наоборот, распространены в областях с типичными гранитами.

Аналогичные взаимоотношения наблюдаются и в более узких масштабах, в связи с отдельными интрузиями. В частности, рудоносные грейзены обильны с кислыми и ультракислыми интрузиями и редки и обычно слабопродуктивны с интрузиями повышенной основности, тогда как скарны с гранодиоритами и кварцевыми диоритами очень часты.

Второй критерий — определенным фациальным интрузивным комплексам соответствуют ассоциирующие с ними постмагматические комплексы. В этом отношении, например, характерны факты приуроченности пегматитовых и высокотемпературных гидротермальных месторождений к относительно более глубинным, а скарново-рудных — к менее глубинным интрузиям.

Здесь необходимо также иметь в виду уже давно высказанные советскими геологами представления о том, что определенным фациям интрузий отвечают и определенные фации

постмагматических месторождений, отличающиеся по своему составу, вертикальной протяженности и имеющие выраженные признаки телескопии.

Третий критерий — связь во времени и пространстве между постмагматическими месторождениями и конкретными массивами интрузивных пород.

Пространственное тяготение рудных месторождений к выходам отдельных интрузивных комплексов, приурочивание и тех, и других к определенным тектоническим структурам (крупные зоны дробления, складчатости, разломов и т. д.), а также одинаковое перекрывание или срезание их более молодыми геологическими формациями могут выражать связь во времени и пространстве; например, некоторые скарновые тела Моголтау и Қарамазара приурочены к контактам гранитоидов кураминского комплекса с известняками среднего палеозоя и совместно пересекаются верхнепалеозойскими интрузивами или перекрываются эффузивами.

Четвертый критерий — приуроченность интрузий и постмагматического оруденения к складчатым и очень часто к антиклинориевым структурам геосинклинали. Это свидетельствует о взаимосвязанности формирования складок, интрузий и рудных месторождений, а следовательно, и о генетической связи оруденения с интрузиями. При отсутствии генетической связи между интрузиями и постмагматическим оруденением наличие такой зависимости было бы необязательным. Ведь для условий парагенетической связи (по Ю. А. Билибину) нужен глубинный источник, и постмагматические растворы из глубинных выводных каналов (если бы они существовали) могли с одинаковым успехом попадать и в зоны антиклинориев, и в зоны синклинориев. Между тем главная масса рудной минерализации, особенно высокотемпературного комплекса, проявляется именно в результате интрузивной деятельности в антиклинориевых структурах. Складчатые структуры также могут влиять на постмагматическую продуктивность магмы. В частности, межпластовые интрузивные тела в большинстве случаев оказываются менее продуктивными, чем те, которые секут вмещающие породы. Форма и условия залегания интрузивных тел — важный фактор в постмагматической продуктивности магмы.

Пятый критерий — наличие «маркирующих» элементов и элементов-примесей, характерных для интрузивных пород и постмагматической рудной минерализации. Особенно явственны признаки такой связи при ассимиляционных процессах. Здесь она проявляется как на некоторых минерализаторах

(бор), так и на отдельных ведущих элементах (щелочи, кремнезем) и рудных компонентах (железо и др.).

Шестой критерий — зависимость появления определенных генетических рядов, классов и типов постмагматических месторождений от процессов ассимиляции в интрузивах.

В данной работе подчеркивается приуроченность скарнов с магнетитом и гематитом к интрузиям с признаками карбонатной и железо-магнезиальной ассимиляции, шеелитоносных скарнов — к интрузиям с признаками алюмосиликатно-карбонатной (смешанной) ассимиляции и кварцево-вольфрамитовых и касситеритовых жил — преимущественно к интрузиям с алюмосиликатной ассимиляцией, т. е. более кислым гранитоидам.

Следует отметить, что приведенный критерий наиболее ярко выражает геохимическую и петрохимическую связи между оруденением и составом интрузий. Изучение поведения отдельных компонентов при ассимиляции открывает новые задачи для геохимии. Для железа, марганца, бора, титана, углерода и некоторых других компонентов устанавливается также прямое обогащение магмы, а затем растворов за счет интрудируемых толщ.

Если бы не было определенной зависимости между геохимическим обликом месторождения и петрохимическими чертами интрузива, обусловленными ассимиляцией, то нельзя было бы объяснить, почему скарново-рудные месторождения развиваются в связи с контаминированными интрузиями, а постмагматические концентрации графита — с битуминозными известняками и углистыми сланцами (Х. М. Абдуллаев, 1952).

Седьмой критерий — закономерное изменение характера постмагматического оруденения (состав, типы минерализации и др.) с увеличением относительных глубин эрозионного среза. Это положение имеет существенное значение, но оно нередко затушевывается явлениями, упомянутыми в других критериях. Кроме того, не всегда удается последовательно проследить изменение оруденения, так как относительные глубины эрозионного среза иногда очень ограничены.

Восьмой критерий — зональность в пространственном распределении различных классов и типов постмагматических месторождений по отношению к интрузиям как к источникам минерализации.

Данный критерий имеет большое значение потому, что месторождения образуют в таких случаях генетические ряды, располагающиеся по отношению к интрузивам с определенной закономерностью. Так, установлено, что наиболее высо-

котемпературные месторождения связаны непосредственно с массивами гранитов.

Пегматитовые месторождения залегают в интрузивных породах и если уходят в породы кровли, то на очень короткие от массива расстояния; скарново-рудные располагаются непосредственно у контакта и реже в ближайшем соседстве с интрузиями, причем расположение их строго контролируется ореолом контактового воздействия интрузий.

Девятый критерий — связь определенных типов постмагматических месторождений со столь же определенными типами геологических структур, развивающихся в простанстве и во времени, т. е. в связи с формированием конкретных интрузий и изменением структуры геологической среды вокруг них.

Значение приведенного критерия очень велико, так как в апикальных и контактовых зонах интрузий формируются трещины скалывания и мелкие участки дробления, используемые на раннем этапе постмагматического процесса высокотемпературными растворами. Для процесса развития последних характерны широкое участие метасоматоза и проникновение растворов по сети трещин. На более поздних этапах, особенно в некотором удалении от интрузива, возникают крупные разломы и другие разрывные нарушения, в которых локализуются более поздние образования и сравнительно низкотемпературные месторождения.

Следовательно, возрастание роли геологических структур в формировании месторождений, удаленных от интрузивных выходов, — один из убедительных критериев для установления генетической связи оруденения с интрузиями.

По мнению Ф. И. Вольфсона (1947), «вообще оруденение может считаться близким по возрасту и находиться в генетической связи с той или иной интрузией только в том случае, если плоскость деформации в момент внедрения этой интрузии и в момент рудообразования остается неизменной». Конечно, неправильно требовать, чтобы плоскость деформации всегда оставалась неизменной. Мы знаем немало случаев, когда одна и та же формация даек (аплитов, лампрофиров и т. д.), завершающая становление некоторых интрузивных комплексов и предшествующая оруденению, бывает приурочена к различным по направлению и по времени развития трещинам, образуя, таким образом, часто взаимно пересекающиеся системы даек. Это означает, что тектонические направления и, следовательно, плоскости деформации меняются в течение всего процесса магматизма и постмагматизма. Нам кажется, что наряду с другими критериями как частный случай можно использовать и этот.

Десятый критерий — тесная связь оруденения в пространстве и во времени с дайковыми и жильными образованиями. При использовании этого критерия следует иметь в виду, что гидротермальные месторождения интрузивной и околоинтрузивной зон, как правило, локализуются внутри или вблизи материнских интрузий с широко развитыми жильными образованиями; гидротермальные накопления надынтрузивной зоны (особенно полиметаллические месторождения) группируются в районе максимального развития близких по возрасту к ним дайковых образований, а в районах, где дайки почти отсутствуют или их нет совсем, наблюдается рудная минерализация, относящаяся к безынтрузивной зоне.

Одиннадцатый критерий — аналогия изучаемых районов с металлогеническими объектами и районами, для которых генетическая связь постмагматического оруденения с определенными петрохимическими типами интрузий уже доказана. Так, в некоторых районах Западного Узбекистана скарново-рудные месторождения ассоциируются с контаминированными гранитоидными массивами. Вместе с тем иногда к скарнам пространственно тяготеют зоны региональных разломов (дробления, рассланцевания). Следовательно, можно предположить, что не столько контаминированные интрузии, сколько эти разломы были причиной образования скарнов. Но сравнение с соседними районами исключает возможность такого предположения: там скарны развиты в пространственной связи с комплексами контаминированных интрузивов и вне зависимости от наличия крупных разломов.

Перечисленные критерии генетической связи постмагматических месторождений с интрузиями часто подтверждаются на примерах высокотемпературных месторождений — пегматитовых и скарново-рудных. Однако для большой группы гидротермальных месторождений установление их генетической связи с интрузиями сталкивается с рядом затруднений. Например, в случаях, описанных С. С. Смирновым, Ю. А. Билибиным и др., когда для месторождений золота и полиметаллов наблюдается несоответствие масштаба рудообразования и размеров интрузивных массивов. По нашему мнению, не случайно то, что каждый раз при таких несоответствиях мы имеем дело с месторождениями, которые по составу и характеру изменения боковых пород следует отнести к гидротермальным месторождениям среднеудаленных и удаленных зон. Поэтому не следует связывать гидротермальные месторождения с первыми попавшимися интрузиями, если

даже имеется критерий пространственной связи («парагенетическая связь» по Ю. А. Билибину), тем более, что некоторые малые интрузии, как говорилось выше, иногда могут представлять собой апофизы или дайки крупных массивов, залегающих на глубине.

Необходимо иметь в виду, что чем дальше локализовано месторождение от источника минерализации (материнского массива), тем труднее установить данный источник. В этом сложность вопроса, следовательно, в каждом отдельном случае нужно принимать во внимание сумму геологических факторов с учетом физико-химических условий рудообразования.

Глава XI

РОЛЬ АССИМИЛЯЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ В ПОСТМАГМАТИЧЕСКОМ РУДООБРАЗОВАНИИ

К истории вопроса

Разработка вопроса о роли ассимиляции в петрогенезисе вообще и в рудообразовании в частности принадлежит русским и советским геологам.

Впервые петрологическое значение ассимиляционных процессов обосновано еще в 1897 г. Ф. Ю. Левинсон-Лессингом. Позднее он не только показал несостоятельность универсальной кристаллизационной дифференциации Боуэна, но и обосновал новую теорию (представление о двух магмах) образования магматических пород, в которой ассимиляционные процессы выступают уже не как побочные (образование тонких корок вокруг внедрившейся и кристаллизующейся магмы), а как ведущие, вызывают нередко многообразие пород кислого и среднего составов.

В последнее время многие советские геологи неоднократно подчеркивали важность описываемого вопроса. В частности, В. А. Обручев (1932) указывал, что «внедряясь в толщи горных пород земной коры, при образовании интрузивного тела, магма растворяет при прикосновении те или иные породы — известняки, сланцы, песчаники, мергели или более древние изверженные породы и должна изменить свой состав, обогащаясь водой, пропитывающей породы, а также кремнеземом, глиноземом, известью, соединениями щелочей — в зависимости от состава пород». Огромное значение ассимиляционного процесса подчеркивалось А. Н. Заварицким, специально разобравшим его в капитальной работе по петрологии Бердяушского плутона (1937).

Д. С. Белянкин в небольшой, но очень содержательной работе «К вопросу о петрогенетическом значении контактовых явлений», опубликованной в VI томе трудов XVII сессии Международного геологического конгресса (1937), также показал большую важность контактовых явлений.

В настоящее время во всех более или менее крупных петрографических работах приводится интересный фактический материал по вопросам о роли ассимиляционных процессов в петрохимическом разнообразии гранитоидных и других пород (Б. М. Куплетский, Н. П. Семененко, И. М. Исамухамедов и др.).

В. А. Обручев и А. Е. Ферсман неоднократно подчеркивали значение компонентов, попадающих в магму из вмещающих пород. В частности, по А. Е. Ферсману, ассимиляция гранитной магмой карбонатных пород с поглощением CaO (с высвобождением CO_2) приводит к увеличению числа ионов $[OH]^{-1}$ и повышению концентрации водородных ионов $[H]^{+1}$ системы. При этом все железо переходит в окисную форму и вносится в контактовую зону, что приводит к образованию андрадита, магнетита и гематита.

Роль ассимиляции карбонатных пород магмой и, в связи с этим, образование месторождений скарнового типа отмечены К. А. Власовым (1940). Широкое металлогеническое значение ассимиляционных процессов нами обосновывалось в известных монографиях по геологии скарнов Средней Азии (1947), «Генетическая связь оруденения с интрузиями» (1950) и в других работах. Близкую нам идею развивает П. Н. Кропоткин (1941, 1948) в своих трудах по Казахстану, особенно в отношении обогащения магмы некоторыми металлическими элементами (железом, медью и золотом) за счет вмещающих пород. По мнению А. П. Никольского (1941), оловоносность гранитов Калбы связана с ассимиляцией ими сланцев, отличающихся более повышенным содержанием олова.

Ценные материалы по влиянию ассимиляции на постмагматические процессы получены по Западному Узбекистану (Х. М. Абдуллаев, И. М. Исамухамедов, И. Х. Хамрабаев, Т. М. Мацокина, М. С. Кучукова, Б. У. Уразаев, М. Ш. Шарафиев и др.). Они позволяют правильно подойти к расшифровке многих металлогенических вопросов этого своеобразного района.

Значение ассимиляции в петрохимической специализации кислой магмы

Метафизическая универсальная теория кристаллизационной дифференциации Боуэна с ее единым дифференциальным рядом габбро — граниты не может удовлетворить современную петрологию. Однако, отвергая кристаллизационную дифференциацию базальтовой магмы по Боуэну, мы должны

дать другие, более отвечающие фактам представления, к сожалению, еще не разработанные петрологами.

Согласно Ф. Ю. Левинсон-Лессингу и Д. С. Белянкину, одним из важных представлений для гранитоидов мы считаем ассимиляционную петрохимическую специализацию кислой магмы. Мы неоднократно подчеркивали исключительное значение ассимиляции в многообразии пород, возникших именно из гранитной магмы, но это, разумеется, не должно исключать другие возможные варианты объяснения наблюдающихся фактов. Вполне вероятно, что ассимиляция как фактор многообразия действует совместно с другими (дифференциация, состав субстрата, тектоника и др.) факторами. Однако в данном разделе мы попытаемся объяснить разнообразие гранитоидов с точки зрения ассимиляции.

Ювенильная гранитная магма по своему первичному составу, по-видимому, соответствует кислому граниту — аляскиту (Х. М. Абдуллаев, 1947, 1950; И. М. Исамухамедов, 1952; В. С. Коптев-Дворников, 1952), но, возможно, меняется по содержанию некоторых, особенно летучих, компонентов в результате развития магматического очага во времени. Поэтому в дальнейшем развитии аляскитовой магмы, в ее превращении в гранитоидные породы и в разнообразии последних главенствующую роль играет ассимиляция в широком смысле слова.

Понятие об ассимиляционной специализации кислой магмы возникло как законная реакция на известные представления, вытекающие из теории кристаллизационной дифференциации. Согласно представлениям некоторых геологов, гибридные или контаминированные разности пород могли образоваться в виде тонкой корки в краевых частях того или иного интрузива. Эта корка, однажды возникнув, якобы предохраняла не успевшую закристаллизоваться магму от дальнейшего влияния окружающей интрузив среды. Кроме того, подчеркивалось, что внедрившаяся магма якобы не обладала достаточным запасом тепловой энергии, чтобы расплавить и усвоить сколько-нибудь значительные массы вмещающих пород.

Показательно, что в природе в противоположность реакционному принципу Боуэна наблюдаются явные признаки ассимиляции кислой магмой как более кислых, так и более основных вмещающих пород, чем она сама.

Вопреки мнению Боуэна и других петрологов, сильно переоценивших значение физико-химических экспериментов (о чем неоднократно писали Ф. Ю. Левинсон-Лессинг и Д. С.

Белянкин), кристаллизующийся интрузив является системой динамической, а не статистической.

Поэтому мы полностью присоединяемся к высказыванию акад. Д. С. Белянкина (1937), писавшего, что «в то время как принципы дифференциации представляют собой более или менее отвлеченные представления, мало увязанные с петрографической действительностью, именно на контактах мы наблюдаем не возбуждающие никаких сомнений превосходные примеры протекавших здесь некогда петрографических реакций».

Действительно, материалы по интрузивному магматизму в складчатых областях Средней Азии, Кавказа, Алтая, Дальнего Востока показывают огромную роль ассимиляционных процессов в местах становления интрузий. Кроме того, следует учесть большое значение процесса ассимиляции в более глубоких частях и особенно на путях следования магмы. Выявление значения глубинной ассимиляции — важнейшая задача современной петрологии. На данном этапе развития науки мы ограничены возможностями, поэтому приходится опираться только на те данные, которыми геология располагает по верхнему геоструктурному ярусу, где ассимиляционные процессы имеют исключительное значение. Причем масштаб и петрохимизм ассимиляционного процесса зависят от многих причин (геологических, физико-химических и др.), среди которых ведущее место принадлежит составу вмещающих — ассимилирующихся пород.

По-видимому, чем разнообразнее вмещающие породы, тем резче и разнообразнее результаты ассимиляции.

На основании личных наблюдений и литературных данных автор посчитал нужным (1950) для металлогенических задач выделить несколько ведущих петрохимических типов ассимиляции.

Карбонатная ассимиляция — обогащение магмы известью (отчасти магнием) с образованием пород гранитоидного ряда (габбро—диорит—гранодиорит повышенной основности). Например, гранитоиды Актауского интрузива в случае контаминирования с известняками резко обогащаются кальцием (1,9—2,07% CaO в гранитах, до 8—10% CaO в гранодиоритах краевой фации).

Алюмосиликатная ассимиляция — обогащение магмы кремнеземом, глиноземом, щелочами. При такой ассимиляции состав гранитоидов остается кислым и нередко повышается в магматической породе содержание отдельных

компонентов вмещающих образований. Этот тип можно подразделить на два подтипа: 1) алюмосиликатная ассимиляция основных пород (обогащение не только щелочами, кремнеземом и особенно глиноземом, но и компонентами цветных минералов, в частности железом), в отдельных случаях с образованием гранитоидов типа плагиогранитов и гранодиоритов; 2) алюмосиликатная ассимиляция кислых пород (обогащение кремнеземом, глиноземом и щелочами). Так, если для удобства сравнения взять ту часть Актауского массива, которая прорывает сланцы, то картина резко меняется: по мере приближения к контактам содержание глинозема увеличивается от 14,5 до 18,4%, а окиси железа—от 1,31—2,19 до 5,19%, поскольку, по данным анализов, этими компонентами богаты вмещающие слюдяные сланцы.

Железо-магнезиальная ассимиляция — обогащение гранитной магмы преимущественно железом и магнием также с образованием гранитоидов повышенной основности—диориты и гранодиориты. В таких породах ненормально повышается содержание железа и других компонентов, темноцветных минералов (в частности, роговой обманки). Этот тип ассимиляции развит преимущественно в областях распространения специфических эффузивов повышенной основности. В частности, в Южно-Варзобском массиве (Гиссарский хр.) в связи с присутствием ксенолитов эффузивных порфиритов, содержащих 8,22% окислов железа и 4,3% магнезии, количество этих компонентов увеличивается и соответственно составляет 4,55% и 0,46% для гибридных гранодиоритов и 5,9 и 2,25% для гибридных диоритов.

Особо следует подчеркнуть роль смешанной ассимиляции, когда в разрезе участвуют различные по составу литологические горизонты с образованием неодинаковых по составу гранодиоритов.

На основании имеющихся данных различные гранитоидные интрузии иногда поглощают при своем внедрении целые стратиграфические горизонты вмещающих, осадочных и метаморфических толщ. Мало того, суммируя отдельные примеры и переходя к широким региональным соотношениям, мы неоднократно подчеркивали, что, например, гранитоиды Южного Тянь-Шаня, развитые в области, сложенной различными кристаллическими сланцами, песчаниками и лишь отчасти известняками, в петрохимическом отношении резко отличаются от гранитоидов Срединного Тянь-Шаня, застывших главным образом среди известняков и эффузивов, богатых горизонтами с железом и магнием. Мы сопоста-

вили средние составы большинства варисских интрузий, распространенных в этих двух крупных регионах Средней Азии. Оказалось, что в полном соответствии с составом вмещающих толщ в Южном Тянь-Шане гранитоиды обогащены глиноземом, а в Срединном — известью и железом. Ниже мы покажем, что соответственно этой петрохимической специализации меняется металлогенический облик скарново-рудных зон, развитых в связи с поздневарисским магматизмом.

Следует отметить, что часто в зависимости от перечисленных типов ассимиляции образуются различные конкретные типы гранитоидных пород (не узкие пленки!). Так, в региональном масштабе установлено:

1) карбонатная ассимиляция приводит к очень сложному и разнообразному ряду пород, в котором укладывается подавляющая часть реакционного ряда Боуэна. В нем описаны адамеллиты, сиениты, гранодиориты, диориты и даже габбро;

2) для алюмосиликатной ассимиляции описаны характерные разности гранитов и аляскитов, с одной стороны, и пород типа плагиогранитов, гранодиоритов и диоритов — с другой;

3) для железо-магнезиальной ассимиляции описаны специфические гранодиориты и диориты.

На основании фактических данных установлено, что ассимиляционные процессы идут очень глубоко и размах их в местах становления интрузий может измеряться километрами. В частности, для Каратюбинского массива двуслюдяных гранитов мощность ассимилированных алюмосиликатных и других толщ достигает нескольких километров; некоторые горизонты вмещающих сланцев общей мощностью 5—6 *км* уцелели лишь в виде ксенолитов. Таким образом, при изучении ассимиляционных процессов можно выявить причину разнообразия гранитоидных пород. Необходимо пересмотреть представления о недостаточности тепла магмы и другие, по которым в результате ассимиляции образовалась корка мощностью в несколько десятков метров.

Роль ассимиляционных процессов в постмагматическом рудообразовании

Если мы признаем роль ассимиляционных процессов в петрогенезисе, то, оставаясь последовательными, мы должны признать их влияние и на постмагматическую деятельность тех или иных интрузий. Данное положение свидетель-

ствует о том, что нельзя отрывать постмагматические процессы от интрузивной деятельности. Едва ли следует доказывать, что постмагматические растворы при своем возникновении бывают насыщены всеми компонентами материнского гранитоида.

Действительно, многочисленные факты говорят о том, что состав постмагматической минерализации в известной мере зависит от состава гранитоидов. Особенно четко это устанавливается для пегматитовых и скарново-рудных месторождений и для месторождений, располагающихся вблизи своего источника, т. е. группы гидротермальных месторождений интрузивной и околоинтрузивной зоны.

Роль ассимиляционных процессов при образовании постмагматических месторождений может быть двоякой. В о-первых, ассимилируемые магмой толщи могут непосредственно обогатить магму, а следовательно, и зарождающиеся в ней при кристаллизации постмагматические растворы металлами. Это наиболее вероятно для тех металлов, которых в кислой магме мало и которые для нее нетипичны (железо, медь, ванадий, титан и т. д.), а также для нерудных компонентов, известных в рудных жилах и широко развитых в рудоносных жилах (бор, углерод или углекислота, сера и т. д.). Поэтому важнейшее значение могут иметь (как прямая причина рудоносности) крупные толщи битуминозных пород: ванадийсодержащих, железистых, турмалинсодержащих сланцев и т. д. Важно также и то обстоятельство, что многие осадочные толщи по своей природе металлоносны (полиметаллы, молибден, литий, висмут уже в них доказаны).

Не следует также забывать, что осадочные толщи — носители крупных рудных месторождений (например, железистые кварциты, медистые песчаники, золотоносные рифы Трансвааля в Африке).

Во-вторых, роль ассимиляции в постмагматическом рудообразовании может быть косвенной. В этом случае прямого обогащения магмы металлами или нерудными компонентами не происходит. Можно было бы предположить, что ассимиляция в ряде случаев, в зарождении или специализации растворов особой роли не играет, но тогда непонятно, почему подавляющая масса скарново-рудных и кварцево-сульфидных месторождений ассоциирует с гранитоидами, изменившимися при карбонатной и смешанной ассимиляциях, тогда как пегматитовые и кварцево-грейзеновые жилы связаны с кислыми массивами

с явными признаками алюмосиликатной ассимиляции. На основании подобных примеров и замечаний о них В. А. Обручева (1932) мы пришли к выводу, что ассимиляционный процесс прежде всего влияет на время выделения постмагматических растворов. Магма при ассимиляции, безусловно, обогащается водой, углекислотой и другими летучими компонентами, содержащимися во вмещающих породах. Причем, она не может, конечно, содержать их в бесконечном количестве. И этот избыток, возможно, составляет начало накопления и выделения постмагматических растворов. Это согласуется с выводами В. А. Николаева (1944) по экспериментальным данным Горонсона. Следовательно, можно предполагать, что между ассимиляцией и выделением из магмы летучих компонентов существует известная зависимость. Этим, вероятно, объясняется широкое развитие метаморфических процессов в районах интрузий, сопровождаемых мощными ассимиляционными (особенно при карбонатной) процессами. Отсюда же можно заключить, что ассимиляционные процессы приводят к более раннему выделению растворов из магмы, когда еще существует высокая температура в контактовой зоне. Этим, в частности, можно объяснить то, что скарново-рудные месторождения возникают на более ранней стадии кристаллизации интрузива, чем гидротермальные месторождения.

Компоненты вмещающих пород, попадающие в магму при ассимиляции, влияют на состав постмагматических растворов. Если магма ассимилировала известняки, то растворы насыщаются такими компонентами, как кальций и углекислота. Наоборот магма, поглотившая глинистые сланцы и обогатившаяся щелочами, кремнеземом и глиноземом, создает пегматитовые образования или грейзены.

Но значение разбираемой проблемы этим еще не исчерпывается. Оно было бы непонятным, если бы мы не учитывали влияние состава вмещающих пород на постмагматические растворы, уже отделившиеся от магмы и циркулирующие в толщах вмещающих пород по порам и трещинам.

Постмагматические растворы, проходя через различные породы, могут обогащаться металлами из боковых образований. Но это происходит не всегда. Однако так или иначе общий состав растворов при циркуляции через различные по составу породы значительно меняется.

Показательны следующие примеры. В литературе указывалось (С. С. Смирнов), что кварцевая жила богата турмалином в песчаниковом фланге и лишена его в известняковом. В данном случае турмалиноносность хотя и могла

быть не обязана самим боковым породам, но они влияли положительно или отрицательно на концентрацию бора. Образование сидеритового месторождения Абаил и широкое развитие постмагматической и железорудной минерализаций в этом районе (западная и северо-западная части Талассо-Чаткальских гор) связывается (Х. М. Абдуллаев, В. Г. Гарьковец) с обогащением постмагматических растворов за счет вмещающих мощных нижнепалеозойских пород, богатых железом (до 15—20% $Fe_2O_3 + FeO$). Проходя через них, растворы, по-видимому, выщелачивали железо, а в среднепалеозойских известняках откладывали его.

Следовательно, вмещающие породы могут влиять на состав или на общую продуктивность магмы и постмагматических растворов на всех стадиях их развития.

Остановимся на примерах и отдельных положениях, вытекающих из развития поставленной темы.

Петрохимическая и металлогеническая специализация при ассимиляции наблюдается даже в одном интрузиве, рвущем различные по составу вмещающие породы. Так, Ихначкульский массив в Северо-Западном Тянь-Шане (А. С. Аделунг), в одной своей части рвущий флишоидные сланцы, специализируется до кислых гранитов и сопровождается кварцевыми жилами с высокотемпературной сульфидной минерализацией, тогда как в другой части, залегающей в известняках, он специализируется до гранодиоритов и даже диоритов и начинает сопровождаться уже скарнами.

На западе Зирабулакских гор имеются выходы двух небольших по размерам гранитоидных массивов (Х. М. Абдуллаев); один из них (Чуянсайский гранодиоритовый), застывший среди сланцево-известняковой толщи на контакте с известняками, образует скарново-рудные отложения, а другой (Китменчинский), застывший среди сланцев (гнейсовидные биотитовые граниты), создал мощные зоны пегматитовых жил. Аналогичные случаи петрохимической и металлогенической специализации наблюдались и в Койташском, Актауском и других массивах Западного Узбекистана (Х. М. Абдуллаев, И. Х. Хамрабаев). Обобщая подобные примеры не только для отдельных интрузий, но и для многочисленных рудных районов, можно считать установленной следующую эмпирическую закономерность: стандартные вольфрамито-касситеритовые месторождения с грейзеновыми зонами связаны с аляскитовыми и гранитными массивами, сульфидно-касситеритовые, кварцево-барито-сульфидные месторождения полиметаллов и

меди локализуются в районах развития гранитоидов повышенной основности.

На основании описанного можно еще раз подчеркнуть следующую закономерность: скарново-рудные месторождения вольфрама, железа и полиметаллов, как правило, генетически связаны с гранитоидами повышенной основности (при смешанной карбонатно-алюмосиликатной или же карбонатно-железо-магнезиальной ассимиляции), а пегматитовые месторождения — с аляскитами и гранитами, подвергшимися кислой алюмосиликатной ассимиляции.

Далее следует указать, что процессы ассимиляции влияют не только на проявление тех или иных типов постмагматических месторождений, но и на геохимические металлогенические черты одного и того же типа. Эти процессы обусловливают конкретное многообразие одного генетического типа, например, скарново-рудного. При этом не бесплодный спор о природе рудообразующего флюида (Грейтон, Феннер и др.), а изучение геологической обстановки и обусловленных ею ассимиляционных процессов позволяет понять природу скарнов. Так, в Южном и Срединном Тянь-Шане (по терминологии В. И. Попова, 1938) скарны залегают на контактах сравнительно чистых известняков с поздневарисскими гранитоидами повышенной основности. Тем не менее скарны в том и другом случае резко различны, понять их можно только разобравшись в характере гранитоидов обоих регионов. Их различия, вызванные неодинаковым характером ассимиляционных процессов, на первых порах незаметны.

Выше показано отличие гранитоидов Южного Тянь-Шаня, застывших среди известково-глинистых толщ и обогащенных известью, железом и магнезией, от гранитоидов Срединного Тянь-Шаня. В полном соответствии с этим выявлено:

1) пироксены скарнов Южного Тянь-Шаня богаты геденбергитовой молекулой (в 21 известном случае более 65%, а в девяти — свыше 80%). Пироксены скарнов Срединного Тянь-Шаня, наоборот, повсеместно обладают диопсид-авгитовым и редко родонитовым (для скарново-сульфидных месторождений) составом;

2) гранаты скарнов Южного Тянь-Шаня отличаются исключительно высоким содержанием гроссуляровой молекулы (от 55 до 80%), а в гранатах Срединного Тянь-Шаня на фоне их изменчивости преобладает андрадитовая молекула;

3) с андрадитовыми скарнами Срединного Тянь-Шаня связаны магнетит и гематит (редко шеелит), а с геденбергитовыми и гроссуляровыми скарнами Южного Тянь-Шаня —

сульфиды и шеелит. Кроме того, скарны Срединного Тянь-Шаня содержат небольшое количество кварца и не содержат олова, а в Южном Тянь-Шане они окварцованы и несут следы олова.

Значительные различия в составе скарнов и в металлогенической специализации, по-видимому, объясняются тем, что при смешанной алюмосиликатно-карбонатной ассимиляции (Южный Тянь-Шань) в противоположность карбонатной и карбонатно-магнезиальной (Срединный Тянь-Шань) отдельные компоненты, в частности железо, вели себя по-разному. Вероятно, в Южном Тянь-Шане ассимилированные известняки не смогли создать избытка кислорода, и железо выносилось в закисной форме, образуя геденбергит. С учетом ассимиляционных процессов понятны и другие особенности оруденения: карбонатная ассимиляция способствует концентрации вольфрама в виде шеелита, ибо вольфрам имеет с кальцием большее родство, чем с железом и марганцем.

Теперь рассмотрим случаи прямого обогащения магмы и постмагматических компонентов вмещающими породами при ассимиляционных процессах.

1. В Западном Узбекистане наблюдаются мощные графитовые тела и региональная графитоносность (Х. М. Абдуллаев, И. Х. Хамрабаев, М. Ш. Шарафиев, 1953), позволяющие выдвинуть этот район по графиту на одно из первых мест в Советском Союзе. При детальном изучении обнаружены интересные закономерности, свидетельствующие о высокой роли ассимиляционных процессов при образовании графитового месторождения. Прежде всего здесь установлено, что разные по составу (основные и кислые) интрузии прорывают мощную толщу палеозойских битуминозных сланцев и известняков, содержащих в большом количестве углистые вещества. Причем эти толщи простираются на сотни километров.

В участках, подвергшихся метаморфизму, углистые вещества описываемых толщ превращены в графит. Интересно отметить, что региональная графитоносность характерна здесь не только для метаморфических пород, но и для интрузивов (кислые разности последних сильно контаминированы), в которых содержание его колеблется от 1 до 3—4%. При этом наиболее мощные рудные тела (с содержанием углерода до 65—70%) локализуются на контакте интрузивов с известняками. Графит как породообразующий минерал нередко фигурирует взамен биотита и других темноцветных минералов в гранитоидах, а в качестве постмаг-

матического минерала насыщает пегматиты и скарны, метасоматически замещая отдельные цветные минералы.

Исходя из приведенных фактов, можно предположить, что между региональной графитоносностью сланцев, известняков, магматических и постмагматических образований существует генетическая связь и геохимическая преемственность. Кроме того, возможно обогащение магмы углистыми веществами вмещающих пород и выделение их в виде постмагматических продуктов. При этом углистые вещества в малоизмененных сланцах отличаются значительным содержанием никеля, кобальта, меди и ванадия. Эти компоненты характерны и для постмагматических промышленных залежей графита. Такое же соотношение интрузивных пород с битуминозными породами и региональная графитизация наблюдаются в районе Батагольского месторождения. Следовательно, в данном случае графитовые залежи постоянно ассоциируют с графитоносными интрузиями — с одной стороны, и с битуминозными породами — с другой, что объясняется прямым влиянием ассимиляционных процессов.

2. Рассматривая железо-магнезиальную ассимиляцию для Варзобского района, мы отметили обогащение железом (за счет эффузивных порфиритов) гранитоидной интрузии, в связи с которой отмечается значительное развитие скарново-магнетитовых образований. Из сказанного понятно, почему постмагматические концентрации железа в Средней Азии в виде многочисленных скарново-магнетитовых, гематитовых и др. месторождений приурочены к районам срединной зоны Тянь-Шаня, где поздневарисские интрузии рвут известняки, железистые эффузивы и реже сланцы. По-видимому, в этом районе были оптимальные условия для образования постмагматических концентраций железа: обогащение магмы железом, заимствованным из боковых пород; насыщение магмы известью, что способствовало выносу железа постмагматическими растворами.

П. Н. Кропоткин (1948) отмечает, что скарново-магнетитовые месторождения в Центральном Казахстане также локализуются в аналогичных геологических условиях.

3. И. Х. Хамрабаев (1952) установил, что в известняках силура Западного Узбекистана присутствует до 4—6% сингенетичного марганца. Повышенные содержания марганца наблюдаются не только в варисских гранитоидах, рвущих эти известняки, но и в сопутствующих постмагматических образованиях — в пегматитах (концентрации спессартиновых гранатов), скарнах (скопление марганцевистого граната и марган-геденбергита) и, наконец, зонах гидротермальной

минерализации, среди сланцев и известняков (возникновение родонита, бустамита, граната-спессартина и т. д.). Следовательно, здесь, как и в случае с графитом, отмечена картина унаследованных магматических и постмагматических концентраций марганца.

4. Насколько сложна геохимия отдельных элементов и насколько важно проследить их миграцию при взаимодействии магмы с вмещающими породами, показывает поведение титана. В силурийских сланцах Западного Узбекистана количество двуокиси титана достигает (И. Х. Хамрабаев, 1952) 1%, это обычный сингенетичный титан пелитовых и терригенных отложений геосинклинали. Двуокись титана — инертный компонент, поэтому он при ассимиляции обогащает магму и выпадает в виде сфена, рутила или титансодержащих биотитов при кристаллизации ранних порций магмы, дающих диориты и гранодиориты; иногда содержание его в биотитах контаминированных гранитоидов доходит до 7—9%.

Для Западного Узбекистана характерно (Х. М. Абдуллаев, 1950) ассимиляционное обогащение гранитоидов бором за счет некоторых разностей верхнесилурийских сланцев, в которых содержание его достигает 0,08—0,40%. Турмалин здесь встречается в магматических (гранитоидах и их жильных дериватах) и в постмагматических образованиях. Однако мы здесь должны подчеркнуть тот факт, что в этом районе мы не наблюдаем таких обильных концентраций турмалина, связанных с кислыми интрузиями, как в Кара-тюбе.

5. П. Н. Кропоткин (1948) на основе детального изучения магматизма и рудообразования в Центральном Казахстане пришел к интересным выводам о влиянии ассимиляционных процессов на формирование металлогенического облика этого крупного района. Он отмечает, что в связи с развитием диоритов и гранодиоритов, ассимилировавших мощные вулканогенные толщи основного состава, устанавливается концентрация почти всех месторождений золота, многих высокотемпературных месторождений меди и полиметаллов. Далее он допускает возможность обогащения (при ассимиляции) этими металлами гранитоидов за счет вмещающих вулканогенных и других пород.

Аналогичные закономерности для полиметаллической минерализации отмечались для некоторых районов Средней Азии (Приташкентский, Гиссар, Талас и др.), где широко развиты вулканогенные толщи (Х. М. Абдуллаев, 1950), которые, по-видимому, являются не только материальной средой для интрузий и месторождений, но и источником (?)

некоторых, в частности полиметаллических руд. Спектральное изучение неизмененных разностей этих эффузивных пород показывает значительное содержание в них свинца, цинка и молибдена (И. М. Мирходжиев, 1952).

Почему же магма в отдельных рудных районах не может обогащаться металлами и отдавать их в постмагматические растворы, тем более, что для вмещающих пород этих районов отмечается повышенное содержание отдельных компонентов. Почему магма не может обогащаться свинцом, цинком, медью, если мы знаем, что эти металлы участвуют в осадочных и эффузивных толщах не только как сингенетическая примесь, но и дают в них крупные осадочные месторождения, например, железные руды Тюрингии, Керчи, медистые сланцы типа Мансфельда, медистые песчаники Урала и Сибири, золоторудные метаморфизованные конгломераты Трансвааля, марганцевистые осадки Чиатур и т. д. Поэтому в данном вопросе, как нам кажется, прав также и М. М. Константинов (1951), допускающий возможность ассимиляционного обогащения магмы свинцом и цинком. Он правильно утверждает, что осадочные и магматогенные месторождения теснейшим образом связаны друг с другом.

Изложенные материалы — лишь первый набросок новой и важной металлогенической проблемы. Но и они уже показывают, насколько большое теоретическое и практическое значение могут иметь правильное понимание и применение на практике концепции об ассимиляционной специализации.

Нетрудно заметить, что представление о высокой роли ассимиляции не только не противоречит разработанному в предыдущей главе тезису о потенциальной металлоносности магмы, как об этом писали в печати (П. М. Татаринов, А. Е. Корякин, 1951), а наоборот, указывает пути для реализации этой металлоносности в конкретных геологических условиях. По-видимому, в отдельных случаях ассимиляция может выступать в роли «катализатора» постмагматического процесса. Однако мы должны оговориться, что такое представление еще не означает отрицания глубинных очагов — источников гранитной магмы и тем более эволюции этих очагов во времени. Благодаря пульсирующему характеру действия магматический очаг, по-видимому, выделяет различные порции магмы, отличающиеся по составу и главным образом по содержанию летучих компонентов.

Поэтому при решении данного вопроса надо учитывать глубинную роль и ассимиляционную специализацию. К этой, очень важной задаче современной металлогении необходим

всесторонний подход. Следовательно, магматические и постмагматические процессы и влияние на них геологической среды должны рассматриваться от формирования и развития тех геологических комплексов, которые слагают район и играют роль среды в становлении интрузивов и в их петрохимической и металлогенической специализации. Иначе говоря, вместо отвлеченных умозрительных рассуждений о дифференциации и т. д. следует заняться комплексным изучением геологии конкретных районов с учетом стратиграфо-литологических, геотектонических, геолого-структурных, петрологических и геохимических факторов. Мы полагаем, что только исследовав роль этих факторов в определенном районе, вещественный состав и тектонические особенности пород, размещающих интрузивные тела, мы сможем познать причины наличия или отсутствия рудных месторождений в связи с конкретными интрузиями. Такой широкий и комплексный подход к проблеме рудообразования, в основе которого лежит всесторонний учет различных сторон и свойств геологической среды и ее влияния на магматические образования, должен быть положен в основу металлогении.

Окружающая обстановка, особенно состав интрудируемых толщ, несомненно, должна влиять на магму, на ее постмагматическую продуктивность. Выяснение роли геологической среды в развитии магматизма и постмагматических процессов может дать более достоверный и богатый материал для установления причин металлогенической специализации отдельных районов, чем умозрительные представления о металлоносных и «стерильных» магмах.

Едва ли необходимо доказывать, что становление интрузий, их состав, форма, условия залегания и постмагматическая продуктивность находятся в зависимости от геологического строения и геологической истории формирования района.

При решении вопросов металлогении очень важное значение приобретает ассимиляция как геолого-исторический процесс. С течением времени и по ходу геологической истории в зависимости от развития вещества материальной геологической среды меняются характер ассимиляции и ее результаты: возникает многообразие гранитоидных пород не только в пространстве, но и во времени.

Придавая принципиальное значение влиянию ассимиляционных процессов на постмагматическое рудообразование, автор настоящей книги (1940, 1950) выступил с концепцией об ассимиляционной специализации

кислой магмы и постмагматических растворов. Представление о специализации, с нашей точки зрения, должно охватить следующий круг явлений.

1. Образование различных по петрохимическому типу гранитоидных пород.

2. Обогащение магмы и постмагматических растворов металлическими и другими компонентами за счет ассимилированных вмещающих пород.

3. Влияние компонентов, ассимилированных магмой, на геохимический облик постмагматических растворов и на физико-химический режим постмагматического процесса; летучие и подвижные компоненты (CO_2, H_2O, S, B и др.), попадающие в магму из вмещающих пород, могут способствовать в одних случаях — ускоренному, в других — более медленному выделению постмагматических растворов и соответственно влиять на их геохимическую природу.

Глава XII

МЕТАЛЛОГЕНИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ ДАЙКОВЫХ И ЖИЛЬНЫХ ОБРАЗОВАНИЙ

Возрастные расчленения дайковых и жильных образований

Изучение взаимоотношений даек и жил между собой и с рудными месторождениями — важная металлогеническая проблема, которая при правильном методологическом подходе может способствовать решению многих генетических вопросов, в частности поможет определить характер магматических процессов и их влияние на металлогеническую специализацию района или провинции. Исследование этих взаимоотношений связано с выяснением генезиса некоторых дайковых и жильных образований, особенно даек основного состава (диабазов, диабазовых порфиритов и различных лампрофиров), которые встречаются в районах развития кислых и основных пород и вдали от них, среди мощных толщ эффузивов, осадочных и метаморфических образований. Конкретная закономерность их размещения во времени и в пространстве пока еще не выявлена.

Площади распространения этих даек шире, чем кислых интрузий и их жильных образований (аплиты, пегматиты и др.), которые локализуются, как правило, в районах развития материнских интрузий. Поэтому в систематике дайковых и жильных образований диабазы, диабазовые порфириты и различные лампрофиры должны занять особое место с точки зрения их генезиса.

В настоящее время в петрографической литературе нет единого мнения о генезисе жильных образований, в частности даек основного состава. В обычных петрографических учебниках мы встречаем концепцию, рассматривающую эти образования как дифференциаты магмы, в частности единой базальтовой магмы.

Существуют также описания фактов, доказывающих образование отдельных жил (например, аплитов и пегматитов) метасоматическим путем.

Наконец, некоторые зарубежные металлогенисты (Хьюлин и др.) допускают подъем магмы из подкорового очага для образования диабазовых и лампрофировых даек.

Как видно, вопрос о генезисе дайковых и жильных образований еще нельзя считать решенным. Это особенно относится к лампрофирам, которые по некоторым фактам можно рассматривать как дифференциаты гранитной магмы, подвергшиеся, по-видимому, исключительному влиянию ассимиляционных процессов. Одновременно в литературе указывается на такие факты (об этом будет сказано ниже), которые позволяют истолковывать их как производные каких-то глубинных очагов.

В последние годы советские геологи провели значительные работы по изучению дайковых и жильных образований. Однако этими исследованиями охвачено очень ограниченное число районов.

Прекрасные работы по геологическому положению даек и жил выполнены В. С. Коптевым-Дворниковым[1] и О. С. Полквой[2] для Центрального Казахстана.

Значительные материалы по жильным и дайковым образованиям содержатся в работах Н. И. Бородаевского[3] и М. Б. Бородаевской[4], по Березовскому району, Ф. К. Шипулина[5] по Южному Приморью (ДВ) и в капитальном труде по петрографии Азербайджана[6]. Особо должны быть подчеркнуты исследования Б. М. Куплетского по лампрофирам[7].

В течение последних лет автор со своими сотрудниками изучал дайковые и жильные образования некоторых районов Средней Азии: по Западному Узбекистану — И. Х. Хамрабаев, Х. Н. Баймухамедов и др., по Варзобскому району — Р. Б. Баратов и С. М. Бабаходжаев, по Кара-Мазару Г. А. Осипова и др.

Исследования и литературные данные позволяют отметить некоторые общие черты в геологическом развитии дайковых и жильных образований. Однако для успешного решения этого, очень важного для металлогении вопроса необходимо провести еще дополнительное изучение на примере многих рудных районов Советского Союза.

---

[1] Изв. АН СССР, 1952, № 4.
[2] Труды Ин-та геологич. наук АН СССР, вып. 107, 1950.
[3] Изв. АН СССР, 1945, № 2.
[4] Там же, 1951, № 1.
[5] Там же, 1950, № 5.
[6] Геология Азербайджанской ССР (Петрография), 1952.
[7] Изв. АН СССР, 1944, № 5.

Наши наблюдения в трех рудных районах Средней Азии (Западный Узбекистан, Кураминский хребет и р. Варзоб) позволяют отметить некоторые особенности проявления дайковых и жильных образований.

1. Жильные породы распределяются в пространстве и во времени неравномерно и находятся в зависимости не только от состава тех магматических пород, которые можно считать их источником, но и от всей геологической истории и геологического строения района.

На громадной территории Западного Узбекистана (в связи с кислыми интрузиями) широко развиты аплиты, микрограниты, сравнительно меньше — пегматиты, редко — диорит-порфириты, гранодиориты и гранит-порфиры, лампрофиры; почти полностью отсутствуют диабазы. Они встречены в нескольких пунктах в значительном удалении от кислых пород: в районе гор Писталитау (Северный Нурата) в габбро-диоритах и спилитах, в Зирабулаке среди метаморфизованных сланцев верхнего силура.

В Кураминском хребте, наоборот, среди дайковых и жильных пород больше гранит-порфиров, гранодиорит-порфиров, лабрадоровых порфиров, диабазовых порфиритов, значительно меньше — лампрофиров, аплитов и пегматитов.

В Варзобском районе широко развиты жильные образования, по составу отвечающие гранит-порфирам, аплитам, пегматитам и лампрофирам.

2. Отчетливо выраженная генетическая связь с интрузиями намечается для аплитов и пегматитов (Варзоб, Западный Узбекистан). Количество генераций этих жильных образований почти соответствует фазам магматизма, их можно рассматривать как остаточные дифференциаты гранитоидов. Устанавливается связь большей частью пегматитов с более кислыми (гранитами и аляскитами) разностями гранитоидов, а аплитов преимущественно с гранитоидами повышенной основности (адамеллитами, гранодиоритами). Аплиты и пегматиты, связанные с диоритами, считаются единицами весьма маломощными. Так, например, в Варзобском районе (С. М. Бабаходжаев, 1953) $^3/_4$ всех пегматитовых жил во времени и пространстве тяготеют к третьей фазе ранневарисского интрузивного комплекса, представленного порфировидными биотитовыми гранитами, в то время как в гранодиоритах они встречаются очень редко и, как правило, маломощны. С гранодиоритами гибридного происхождения генетически связаны жилы микродиорита и гранодиорит-аплита

(Р. Б. Баратов)[1], в них почти полностью отсутствуют пегматиты.

Широко развиты в Кураминском хребте и в Варзобском районе дайки и жилы гранит-порфиров и гранодиорит-порфиров, пространственно связанные с отдельными штоками тех же составов.

В юго-западной части Кураминского хребта отмечаются переходы даек гранодиорит-порфиров к штокам гранодиорит-порфиров, и наблюдается определенное пространственное размещение этих даек и жил в непосредственной близости к штокам. Дайки и реже штоки приурочиваются к межформационным и межпластовым отслоениям, нередко они имеют общее падение и простирание, некоторые дайки на глубине увеличиваются в мощности. В этом районе при бурении скважины установлено, что мощность дайки гранодиорит-порфиров, равная на поверхности 20 *м*, на глубине около 250 *м* увеличилась до 90 *м*.

Штоки гранит-порфиров и гранодиорит-порфиров и дайки, близкие к ним по составу, самые молодые по возрасту и относятся к заключительному этапу магматизма данного рудного района. Такие же соотношения наблюдаются и в Варзобском, районе, где отдельные дайки гранит-порфира, гранодиорит-порфира и кварцевого порфира по составу очень близки к штокам и другим малым по размерам интрузивным телам поздневарисского интрузивного комплекса. Местами наблюдаются переходы по простиранию даек к штокам. Для этого района штоки и связанные с ними во времени и пространстве дайки относятся к заключительному этапу в развитии магматического цикла.

Штоковидные тела Кураминского и Варзобского районов и связанные с ними дайки переменного состава (от гранит-порфиров до кварцевых порфиров), с которыми в пространстве и во времени связана полиметаллическая минерализация, по-видимому, являются типичными малыми интрузиями, характерными для заключительных этапов геосинклинального развития отдельных участков земной коры. При этом в обоих районах интрузии поздневарисского цикла относятся к пермскому периоду. Поздневарисский магматический цикл отделяется от ранневарисского эффузивами нижнепермского (Варзоб) и верхнепермского (Кураминский хребет) возрастов.

В Западном Узбекистане (Зирабулакские горы и Актау) отдельные аляскитовые дайки постепенно переходят в што-

[1] ДАН ТаджССР, вып. 2, 1952.

ки аляскитов, но резкого различия, за исключением эндоконтактовых изменений, ни в составе, ни в структуре между этими дайками и штоками не наблюдается. Все это позволяет отнести дайки аляскитов и штоки того же состава к одной фазе.

Таким образом, источник для образования этих даек находится в магматическом очаге, давшем магму для образования штоков (гранит-порфирового, гранодиорит-порфирового и аляскитового состава) и генетически связанных с ними гранит-порфиров, гранодиорит-порфиров и аляскитов.

3. Отношение различных лампрофиров к интрузивным массивам не всегда отчетливо выявляется. Наиболее широким развитием пользуются они в некоторых интрузивах Западного Узбекистана (например, Тамдынском и Койташском). В этом районе дайки и жилы лампрофиров образуют две возрастные группы, пространственно обособленные друг от друга: более древние по отношению к главной (третьей) фазе магматического цикла и более молодые, секущие интрузивные массивы и генетически связанные с ними скарново-рудные зоны. Древние лампрофировые жилы, отвечающие по составу малхитам, залегают среди метаморфизованно-осадочных пород и сами в значительной степени метаморфизованы. В Зирабулаке эти лампрофировые жилы срезаются интрузивным массивом второй (гранодиоритовой) фазы (Зирабулакским плутоном).

Молодые лампрофиры Западного Узбекистана, отвечающие спессартиту и реже керсантиту, развиты в участках концентрации гранитоидных массивов, особенно в западной части Койташского и южной части Тамдынского интрузивов. На юго-западе Зирабулакских гор часто встречаются диорит-порфириты и габбро-порфириты. Таким образом, по составу дайки основных пород образуют закономерный ряд с постепенным переходом от диорит-порфирита до лампрофира.

Для Кураминского хребта также намечается несколько генераций лампрофиров. В северо-восточной части Моголтау лампрофировые дайки секут наиболее молодые интрузивные тела — штоки гранит-порфиров (Чорух-Дайронского комплекса малых интрузий).

Среди лампрофиров Варзоба также выделяется несколько генераций, из которых достоверно установлены две:

а) лампрофиры, связанные с ранневарисским гранитоидным комплексом, но секущим скарны;

б) лампрофиры, связанные с пермским комплексом малых интрузий.

4. Для диабазов и диабазовых порфиритов очень трудно

установить закономерности в их пространственном размещении. Еще труднее оказалось выяснить их отношение к интрузивным, в частности гранитоидным интрузиям. Из трех рассматриваемых нами районов диабазы и диабазовые порфириты наиболее широко развиты в Кураминском хребте. Они размещаются среди различных по составу и возрасту интрузивных массивов и вмещающих их осадочно-метаморфических пород.

Лабродоровые и диабазовые порфириты Кураминского района тоже имеют несколько генераций. Пока что очень отчетливо устанавливаются два возрастных типа: первый из них древнее по возрасту, следующий за эффузивами верхнего палеозоя, но предшествующий малым интрузиям (Чорух-Дайрон), состоящим из двух генераций. По времени образования дайки этого типа, по-видимому, относятся к ранним стадиям геосинклинального развития Кураминских гор. Второй тип наиболее молодой, пересекающий почти все интрузивные комплексы района и, вероятно, также состоит из нескольких генераций (Лашкерек). Эти дайки по времени внедрения относятся к заключительному этапу развития данного рудного района.

Дайки и жилы диабазов и диабазовых порфиритов исключительно редки в Западном Узбекистане и Варзобе. Если интрузивные, в частности гранитоидные породы и встречаются, то они, как правило, пространственно и вещественно связаны с более древним комплексом ранневарисских основных и ультраосновных пород и залегают в них или вблизи (Северо-Нуратинские горы).

В. С. Коптев-Дворников (1952) и О. С. Полквой (1950) среди жильных пород Центрального Казахстана выделяют два возрастных этапа. К первому они относят жилы аплитов, жильных гранитов и пегматитов; ко второму — гранит-порфиры, сиенит-порфиры, диорит-порфиры, микродиориты, габбро-порфириты, диабазы и лампрофиры. В. С. Коптев-Дворников указывает, что в интрузивных комплексах гранодиоритов или нормальных гранитов обычно присутствуют представители жильных пород обоих этапов. В лейкократовых и аляскитовых гранитах жильные породы второго этапа встречаются сравнительно редко. Для жильных пород первого этапа он отмечает следующие особенности.

1. Исключительная приуроченность их выходов к объектам интрузий, неравномерность их распределения и частая приуроченность к областям эндоконтакта.

2. В некоторых жильных гранитных массивах, имеющих признаки гибридизма и ассимиляции, кроме биотита, появ-

ляется примесь пироксена или роговой обманки. Иногда плагиоклаз преобладает над калиевым полевым шпатом. По мнению В. С. Коптева-Дворникова, жильные породы первого этапа являются продуктом кристаллизации остаточной магмы в пределах самих интрузивных массивов.

По Коптеву-Дворникову, наличие в интрузиях гранодиоритов, диоритов и габбро-диоритов, обычных лейкократовых жильных гранитов и аплитов подчеркивает гранитную природу исходной магмы. Причиной для разнообразия самих интрузивных массивов, по его мнению, служат ассимиляционные процессы.

В. С. Коптев-Дворников и О. С. Полквой отмечают более сложные взаимоотношения жильных пород второго этапа с интрузивными массивами и со всей геологией района.

О. С. Полквой подчеркивает, что во втором этапе жильные породы по времени закономерно меняются: от кислых к основным — в девонских массивах и от основных к кислым — в верхнепалеозойских. Для жильных пород второго этапа характерен некоторый отход от интрузивных массивов во вмещающую породу. Они довольно часто локализуются в отдельные зоны. Вышеназванные исследователи приходят к выводу, что какой-либо зависимости между составом пород интрузивных массивов Центрального Казахстана и составом даек второго этапа, пересекающих эти массивы, установить нельзя. В связи с этим они считают, что жильные породы второго этапа, вероятно, происходят из более глубоких внутрикоровых магматических источников. Доказательством этого могут служить:

а) проявление в жильной серии второго этапа даек лампрофиров и жильных пород среднего и основного состава (диориты и габбро-порфириты);

б) в жильных породах второго этапа, залегающих в гранитоидах, были найдены включения пород докембрийского цоколя интрузий;

в) отсутствие зависимости состава жильных пород второго этапа от положения интрузива в той или иной геологической структуре, от формы и размера интрузива.

Ф. К. Шипулин в своей статье (1950) приводит очень интересные данные по лампрофирам. Он, в частности, подчеркивает следующие черты их развития в данном районе:

1) каждая возрастная группа даек лампрофиров приурочена к определенной крутопадающей системе трещин;

2) дайки лампрофиров для территории Приморья не связаны только с гранитными массивами и встречаются как

в их пределах, так и на значительном удалении от массивов (иногда на десятки километров);

3) лампрофиры часто содержат ксенолиты основных, средних гибридных пород, массивы которых местами еще не вскрыты эрозией и залегают под гранитными интрузивами.

На основе этих и других данных он считает, что дайки генетически не связаны непосредственно с гранитными интрузиями, после которых они образовались. Лампрофиры были сформированы за счет инъекции магмы из глубинных частей коры.

В капитальном труде по петрографии Азербайджана (Ш. А. Азизбеков и др.) отмечаются некоторые особенности развития жильных пород Малого Кавказа.

1. В Кедабекском и Таузском интрузивах меланократовые разности диабазовой и порфиритовой группы рассекают лейкократовые разности (кварцевые диориты и гранодиориты) и сами в свою очередь рассекаются аплитовыми жилами. В Кедабеке аплитовые жилы рассекают роговики и скарны, являясь, таким образом, более поздними, чем фаза образования контактовых пород.

В Кабахтапинском гранодиоритовом интрузиве аплиты секутся также дайками диабазового порфирита и диабаза.

2. В распределении жильных образований по отношению к интрузивной породе установлена определенная закономерность. Они преимущественно приурочены к кислым частям массива и нередко состав этих образований находится в зависимости от состава интрузивных пород.

Ш. А. Азизбеков считает, что распределение жильных пород увязывается с петрографическими типами интрузий и их дифференциацией, указывая на их генетическую связь с последними. Так, он отмечает, что в восточной части изученной им области (Зурнаб, Дашкесан) в краевых фациях гранодиоритов и кварцевых диоритов было обнаружено присутствие пород габброидного ряда (габбро-диориты, габбро, габбро-диабазы), что генетически сближает их с жильными меланократовыми породами — диоритовыми и диабазовыми порфиритами, габбро-порфиритами и диабазами.

Далее он приходит к выводу, что по Таузчан интрузивные массивы представлены порфировидными аплитовидными плагио-гранитами с постепенными переходами через гранодиориты и кварцевые диориты к диоритам и габбро-диоритам—с одной стороны, и через адамеллиты к гранитам и гранит-порфирам — с другой. Такой петрографический характер этих массивов, по-видимому, обусловливает появление гранит-порфиров, кварцевых микрогранитов, аплит-диори-

тов и аплитов. Как видно из приведенного, Ш. А. Азизбеков все дайковые и жильные породы, в том числе диабазовые, считает остаточными дифференциатами гранитной магмы.

Изложенные материалы и работы по различным районам, опубликованные в литературе за последние годы, показывают сложность вопроса о положении дайковых и жильных образований в геологическом развитии отдельных районов и слабую изученность проблемы в целом. Не всегда и не для всех типов дайковых и жильных образований (особенно это относится к дайкам основного состава — диабазам, диабазовым порфиритам и отчасти лампрофирам) ясно отношение их к интрузивным комплексам. Имеющиеся материалы явно недостаточны для однозначного и более или менее удовлетворительного решения проблемы. Только в последние годы начали обращать внимание на эти образования как на результат сложных геологических явлений. Мы уверены в том, что в скором времени советские геологи внесут ясность в эту довольно запутанную проблему.

Материалы по Средней Азии и литературные данные позволяют сделать несколько общих, но сугубо предварительных выводов о геологическом положении дайковых и жильных образований и выделить следующие их генетические и возрастные типы.

1. Дайки и жилы, которые являются остаточными дифференциатами гранитной магмы и для которых отчетлива генетическая связь их с интрузиями во времени и в пространстве. К этому типу относятся аплиты, пегматиты и, возможно, диорит-порфириты и лампрофиры. По времени образования дайки, также как и порождающие их мощные гранитоидные массивы,—результат проявления магматического цикла, среднего этапа развития геосинклинали. По-видимому, источником лампрофиров были сильно контаминированные разности гранитоидной магмы.

2. Дайки и жилы, которые являются апофизами и жильными ответвлениями интрузивных штоков или сами по себе малыми интрузиями, относящимися по своему геологическому положению к заключительным этапам развития геосинклинали. Сюда относятся аляскитовые дайки, связанные со штоком аляскитов. Гранодиорит-порфиритовые и гранит-порфировые дайки связаны со штоком того же состава. К этому типу также относятся многочисленные дайкообразные апофизы гранитовых и гранодиоритовых штоков, широко развитых в контактовой зоне (Кудукчинский массив, Зирабулак).

3. Дайки и жилы основного состава; их генетическое положение не совсем ясно, особенно в части источника питания. Сюда относятся диабазы, диабазовые порфириты и, возможно, лампрофиры.

Появление даек диабазового состава по времени относится, по-видимому, к начальным и заключительным этапам развития геосинклинали. Древние диабазовые дайки, возможно, — результат интрузии основного состава, а дайки заключительного этапа сами являются малыми интрузиями. Причем они преимущественно развиваются в особо подвижных, по В. И. Попову[1], полигенных областях.

Отношение даек и жил к постмагматической рудной минерализации

Правильный подход к изучению и научному обоснованию геологического положения дайковых и жильных образований может помочь выявлению металлогенической особенности отдельных территорий.

Среди многочисленных сложных вопросов, связанных с проблемой даек и жил, одним из важных является выявление отношения этих образований к рудным месторождениям и рудному процессу в целом. По этому вопросу в геологической литературе имеются значительные по количеству, но разрозненные наблюдения, отсутствуют обобщающие работы, в которых специально рассматривалась бы эта проблема в целом. Имеющиеся немногочисленные работы вышеупомянутых авторов обобщают материалы по дайкам и жилам только лишь отдельных районов или рудных полей. Поэтому данные, которые мы приводим, носят предварительный характер и требуют дополнительного изучения и обобщения имеющихся в литературе материалов.

Наблюдения над возрастными взаимоотношениями дайковых и жильных образований с рудной минерализацией в некоторых рудных районах Средней Азии показывают, что они бывают и дорудными и послерудными.

А. Аплиты в основном являются пострудными или одновременными по отношению к одновозрастным (в смысле связи с одними и теми же массивами) скарново-рудным образованиям.

В Западном Узбекистане почти во всех скарновых полях аплиты секут скарново-рудные породы с образованием тон-

---

[1] В. И. Попов. История депрессий и поднятий Западного Тянь-Шаня, Изд-во Комитета наук УзССР, 1938.

ких метаморфических полос в зальбандах и жильных образованиях, но нередко вдоль некоторых аплитовых даек и жил, залегающих в известняках, наблюдается тонкая оторочка скарнов (т. е. они сами создают скарны).

В Каратюбе аплиты, связанные с гранитами и гранодиоритами (второй и третьей фаз магматизма), скарнируются в связи с постмагматическими растворами аляскитов (четвертая фаза), которые в свою очередь секут более мощные скарны, образованные на контакте гранитоидов третьей фазы.

Взаимоотношения аплитов с гидротермальными месторождениями не ясны. Ни в Западном Узбекистане, ни в Варзобском районе еще не удалось установить отчетливых возрастных взаимоотношений аплитов с гидротермальной рудной минерализацией.

Б. Для отдельных районов устанавливается несколько возрастов лампрофировых даек. В Зирабулакских горах (Западный Узбекистан) встречены дайки лампрофиров древней — третьей фазы интрузий гранитоидов. Дайки в этом районе секутся интрузией Зирабулакского плутона; за счет них образуются среди мраморов в зоне контакта с интрузивным массивом дайкообразные скарновые тела. Здесь же лампрофировые дайки, расположенные среди мраморов, сильно изменены — серицитизированы в зальбанде, и в них наблюдается гидротермальная рудная минерализация.

В юго-западной части Зирабулака встречены дайки лампрофиров (спессартитов), которые секут интрузию гранитоида третьей фазы и скарновую зону (Б. Уразаев, 1953), расположенную на контакте их с мраморами и доломитами.

Таким образом, для Зирабулака устанавливаются лампрофиры двух возрастов — более древние, доинтрузивные по отношению к третьей фазе, они же доскарновые, и более молодые — постинтрузивные, они же постскарновые.

В Варзобском районе отдельные дайки лампрофиров отчетливо секут интрузию и скарны, расположенные в контактовой зоне этих интрузивных массивов. В другом месте в этом же районе кварцево-арсенопиритовые жилы секут дайки лампрофиров и минерализуют их.

В. В Кураминском хребте встречаются диабазовые порфириты как дорудные, так и пострудные по отношению к полиметаллической минерализации.

В юго-западной части района скарново-полиметаллическая зона очень отчетливо сечется дайкой диабазового порфирита, но одновременно встречаются в том же районе дайки диабазовых порфиритов, которые являются более ранними по от-

ношению к полиметаллической минерализации (В. И. Попов, 1938).

В Моголтау дайки диабазовых и лабрадоровых порфиритов дорудные, и минерализованы под действием постмагматических растворов.

В геологической литературе по Средней Азии и другим рудным районам описаны многочисленные примеры различных возрастных взаимоотношений дайковых и жильных образований с рудной минерализацией. Наряду с многочисленными случаями дорудного возраста дайковых и жильных образований есть случаи пересечения ими рудных пород, т. е. они являются пострудными. Более поздний возраст даек и жил подтверждается следующими примерами:

1) Е. А. Радкевич (1948) изучила и описала для одного рудного поля Дальнего Востока случай отчетливо выраженного сечения порфиритом полосчатой сульфидной зоны. При этом рудная зона вдоль даек метаморфизуется: за счет железа образуется магнетит, сфалерит превращается в вюртцит. Она отмечает, что внедрение даек после отложения руд не редкое явление, оно широко распространено в других третичных месторождениях Дальнего Востока;

2) А. М. Новоселов[1] и Т. М. Кайкова[2] описали для Саралинского рудного поля ясно выраженное пересечение дайками габбро-диабазов кварцево-рудной жилы. Т. М. Кайкова также отмечает широкое развитие даек габбро-диабазов и диабазов, количество которых в рудном поле достигает нескольких тысяч. Некоторые из них переходят в штоки габбро-диоритов;

3) мы (1941, 1947) изучили несколько случаев пересечения скарновых зон жилами керсантитов. В частности, в Зарафшанском хребте керсантитовые жилы одновременно секут интрузивные массивы и скарновые тела, расположенные на контакте последних с мраморами (Тагобы-Сор) или приуроченных к межинформационным отслоениям сланцев и мраморизованных известняков (Кух-и-Сафит).

Как видно из вышеизложенного, возрастные взаимоотношения дайковых и жильных образований между собой и с рудной минерализацией очень сложные и изменяются как во времени, так и в пространстве.

Отношение аплитов и других остаточных дериватов гранитной магмы к рудообразованию не всегда отчетливо выражается. По отношению к одновозрастным скарново-рудным

---

[1] Изв. Сибирского геологоразведочного треста, 1939, № 8.
[2] Записки ВМО, вып. 1, 1949.

месторождениям они генетически связаны с той же интрузией, либо бывают более поздними или близкими по времени образованиями. Гидротермальные образования, по-видимому, накладываются на эти дайки, которые нередко изменяются — грейзенизируются. Взаимоотношение оруденения, дайковых и жильных образований, связанных с различными фазами магматизма, будут зависеть от возрастного положения их материнских пород. Не всегда ясно также отношение к рудообразованию даек и жил, генетически связанных с интрузиями заключительного этапа (малыми интрузиями). Они могут быть пострудными по отношению к тем месторождениям, которые генетически связаны с более ранними интрузиями, и дорудными по отношению к оруденению, связанному с более поздними фазами магматизма.

Возрастные отношения лампрофиров к рудной минерализации в большинстве случаев такие же, как аплитов и пегматитов.

Диабазы и диабазовые порфириты, как видно из изложенного, ведут себя независимо от интрузии гранитоидов. Следовательно, их отношение к постмагматическим продуктам этих интрузий также будет совершенно независимым — различным на разных участках земной коры. Древние диабазы, по возрасту относящиеся к раннему этапу, дорудные по отношению ко всему рудопроявлению данного рудного района, связанного с магматизмом средних — главных и поздних — заключительных этапов развития. Соответственно диабазы заключительного этапа будут молодыми, секущими по отношению к рудной минерализации, генетически связанной с интрузиями предыдущих этапов. Если диабазы занимают иные положения в геологическом развитии района, то отношение таких даек к рудной минерализации определяется, по-видимому, их геологическим положением.

Значение дайковых и жильных образований в металлогении

Геологические исследования дайковых и жильных образований, как видно из предыдущих разделов, наиболее отстающий участок в металлогении. Это особенно относится к их геологическому положению в пространстве и во времени и отношению к интрузивным комплексам и рудообразованиям.

Выявление особенностей геологического развития даек и жил, особенно их место в геологическом строении отдельной территории и роль в рудообразовании — проблема металлогеническая. Только детальная геологическая расшифровка их

позволит правильно подойти к решению важнейших вопросов в металлогенических провинциях и рудных районах.

Значение дайковых и жильных образований в металлогении исключительно велико. Прежде всего, во многих рудных районах они контролируют размещение рудной минерализации и выступают в роли главного структурного фактора. В таких случаях, по-видимому, вдоль них поднимаются постмагматические растворы, в них или зальбандах их локализуется рудная минерализация. Поэтому присутствие их нередко становится единственным признаком при организации поисков и одним из решающих, металлогенических факторов в размещении оруденения в пространстве. Это особенно относится к месторождениям гидротермальным, в частности, полиметаллической и золоторудной формаций. Но структурное значение дайковых и жильных образований этим не ограничивается. По дайкам и жилам, особенно более молодым по отношению к оруденению, нередко происходит смещение рудных зон; в связи с этим значение их для отдельных рудных полей и месторождений очень трудно переоценить. Для таких месторождений успех организации разведки и поисков, особенно слепых рудных тел, будет зависеть от правильного объяснения даек и жил, по которым происходили смещения.

Дайки и жилы, залегающие в карбонатных породах, выступают в роли источника малоподвижных компонентов при скарнообразовании. Как установил Д. С. Коржинский, скарнообразование чаще происходит биметасоматическим путем на контактах карбонатных и силикатных пород — источников CaO (карбонатная порода), Al_2O_3 и SiO_2 (силикатная порода). Поэтому очень часто вдоль даек и жил различного состава, залегающих среди карбонатных пород, широко развиваются скарново-рудные образования. Нередко эти дайки подвергаются скарнированию целиком. В связи с этим при организации поисковых работ на скарново-рудные месторождения и прогнозной оценки районов обстоятельства проявления скарнов необходимо учитывать. Это особенно большое значение имеет при производстве глубинных поисков рудных зон, не имеющих выходов на поверхность.

Примером могут служить вышеописанные случаи, полное или частичное оскарнование древних лампрофировых жил в Зирабулакских горах (Западный Узбекистан), или расположение скарново-сульфидного оруденения вдоль гранодиорит-порфировых даек со значительным развитием автоскарнирования (юго-западное окончание Кураминского хребта). Эти скарново-рудные зоны бывают нередко значи-

тельной мощности и могут образовывать крупные промышленные месторождения и целые рудные районы. В данном случае дайки выступают в роли структурного фактора — первоисточника малоподвижных компонентов при скарнообразовании. Одновременно существуют другие случаи, когда вдоль некоторых даек, особенно кислого состава, наблюдается образование маломощных скарновых оторочек. Это относится, прежде всего, к аплитовым, гранит-порфировым и гранодиорит-порфировым дайкам, мощность которых, как правило, исчисляется несколькими сантиметрами. Эти дайки практического значения не имеют. Такие случаи описаны нами для Средней Азии, в частности для гор Актау, Каратюбе, где развитие скарновых оторочек наблюдается вдоль аплитовых даек. Скарны здесь исключительно маломощные (1—2 *см*), большею частью приурочены к висячему боку и почти безрудные. В этом случае, по-видимому, источником растворов и тепла для скарнообразования явились сами же аплитовые жилы и дайки.

М. Б. Бородаевская для Березовского района (1951 г.) описала несколько случаев развития контактовых процессов в связи с развитием гранит-порфировых и гранодиорит-порфировых даек. Она отмечает, что дайки гранит-порфиров в большинстве случаев вызывают лишь очень слабый метаморфизм вмещающих их пород, распространяющийся на 5—10 *см* в сторону от контакта. Туффиты и филлиты при этом превращаются в тонкозернистые кварцево-серицитовые или кварцево-мусковитовые роговики с редкими зернами граната и андалузита. Зеленокаменные породы также превращаются в роговики, состоящие из альбита, биотита и бледноокрашенной зеленой роговой обманки. М. Б. Бородаевской удалось выявить закономерное изменение состава контактовых пород в зависимости от условий залегания и размеров дайковых образований.

Генетически контактовые процессы теснейшим образом связаны с дайками, выступающими также в роли источников тепла и тех ограниченных по количеству порций раствора, который производит небольшие метаморфические и метасоматические изменения. Однако эти скарновые образования, как правило, бывают практически безрудными, поэтому дайки и жилы не могут сами по себе влиять на металлогеническую специализацию отдельных рудных районов.

В литературе, особенно в зарубежной, существуют попытки связать некоторые полиметаллические и золоторудные месторождения с дайками, около которых или непосредственно в них локализуется рудная минерализация. В частности, та-

кие попытки у нас были сделаны некоторыми геологами для объяснения генезиса полиметаллических месторождений Алтайской провинции.

Из работ зарубежных геологов можно указать на исследования В. Мурхауза, который, изучая золоторудные месторождения Канады, приуроченные к дайкам альбитизированных порфиров, пришел к выводу о связи изученных им месторождений с этими дайковыми образованиями. В последние годы советская геология доказала несостоятельность таких утверждений, так как здесь прежде всего не учитывается масштабное несоответствие. Это очень отчетливо показал А. Н. Заварицкий на примере Бакальского месторождения и Ю. А. Билибин для золоторудных месторождений, расположенных в районах развития малых интрузий.

Дайки и жилы большое значение имеют как маркирующие горизонты при изучении и расшифровке металлогении территорий.

Детальное геолого-петрографическое изучение даек может помочь возрастному расчленению интрузивных комплексов. В отдельных районах наблюдается взаимопересечение различных по составу даек, генетически связанных неодинаковыми по возрасту и составу интрузиями. Поэтому в тех районах, где соотношение самих интрузивов не совсем отчетливо, можно по взаимоотношению этих даек и жил провести возрастное расчленение не только самих даек, но и интрузивных комплексов.

Исследование структурного положения даек и жил, особенно характера смещения рудных тел по послерудным дайкам и приуроченности их к различным структурным элементам может дать значительный материал для изучения истории развития геологических структур района и возрастного расчленения различных разрывных структур.

Дайки и жилы могут быть исключительно важным маркирующим элементом для расчленения разновозрастной рудной минерализации и установления генезиса месторождений.

Известная работа А. Н. Заварицкого по Бакальскому месторождению железных руд[1] — пример очень удачного использования соотношения даек с рудной минерализацией для расшифровки генезиса рудной минерализации. Раньше диабазовые дайки этого месторождения считались секущими пострудными и метаморфизующими сидеритовую рудную зону. А по происхождению сидеритовые руды относились к осадочному типу (Д. В. Наливкин, Л. М. Миропольский). Однако А. Н. Заварицкому удалось доказать дорудный возраст

[1] А. Н. Заварицкий. Труды Ин-та геологич. наук, вып. 3, 1939.

дайки диабазов и тем самым молодой возраст и гидротермальный генезис Бакальского сидеритового месторождения. Следовательно, благодаря тщательному изучению даек и правильному подходу к использованию их соотношения с рудной минерализацией решен вопрос, который был спорным в течение нескольких десятилетий.

Рассматривая значение дайковых образований в металлогении, мы не можем не остановиться на фактах использования взаимоотношения дайковых образований с рудной минерализацией для различных теоретических построений. Причем это имеет место как в зарубежной, так и в советской геологии.

Американский геолог Хьюлин (1929), обобщивший материалы по взаимоотношению рудной минерализации с лампрофировыми дайками для 144 рудных районов мира, установил, что в 132 районах рудная минерализация сформировалась позднее даек основного состава. Он, изучая возрастные взаимоотношения с дайками преимущественно полиметаллических месторождений, удаленных от источников минерализации (от интрузивов), пришел к выводу, что дайки лампрофиров и гидротермальные рудные жилы генетически связаны с недифференцированной базальтовой магмой и поднимаются из подкоровых очагов.

Как видно, Хьюлин методологически совершенно неправильно подошел к решению такого сложного вопроса, как генетическая связь оруденения с интрузиями, взяв в основу его решения только лишь взаимоотношения оруденения с лампрофировыми дайками.

Другая ошибка Хьюлина в том, что он взял для такого изучения месторождения, заведомо удаленные от источников минерализации, связь с интрузиями которых очень трудно установить. К тому же некоторые из даек могут быть даже не связаны генетически с теми интрузиями, которые являются источником постмагматических растворов. Такой, явно методологически неправильный и метафизический по существу взгляд Хьюлина небольшое время имел успех; у нас в Советском Союзе некоторые геологи приходили к таким же выводам.

В настоящее время открытых сторонников Хьюлина в советской геологической литературе нет. Однако есть попытка как-то иначе использовать соотношения рудной минерализации с лампрофировыми и другими дайковыми образованиями. В частности, Ф. И. Вольфсон[1] пытается использовать

[1] Ф. И. Вольфсон. Проблемы изучения гидротермальных месторождений, Изд-во АН СССР, 1953.

взаимоотношения даек с рудными образованиями для создания классификации, выделив три группы месторождений по этому признаку.

1. Месторождения, сформированные в раннюю стадию становления магматического очага (оруденение старше пород дайковых фаций).

2. Месторождения, сформированные в позднюю стадию становления магматического очага, подразделяются на следующие подгруппы:

а) на минерализованных площадях отсутствуют выходы пород дайковой фации;

б) оруденение моложе всех пород дайковых фаций.

3. Месторождения, сформированные в позднюю стадию становления магматического очага и залегающие в районах отсутствия выходов гранитоидов.

Безусловно, возрастные взаимоотношения рудной минерализации с дайковыми образованиями и правильная их расшифровка имеют большое значение в познании конкретных рудных районов. Однако можно ли на той основе строить классификацию месторождений? Мы считаем, что этого делать нельзя.

Во-первых, на данном этапе развития геологической науки трудно сказать определенно о генезисе многих дайковых образований (особенно основного состава), с которыми связано большое число гидротермальных месторождений, в частности, значительно удаленных от своих источников.

Едва ли сейчас найдется петрограф, считающий источником всех даек диабазового и лампрофирового состава только гранитоиды, с которыми, как правило, генетически связаны постмагматические месторождения. С другой стороны, есть также немало фактов, опровергающих стремление некоторых геологов, в том числе Хьюлина и его сторонников, тянуть все дайки основного состава, например, лампрофиры, из основной магмы. Следовательно, сомнительный признак не может служить надежной основой для систематики месторождений любого типа, тем более для гидротермального класса.

Во-вторых, добрая половина гидротермальных месторождений удаленных и надинтрузивных зон (по нашей классификации) развивается в районах отсутствия не только гранитоидов, но и каких-либо жильных фаций. Поэтому подавляющее большинство гидротермальных месторождений очень трудно отнести к какой-нибудь группе системы Ф. И. Вольфсона.

Приведенные возражения можно проиллюстрировать примером. В контактовой зоне Зирабулакского плутона известно

несколько месторождений со скарново-рудными образованиями. Все они близки по составу, условиям залегания и возрасту, т. е. по всем данным они могут быть отнесены к одному генетическому типу. Между тем, их отношения к дайковым, в частности, лампрофировым образованиям различны: на одном из них, как было показано выше, лампрофиры по возрасту доскарновые и доинтрузивные, а на другом встречены только молодые лампрофиры, которые секут интрузивный массив и зону скарнов. В этом же районе есть скарновые поля без лампрофировых и других дайковых образований. Следовательно, следуя Ф. И. Вольфсону, все три месторождения, несмотря на их однотипность, мы должны отнести к трем различным группам.

Таким образом, практически геологам, изучающим гидротермальные и другие постмагматические месторождения, очень трудно будет воспользоваться систематикой Ф. И. Вольфсона, и нам кажется, на данном этапе развития наших знаний по дайковым и жильным образованиям нельзя их отношение к рудной минерализации использовать в качестве классификационного признака или на той основе решать проблему генетической связи.

Как показано в предыдущем разделе, возрастные взаимоотношения даек, жил и рудообразования изменчивы и зависят от геологического строения и геологической истории конкретного района. Поэтому классификационные построения и рассуждения следовало бы заменить всесторонним изучением геологии дайковых и жильных образований и выявлением подлинного значения их в металлогении отдельных рудных районов.

НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ СОВРЕМЕННОЙ ПЕТРОЛОГИИ

(ко II Всесоюзному петрографическому совещанию)

В мае 1958 г. в Ташкенте состоится II Всесоюзное петрографическое совещание, посвященное проблемным вопросам современной петрологии. Это совещание знаменует собой новый подъем геологической теории, и несомненно, явится важным этапом в развитии петрографической науки, особенно в создании теории эндогенного рудообразования. Важное значение совещание приобретает, в частности, для среднеазиатских геологов, добившихся некоторых успехов в области постановки и разрешения вопросов как общепетрологических, так и связанных с выяснением истории магматизма и эндогенного рудообразования в Средней Азии.

Первое совещание петрографов (1953 г.) подготовлялось при непосредственном участии крупнейшего петрографа, покойного Д. С. Белянкина, ученика Ф. Ю. Левинсон-Лессинга, корифея советской петрологии. Ю. Ф. Левинсон-Лессинг и Д. С. Белянкин во многом способствовали развитию петрологии и оставили фундаментальные исследования в наиболее важных областях этой науки.

Большой вклад в теорию образования магматических пород и эндогенных рудных месторождений внесли труды крупного советского петролога А. Н. Заварицкого. Вопросы петрографии и теории рудообразования привлекали внимание и других крупных ученых, например, А. Е. Ферсмана и С. С. Смирнова, немало поработавших в этом направлении. Петрология магматических пород и связанных с ними рудных формаций и в настоящее время является центральным вопросом в теоретических исследованиях советских геологов. Всего лишь пять лет прошло со времени I Петрографического совещания, а уже накопилось много интересных материалов и ценных выводов из крупных, большей частью региональных петрографических исследований.

Значительное развитие получили петрографические исследования в Средней Азии. Первые обобщения по магматизму и эндогенному рудообразованию были сделаны В. А. Николаевым, А. Е. Ферсманом и Д. И. Щербаковым. Здесь же были начаты физико-химические теоретические исследования В. А. Николаева.

В последние годы в Средней Азии (особенно в Ташкенте), так же как и в других геологических центрах, была организована большая группа молодых геологов, работающих в смежных областях современной петрологии и металлогении и развивающих петрометаллогеническое направление. Здесь следует отметить работы Р. Б. Баратова, К. Л. Бабаева, Х. Н. Баймухамедова, А. Б. Баталова, С. Б. Бабаходжаева, О. М. Борисова, Е. М. Головина, О. П. Горькового, И. М. Исамухамедова, М. С. Кучуковой, А. А. Малахова, Т. М. Мацокиной, И. М. Мирходжиева, Р. А. Мусина, Р. Раджабова, М. Х. Хамидова, И. Х. Хамрабаева, А. Х. Халматова. К решению вопросов петрологии и рудообразования они подходят комплексно, изучая геологические явления и вещественный состав магматических пород и постмагматические процессы, связанные с данным магматическим комплексом.

Коллективное обсуждение актуальных вопросов науки несомненно приносит много пользы теории и практике, поэтому желательно, чтобы совещания по петрологии стали регулярными и вошли в традицию советских геологов.

* * *

Хотелось бы обратить внимание читателей на вопросы, которые, с моей точки зрения, заслуживают особого внимания и обсуждения на предстоящем совещании.

1. В изучении геологии магматических пород, интрузивных тел и эффузивных образований петрологии всего мира, особенно Советского Союза, имеются большие достижения. В познании геологии магматизма велика также роль тектонистов и региональных геологов. Совместными усилиями для некоторых крупных регионов установлена возрастная последовательность в формировании различных по типу и составу магматических пород; выделены наиболее важные тектономагматические комплексы, характерные для различных этапов развития подвижных поясов; сделаны первые шаги в изучении малых интрузий как своеобразной формы проявления магматизма на заключительных этапах развития подвижных поясов; начали использоваться определения абсолютного воз-

раста. Однако многое здесь еще неясно и требует постановки специальных исследований, например:

а) морфология интрузивных тел и ее влияние на постмагматическую продуктивность магмы;

б) роль тектоники не только в широком, но и в узком смысле — для конкретных случаев: влияние тектонических условий в период внедрения интрузий на состав магматических пород, а также характер постмагматических продуктов, отсюда вытекает вопрос о механизме внедрения магмы в спокойных и неспокойных (в тектоническом отношении) условиях;

в) разработка критериев возрастного и стратиграфического расчленения интрузивных пород с широкой постановкой работ по определению абсолютного возраста;

г) выявление фактора глубинности становления интрузивов и роль фациальности этих интрузивов в постмагматических явлениях.

Кроме того, по нашему мнению, на материалах комплексного геологического изучения должна быть выявлена конкретная роль геологической среды в продвижении и становлении магмы и другие особенности формирования интрузивов.

К числу наиболее важных регионально-петрологических проблем следует отнести также детальное изучение и выявление последовательности внедрения магматических комплексов и их связь со структурным развитием отдельных регионов. Следует признать, что Ю. А. Билибин положил только начало такому изучению, поэтому его единая схема для всех подвижных поясов — слишком общая, применима при анализе крупных территорий. Необходимо перейти от этой общей схемы к анализу конкретных рудных районов, развивающихся в различных структурно-геологических планах. При таком подходе удастся выявить различные генетические типы рудных районов и, следовательно, различные схемы развития магматических и рудных комплексов.

Как в свое время справедливо говорил Ю. А. Левинсон-Лессинг (3), решение многих вопросов современной петрологии зависит от постановки общегеологических наблюдений, а также региональных геологических и геофизических исследований.

2. Тщательное изучение вещественного состава магматических пород, особенно эффузивных, было и остается одним из центральных вопросов современной петрологии. В этом направлении также сделано немало. За последние 60—70 лет петрографы всех стран приложили много усилий для того,

чтобы изучить химико-минералогический состав горных пород и определить его зависимость от условий формирования. Каждый новый этап в изучении вещества горных пород вносит свои особенности в эту, самую старую, но всегда актуальную проблему.

В настоящее время важное значение приобретает, как справедливо подчеркнул Д. С. Белянкин (1) во вступительном слове на I Петрографическом совещании, изучение акцессорных минералов, элементов магматических пород для их расчленения. При этом, по нашему мнению, особого внимания заслуживают в дальнейших петрографических исследованиях следующие темы:

а) состав шлихов, особенно тяжелых фракций, из коренных пород;

б) поведение различных малых элементов в отдельных породообразующих и акцессорных минералах; необходимо широкое и глубокое изучение геохимии магматических и постмагматических образований, от которого зависит решение многих вопросов петрологии и теории рудообразования;

в) физико-химический анализ минеральных фаций магматических пород, подобно тому как это сделано в ряде работ по метаморфическим породам;

г) специальное изучение и обобщение данных по петрохимическому анализу магматических пород важнейших петрографических провинций, в частности, выявление зависимости петрографического состава изверженных пород от литологического и химического состава вмещающей среды.

Нельзя не вспомнить весьма правильного замечания А. Н. Заварицкого (2) о том, что «у петрохимии есть свои обычные задачи и свои особые методы, и наши знания о химическом составе горных пород не являются только материалом для физико-химических соображений, касающихся способов образования и происхождения горных пород». Итак, широкая постановка исследований по петрохимии магматических пород имеет большое принципиальное значение.

3. Роль магматических процессов в образовании эндогенных месторождений полезных ископаемых и критерии связи между ними — наиболее острый и сложный теоретический вопрос во всей современной геологии. Признание большого значения магматических пород в эндогенной металлогении является всеобщим.

За последние годы обнаружены различные формы проявления этой связи, подчеркнута достоверность некоторых критериев, проведены интересные дискуссии в печати и на специальных совещаниях и конференциях. Вместе с тем, многое

в этой области остается еще дискуссионным и нерешенным. Чем больше мы изучаем эту проблему, чем больше находим фактов наличия связи, тем больше выявляются ее неясные и неразработанные стороны. Постановка и рассмотрение данного вопроса должны вестись с учетом проблемы эндогенного рудообразования.

Пять лет назад Д. С. Белянкин с горечью отмечал, что магматическая петрография, в результате известной ее оторванности от практики рудных месторождений, приняла слишком общий, теоретический характер, и это в какой-то мере вызвало некоторое отставание петрографии и, следовательно, недооценку ее в нашей практической работе.

За последние годы благодаря широкой дискуссии по проблеме генетической связи оруденения с интрузивной деятельностью петрографические исследования приобрели большой размах и заняли должное место в нашей работе. Однако, поскольку в дискуссиях по генетической связи преобладали общие вопросы, наступило время усилить конкретные исследования по отдельным провинциям, районам и типам месторождений.

1. Обобщить имеющиеся материалы в отношении проблемы связи по отдельным провинциям, районам и типам месторождений.

2. Выявить петрографо-геохимические признаки связи.

3. Изучить вопрос о генетической связи месторождений, удаленных от источников магматических комплексов.

В целом по проблеме следует показать всю сложность и многообразие форм проявления.

Совершенно не изучен вопрос о рудоносных и нерудоносных интрузивах и факторах, их порождающих. На данном этапе наших знаний особо важное значение приобретает геологическая сторона этой проблемы — исследование роли региональных геологических факторов в постмагматической активности магмы.

Давно отмечалось мной, что потенциальная металлоносность, по крайней мере кислой магмы, может реализоваться в виде постмагматических растворов и месторождений только в благоприятных геологических и физико-химических условиях. Задача теперь состоит в том, чтобы выявить роль тектонического, литологического, глубинного и др. геологических факторов в постмагматической активности магмы.

4. Проблема происхождения пород была и остается также одной из центральных проблем петрологии. Здесь мы не имеем общепризнанной теории, существуют различные взгляды, защищаемые теми или иными исследователями. В настоящее

время идет беспрерывное накопление фактического материала, его анализ и подготовка к созданию общей теории. Петрология все еще находится в стадии развития и совершенствования своих научных основ, в стадии научных исканий.

В настоящее время выявлены очень важные закономерности в геологических явлениях, имеющие большое значение для наших теоретических и практических работ. Отсутствие общепризнанной теории, следовательно, свидетельствует не только о сложности и многогранности проблемы, но и об актуальности петрологических вопросов и постоянно напоминает нам о необходимости беспрерывного усиления наших работ.

Самый крупный теоретик советской петрологии Ф. Ю. Левинсон-Лессинг (3) писал: «Не имею я в данный момент такой законченной категорической теории, как в 1910 г., но чтобы избежать натяжек и односторонности, лучше признать, что ни одна теория нас полностью не удовлетворяет». Эти строки были написаны 20 с лишним лет назад. Накопленный за это время материал и некоторые его обобщения свидетельствуют о правильности высказываний Ф. Ю. Левинсон-Лессинга. Задача состоит в том, чтобы выявить все разнообразные процессы формирования магматических пород.

Необходимо учесть также и то обстоятельство, что некоторые наши выводы в какой-то мере могут быть субъективными. Очень часто взгляды петрографа определяются геологическим своеобразием того или иного региона или процесса, с которым он имеет дело.

Различные взгляды, допускающие разнообразные способы образования горных пород, являются важным условием развития петрологии как науки.

Несомненно, однако, что ряд вопросов требует дополнительного изучения и обсуждения. К числу их можно отнести:

1. Роль различных геологических факторов в разнообразии магматических пород. Общепризнанно, что число магматических пород в несколько раз больше, чем разновидностей магмы. Следовательно, изучение причин такого разнообразия должно стоять в центре внимания. Способами решения этого вопроса будут служить физико-химические эксперименты и теоретические работы, в частности, выяснение роли давления и температуры, количества летучих соотношений щелочей в магматических процессах. Необходимо изучить пределы растворимости летучих и нелетучих соединений, между тем исследования последних лет ограничиваются только определением растворимости воды в магме.

2. Значение эволюции магмы на месте становления, т. е. роль дифференциации и ассимиляции в местах превращения магмы в магматические горные породы.

3. Роль вмещающих пород в петрографическом разнообразии магматических образований и изучение формы проявления процессов ассимиляции в широком понимании, включая контаминацию, магматическое замещение и т. д.

4. Значение метасоматических и метаморфических процессов в разнообразии магматических пород.

Можно полагать, что изучение и выявление роли ассимиляции и особенно метасоматизма внесут ясность во многие спорные вопросы происхождения магматических пород и будут способствовать определению роли различных типов дифференциации. Что касается последней, то она, несомненно, участвует в образовании горных пород, но ее значение гораздо меньше, чем это считалось до сих пор. Попытка объяснить все разнообразие магматических пород лишь дифференциацией не может разрешить эту сложную задачу. Роль дифференциации в наших представлениях должна быть четко определена.

Особой проблемой остается происхождение магматических пород мономинерального состава. К числу наиболее важных вопросов следует отнести также генезис щелочных пород и выявление их металлогенического значения.

Сравнительное изучение и сопоставление петрографических данных по отдельным провинциям также заслуживает особого внимания. Изучение и обобщение материалов по петрографическим провинциям СССР, несомненно, очень серьезный вопрос для познания геологии и металлогении Советского Союза и для разработки общих теоретических и практических вопросов современной петрологии. Выпуск монографических исследований по петрологии Урала, Алтая, Грузии, Азербайджана был очень важным этапом в познании геологии Советского Союза.

I Всесоюзное петрографическое совещание, учитывая отставание региональных исследований, обратилось к геологам и научным учреждениям Советского Союза с предложением усилить такие работы. Однако еще очень мало сделано в этом направлении. II Всесоюзное петрографическое совещание должно еще раз подчеркнуть необходимость более активного исследования отдельных петрографических провинций и создания по ним монографических обобщений.

Выпуск книг по петрологии отдельных регионов, особенно изученных с применением новейших методов исследований, послужит серьезным толчком в развитии петрологии.

5. Изложенные вопросы имеют равное значение для всех типов интрузивных и эффузивных образований. Однако, как показал опыт советской геологии, есть еще несколько проблем, заслуживающих особого внимания и тщательного изучения. Это проблемы даек, малых интрузий и выяснения металлогенического значения эффузивных пород.

По дайкам сделаны первые обобщения, опубликованы результаты исследования по отдельным районам. Дальнейшее изучение и выявление их металлогенических особенностей будет способствовать правильному решению многих вопросов современной петрологии и металлогении. Особенно это относится к генезису, месту и времени развития даек, геологическому соотношению аплитов, пегматитов и т. д.

Принципиально важно также металлогеническое значение малых интрузий. Должны быть установлены дополнительные признаки, позволяющие отличать порфировые малые интрузии от тех мелких по размерам трещинных интрузивов, которые появляются на ранних этапах развития подвижного пояса до батолитов или в заключительных этапах его становления.

Если по дайкам и малым интрузиям имеются некоторые работы, то металлогеническое значение эффузивных пород все еще очень плохо освещено в литературе. Выяснение этого вопроса, между тем, позволит определить перспективы рудоносности отдельных регионов, внесет ясность в проблему генетической связи оруденения с интрузиями и будет способствовать пониманию металлогении отдельных районов.

Нам представляется, что в смежных между различными геологическими науками областях можно ожидать решения наиболее важных и спорных вопросов. Опыт показывает, что на современном этапе развития наших знаний многие задачи петрологии и эндогенного рудообразования требуют исследований в смежных областях — петрографии и учении о полезных ископаемых.

Работая именно в этом направлении, я пришел к выводу о необходимости усиления таких исследований. Эту отрасль науки, т. е. область, смежную между петрологией и учением о полезных ископаемых, можно было бы назвать петрометаллогенией. Такая дисциплина могла бы существовать и развиваться как самостоятельный раздел современной металлогении.

В петрометаллогенических исследованиях много интересного, нового и практически важного. Нельзя уже решать проблему генетической связи или металлогенического значения даек только на основе наших знаний в области учения

о полезных ископаемых или петрологии. Такие проблемы должны решаться на базе данных обеих научных дисциплин с использованием их методов и учетом их выводов. Широкий подход и увеличение масштаба исследований в смежных областях науки должны занять достойное место в наших геологических работах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Белянкин Д. С. Задачи и предмет совещания. Тр. I Петрографического совещания, Изд-во АН СССР, 1955.
2. Заварицкий А. Н. Особенности задач и метод петрохимии, Бюлл. МОИП, т. 20 (3—4), 1945.
3. Левинсон-Лессинг Ф. Ю. Проблемы генезиса магматических пород и пути к ее разрешению, Изд-во АН СССР, 1934.

ОЧЕРЕДНЫЕ ЗАДАЧИ В ИЗУЧЕНИИ ПЕТРОЛОГИИ И МЕТАЛЛОГЕНИИ СРЕДНЕЙ АЗИИ

(ко II Всесоюзному петрографическому совещанию в г. Ташкенте)

Предстоящее II Всесоюзное петрографическое совещание будет большим событием в геологической жизни Советского Союза. Совещание сыграет огромную роль в развитии петролого-металлогенических исследований в республиках Средней Азии, подведет итоги и разработает дальнейшие пути этих исследований. На нем намечается обсудить важнейшие проблемы, к числу которых относится роль магматизма в эндогенном рудообразовании, стадийность развития магматических и металлогенических процессов, проблемы щелочных пород, вопросы геологии и геохимии изверженных пород и др.

Геологи Средней Азии накопили большой материал по петрологии и металлогении. В результате проведенных в Средней Азии геологических исследований выявлены важнейшие закономерности в размещении различных магматических комплексов и связанных с ними процессов минерализации и оруденения, выдвинуто немало теоретических положений. Они имеют большое значение не только для познания петрологии и металлогении Средней Азии, но и других территорий, для развития общетеоретических представлений о магматизме, об эндогенном рудообразовании. Некоторые научные представления, выдвинутые геологами Средней Азии, получили общесоюзное значение.

А. По материалам, полученным в Средней Азии, В. А. Николаевым (1944) было установлено, что в каждом крупном периоде тектогенеза и магматизма можно выделить ранний, средний и поздний этапы их формирования, а в отдельных случаях удается установить заключительные и завершающие этапы. Позже это положение им было более подробно рассмотрено и обосновано (1953).

Выводы В. А. Николаева, а также других тектонистов и петрологов были положены в основу исследований металло-

генических групп ВСЕГЕИ, работавших под руководством Ю. А. Билибина. Установки эти получили дальнейшее развитие и в настоящее время составляют основу структурно-фациального анализа отдельных районов и выделения тектономагматических и рудных комплексов.

Б. На основе детального изучения геологической истории развития тектонических и магматических процессов Средней Азии В. И. Попов выступил с идеями о непрерывности тектонических движений. При районировании Средней Азии он подметил очень важную закономерность — теснейшую связь характера магматизма с тектоническим развитием отдельных районов. Исходя из этого, он ввел понятие об областях с полигенным и моногенным поднятием, которое в дальнейшем получило развитие в виде ядерной теории (ядерные и междуядерные зоны). Закономерности, установленные В. И. Поповым, имеют большое значение для петрологических и металлогенических исследований.

В. В Средней Азии некоторое освещение получила проблема генетической связи оруденения с интрузиями.

Первая попытка выяснить для Средней Азии связь различных типов постмагматических месторождений с различными стадиями эволюции магмы была сделана В. И. Смирновым (1944). Им выделены три группы гидротермальных месторождений, отвечающие начальным, средним и конечным стадиям дифференциации рудогенерирующей магмы.

Некоторые вопросы генетической связи оруденения с интрузиями подробно отражены в работах автора по геологии шеелитоносных скарнов Средней Азии (Х. М. Абдуллаев, 1947) и в металлогеническом очерке (1949). Проблеме генетической связи оруденения с гранитоидными интрузиями посвящена специальная монография автора (1950, 1954).

В настоящее время на основе изучения отдельных районов Средней Азии выявляются наиболее важные критерии генетической связи оруденения с интрузивной магматической деятельностью. В Киргизии этим вопросом занимается Д. С. Туровский, изучающий минерало-геохимические признаки связи, а А. П. Конюк, В. И. Кнауф, В. Г. Королев и другие выявляют геологические особенности этой проблемы применительно к рудопроявлению Северной Киргизии. В Сталинабаде Р. Б. Баратов, М. Х. Хамидов и С. Б. Бабаходжаев изучают постмагматическую продуктивность гранитоидов некоторых районов Памира и Гиссара. В Ташкенте связь оруденения с интрузивной магматической деятельностью изучают на примере Карамазара (А. А. Малахов, Т. М. Моцокина, И. М. Мирходжиев, Ф. Ш. Раджабов, М. Г. Калабина,

А. Каххаров и др.) и Западного Узбекистана (Х. Н. Баймухамедов, К. Л. Бабаев, И. Х. Хамрабаев и др.).

Г. Петрологические исследования среднеазиатских геологов привели к выводам о высокой роли ассимиляционных процессов, причем процессы эти имеют большое значение как в разнообразии гранитоидов, так и в их постмагматической продуктивности. Были выделены различные типы ассимиляции в зависимости от состава ассимилируемых пород, по-разному влияющих на магматические и постмагматические процессы.

Все эти вопросы привлекли пристальное внимание не только геологов Средней Азии, но и детально обсуждались во многих научных центрах и в печати.

На основании изучения роли ассимиляции в постмагматическом рудообразовании автором выдвинуты идеи о наличии генетических рядов постмагматических месторождений. По этому вопросу опубликовано несколько статей, в которых приводились фактические материалы, подтверждающие несомненную важность ассимиляционных процессов (И. М. Исамухамедов, И. Х. Хамрабаев, А. Б. Баталов, Р. Б. Баратов, И. Х. Хамидов, О. М. Борисов, М. Ш. Шарафиев и др.).

Д. За последние годы в Средней Азии расширились исследования дайковых образований и их металлогенического значения.

В настоящее время изучаются малые интрузии в отдельных районах и выясняется их роль в металлогенической специализации отдельных регионов. В частности, эти исследования геологи проводят в Карамазарском рудном районе, Западном Узбекистане и Гиссаре; выявляют различные по составу и возрастному положению типы даек; устанавливают их отношение к различным геологическим элементам, особенно к постмагматическим месторождениям.

Первые итоги по изучению дайковых образований даны в монографии (1957), а результаты геологических исследований последних лет по Карамазару, относящиеся к дайковым образованиям, малым интрузиям и металлогении, изложены в издаваемом в мае 1958 г. коллективном труде (Х. М. Абдуллаев, А. С. Аделунг, В. А. Воронич, О. П. Горьковой, М. Г. Калабина, А. А. Малахов, Т. М. Мацокина, И. М. Мирходжиев, Ф. Ш. Раджабов).

Е. Можно отметить достижения в выявлении некоторых особенностей вещественного состава магматических образований в связи с изучением акцессорных минералов и элементов интрузивных пород отдельных районов. В частности, такие работы выполнены и ныне проводятся в Карамазаре

(А. А. Малахов, А. Каххаров, О. П. Елисеева, И. М. Воловикова и др.), в Гиссаре (В. А. Рабинович), в Западном Узбекистане (И. Х. Хамрабаев), в Северной Киргизии (С. Д. Туровский).

Для отдельных интрузивных массивов и рудных месторождений проведены определения абсолютного возраста, которые в основном совпадают с данными определения возраста геологического (А. И. Тугаринов, А. Я. Крылов, И. Д. Беспалова, И. Х. Хамрабаев и др.).

Ж. В результате геологических съемок различного масштаба, тематических исследований и некоторых обобщений получены дополнительные сведения и уточнены прежние представления о закономерности распределения магматических образований, морфологии и вещественного состава, петрогенетических и морфологических особенностях, возрастной характеристике, последовательности и взаимосвязи тектоники с магматизмом.

Эти сведения и уточнения относятся лишь к отдельным территориям, массивам интрузивных тел, но не к регионам.

Подводя итоги достигнутым успехам в области петрологии и металлогении, с которыми геологи Средней Азии приходят к II Всесоюзному петрографическому совещанию, необходимо в то же время остановиться на нерешенных задачах, которые должны стать предметом всестороннего обсуждения.

Геология магматических образований. Геология магматических образований всегда была и будет краеугольным камнем в решении многих проблем петрологии и металлогении. Она должна опережать все другие исследования. Однако в настоящее время налицо явное отставание в этой области науки. Для решения вопросов металлогении важное значение имеет выяснение геологического положения, возраста и особенно влияния форм и условий залегания интрузивов на постмагматические процессы. Не менее важное значение будет иметь установление роли фациальности интрузивов в постмагматической продуктивности.

Здесь же уместно отметить, что на огромной территории Средней Азии с ее разнообразнейшими магматическими породами различного возраста от докембрия до мезозоя, где только интрузивные породы составляют более 20% от всей площади выходов пород древнее кайнозоя, где имеются прекрасные обнажения, глубокие эрозионные срезы интрузивных тел и т. д. и т. п., выполнено всего лишь с десяток определений абсолютного возраста магматических образований. Мало привлекаются геофизические методы в выявлении геологических особенностей магматических тел.

Проблема эффузивов. Это очень большая и сложная проблема, которая требует своего разрешения постановкой широких и детальных петрографических исследований. В Кураме, Гиссаре, во многих районах Северного Тянь-Шаня эффузивные породы занимают значительные площади, тем не менее они еще плохо изучены, их значение в металлогении не выявлено.

Проблема даек и малых интрузий. Первые шаги, предпринятые автором по обобщению материалов по дайковым образованиям, их металлогеническому значению и систематике, выявили, насколько сложна и в то же время актуальна эта проблема. Сейчас наметились более или менее определенные пути, по которым должно идти дальнейшее изучение. Прежде всего необходимо вести специализированные исследования в районах наибольшего их развития, на площадях, где дайки сопровождают оруденение. Важны и вопросы возрастного расчленения даек, выявления закономерностей их распределения в пространстве и во времени, петрогенетических и морфогенетических особенностей, причин их разнообразия.

Все сказанное о дайках и других магматических образованиях в еще большей мере относится к малым интрузиям, первостепенное значение которых для металлогении не вызывает никакого сомнения.

Большой интерес представит выяснение различных соотношений во времени и пространстве таких даек, как аплиты, пегматиты и лампрофиры.

Проблема щелочных пород и гипербазитов. Щелочных пород в Средней Азии сравнительно мало, но количество их из года в год возрастает по мере детализации состава интрузивных образований. Большей частью они представлены интрузиями малых размеров. Щелочные породы обращают на себя большее внимание, чем все интрузии другого состава. Значение щелочных отложений определяется тем, что с ними тесно связаны месторождения железа, меди, некоторых редких металлов и других; предполагается генетическая связь с ними ртутно-сурьмяного и флюоритового оруденений.

Проблема щелочных пород требует дальнейших поисков среди больших площадей развития интрузивных образований кислого состава, которые, как правило, проявляются в заключительном этапе магматизма, очень благоприятном для рудообразования. В настоящее время еще не полностью выяснено их металлогеническое значение. Очень остро стоит вопрос генезиса щелочных пород Средней Азии.

Гипербазиты Средней Азии, составляющие определенный линейно вытянутый пояс, привлекают к себе внимание при-

уроченностью к зонам глубоких региональных разломов. Но смысл этой закономерности еще не достаточно ясен. Весьма скудны сведения, касающиеся металлогенической роли гипербазитов.

Изучение геохимии магматических пород. Вещественный состав магматических образований еще не достаточно изучен. Прежде всего необходимо всемерно расширять изучение акцессорных минералов и элементов, а также главнейших породообразующих минералов и их корреляционных значений, применяя массовые и точные химические и другие виды анализов.

Вопросы околорудного метасоматоза и генетическая классификация постмагматических месторождений. Геологическая среда, в которой находятся интрузивы и постмагматические месторождения, оказывает существенное влияние на их формирование и характер. Они при взаимодействии со средой обогащаются или теряют те или иные компоненты, в том числе рудные, что принципиально никем не оспаривается. Но количественная сторона таких явлений все еще не выяснена: могут ли они без участия компонентов магмы привести к значительным концентрациям полезных ископаемых; если они приводят — то каким путем; какова роль среды и развивающихся в них тектонических и других процессов (таких, как рудовмещающие, рудоконтролирующие факторы).

Постмагматическая минерализация широко развита во всех районах проявления магматизма и далеко за их пределами. Однако не везде она сопровождается рудной минерализацией, особенно их концентрацией,— вот одна из задач исследования. Вторая задача — это выяснение генетической сущности этой минерализации, установление связи с магматическими процессами и историей ее развития путем выявления различных критериев этой связи (синхронность, пространственная приуроченность, геохимическая преемственность, сходство вещественного состава интрузивов и его продуктов и пр.).

Наряду с поставленными задачами, требующими во всех случаях полевых исследований, должно быть уделено большое внимание обобщениям уже накопленного материала, разработке новых и усовершенствованию существующих идей, гипотез, схем, классификации различных генетических, морфологических и прочих типов магматических, постмагматических и рудных формаций.

В классификации постмагматических месторождений определенное место должны занять генетические ряды месторождений, связанные с теми или иными характерными комп-

лексами интрузивных пород. В свое время автором была предпринята попытка увязать генетические ряды месторождений с магматическими породами, образованными в различные геологические периоды, с характером ассимиляционных процессов, вызываемых ими. Например, были выделены скарново-сульфидные ряды (при наличии ассимиляции карбонатных пород) и пегматитово-грейзеновые ряды (при ассимиляции кислых пород). В связи с этим было установлено, что в Средней Азии олово и вольфрам концентрируются в различных генетических рядах месторождений. Данный вопрос имеет важное значение для металлогении, постановки прогнозных работ и потому требует серьезного внимания.

Все задачи и проблемы должны составить основу прогнозирования полезных ископаемых.

В заключение хочется подчеркнуть необходимость объединения сил и средств геологов Средней Азии для разрешения кардинальных вопросов петрологии и металлогении по единому плану с рациональным и эффективным использованием этих сил. При такой организации работ любые сложные задачи будут быстро разрешены с максимальной полнотой большим и сильным коллективом геологов Средней Азии.

ВСТУПИТЕЛЬНОЕ СЛОВО НА II ВСЕСОЮЗНОМ ПЕТРОГРАФИЧЕСКОМ СОВЕЩАНИИ

Дорогие товарищи, друзья!

Дорогие наши гости из зарубежных стран!

На наше II Всесоюзное петрографическое совещание прибыли представители различных научных центров и геологических учреждений Советского Союза для того, чтобы обсудить принципиальные вопросы современной петрологии и наметить дальнейшие пути к разрешению самой сложной и важной для петрографической теории и практики проблемы — проблемы магматизма и постмагматизма.

Начало систематическому обсуждению петрологической проблемы было положено пять лет тому назад, когда по инициативе группы московских петрографов во главе с выдающимся советским петрографом академиком Дмитрием Степановичем Белянкиным было созвано I Всесоюзное петрографическое совещание.

За прошедшие пять лет развитие советской петрологии и петрографии ознаменовалось новыми крупными научными достижениями и открытиями. За этот период петрологическая и вся наша геологическая наука внесла серьезный вклад в практику строительства коммунизма. На основе ее достижений были открыты такие важные месторождения полезных ископаемых, как месторождения алмазов Сибири, железорудные месторождения Белгородского района, новые месторождения цветных и редких металлов.

Нет сомнений, что на базе передовых признанных научных положений в петрологии наше совещание внесет серьезный вклад в дело дальнейшего изучения магмы и ее продуктов в широком геолого-геохимическом аспекте.

Именно учение о магме, о магматических и метаморфических горных породах — наиболее важный и интересный раздел современной геологии, ибо магма служит основой для

образования большой группы горных пород, с нею связаны месторождения почти всех металлов; магматические породы являются важным элементом геологии многих районов. Этим определяются цели и задачи нашего совещания.

Многотысячный коллектив геологов Советского Союза ожидает от нас, участников совещания, не только прогрессивных и глубоко научных выводов, но и активной помощи в решении больших практических задач.

Нам, узбекским геологам, очень приятно, что совещание происходит в Ташкенте — столице нашей Узбекской Советской Социалистической республики, представляющей в территориальном отношении центр Среднеазиатской петрографической провинции.

Узбекский народ обладает богатым историческим прошлым. Прославленные ученые хорезмиец Бируни, бухарец Авиценна, Улугбек и многие другие талантливые сыны узбекского народа внесли выдающийся вклад в сокровищницу мировой культуры. Они оставили бесценные научные труды, сыгравшие серьезную роль в развитии важнейших отраслей знаний. Их научное наследие в области геологии, например, трактат Бируни по минералогии, учение о подземных растворах и тепле, суждения об образовании горных пород, о трансгрессии и регрессии морей, о происхождении гор, вызывают законную гордость узбекского народа и заслуженное уважение геологов всего мира.

Узбекский народ в братском единении со всеми другими народами Советского Союза под руководством Коммунистической партии Советского Союза идет колоссальными, невиданными в истории шагами по пути подъема экономики, культуры и науки.

В Узбекистане сейчас широко поставлена сеть научно-исследовательских учреждений, ведущих напряженную научную работу в тесном творческом содружестве с учеными всего Советского Союза, а наша столица Ташкент в советский период превратилась в один из крупных научных центров в области геологии, в том числе и петрографии.

Узбекские ученые испытывают глубокую радость, принимая у себя сегодня участников совещания — представителей всех народов Советского Союза.

С чувством сердечной благодарности узбекский народ отмечает заслуги ученых Москвы и Ленинграда в осуществлении культурной революции в Узбекистане. Разрешите горячо приветствовать присутствующих здесь представителей научных центров Москвы, Ленинграда и других городов Российской Федерации.

Узбекский народ высоко ценит братскую помощь Украины, Белоруссии, Грузии, Армении, Азербайджана и других союзных республик. Разрешите также передать сердечные приветствия узбекских ученых присутствующим здесь ученым всех братских республик.

В своих исторических судьбах в течение многих веков узбекский народ тесно связан с другими народами Средней Азии и Казахстана. Разрешите приветствовать присутствующих на совещании представителей Казахстана, Таджикистана, Киргизии и Туркмении.

30 лет назад, в 1928 году, здесь, в Ташкенте, происходил III Всесоюзный геологический съезд. Пользуясь случаем, я приветствую присутствующих здесь участников III съезда, старейших деятелей нашей геологической науки Дмитрия Ивановича Щербакова, Дмитрия Сергеевича Коржинского, Каныша Имантаевича Сатпаева, Александра Сергеевича Уклонского и других неутомимых исследователей недр Великой Родины.

Нам, узбекским ученым, чрезвычайно приятно принимать у себя гостей из зарубежных стран. Позвольте мне передать приветствие и благодарность наших ученых участвующим в работе нашего совещания академику Болгарской Академии наук Страшимиру Димитрову, действительному члену Академии наук Германской Демократической Республики Каучу, члену-корреспонденту Польской Академии наук Казимиру Смуликовскому и члену-корреспонденту Румынской Академии наук профессору Савулу.

Присутствие наших дорогих зарубежных гостей несомненно будет иметь большое значение для успешной работы совещания.

Товарищи! Наряду с крупными деятелями петрографии и геологии на нашем совещании присутствует большая группа геологоразведчиков-производственников. Это обстоятельство является выражением творческого содружества работников науки и производства и залогом новых значительных успехов в развитии советской геологической теории и практики.

Позвольте мне по поручению Оргкомитета, созданного Министерством геологии и охраны недр СССР, президиумами Академии наук СССР и Академии наук Узбекской ССР, объявить II Всесоюзное петрографическое совещание открытым.

ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНОЕ ВЫСТУПЛЕНИЕ НА II ВСЕСОЮЗНОМ ПЕТРОГРАФИЧЕСКОМ СОВЕЩАНИИ

Второе Всесоюзное петрографическое совещание заканчивает свою работу. Нам остается подвести некоторые итоги и наметить пути дальнейших исследований. Однако сделать это не так легко, нужны коллективные усилия. При этом совершенно очевидно, что для подведения итогов работы столь ответственного научного совещания необходимо сопоставить, осмыслить хотя бы основные выводы по тому громадному фактическому материалу, который был приведен в докладах. Для этого необходимо время.

Я в своем заключительном слове коснусь, конечно, только некоторых вопросов, но должен оговориться, что одобрение или осуждение отдельных докладов не входит в задачи моего выступления.

Мне кажется, что с оценкой докладов и выводами по содержавшимся в них положениям не следует торопиться. Как поспешное признание, так и необоснованное осуждение тех или иных положений в одинаковой мере вредны. Главное сейчас заключается в уважительном, терпеливом отношении к ним. Время и новые фактические материалы будут лучшими судьями и поставят все на свои места.

Лишь в столкновении взглядов, особенно при применении их к решению вопросов геологической практики, будут проверяться обоснованность и жизненность любой научной концепции. Всякие необоснованные положения, не увязанные с геологическими фактами, отпадут сами собой. Это не означает, что мы призываем к либерализму, к проявлению терпимости в отношении всяких явно надуманных и несостоятельных положений.

Речь идет о терпеливом, уважительном отношении к концепциям, заслуживающим внимания и проверки.

Во II Всесоюзном петрографическом совещании принимали

участие представители всех республик, всех геологических центров нашей страны, а также посланцы зарубежных стран социалистического лагеря — Демократической Германии, Польши, Болгарии, Румынии. Пользуюсь случаем, чтобы выразить благодарность нашим дорогим гостям и пожелать им и всем их коллегам на родине новых успехов в развитии геологических наук.

Участие в совещании большой группы видных ученых петрографов и металлогенистов способствовало обеспечению высокого научного уровня нашей работы, а большой группы геологоразведчиков-производственников—придало ей определенную направленность в смысле максимального приближения научных исследований к практическим нуждам нашего коммунистического строительства.

На совещании присутствовало около 1000 человек, в том числе: из Москвы — 109, Ленинграда — 45, Украины — 28, закавказских республик 37, — Казахстана — 43, Сибири, Дальнего Востока и Урала — 70, из республик Средней Азии — 450 человек.

Совещание заслушало 16 докладов на пленарных заседаниях и 74 — на заседаниях секций. Этими докладами охвачены почти все основные направления современной петрологии и некоторые вопросы теории рудообразования.

Обширный фактический материал в докладах представлен по региональной петрологии СССР. В центре внимания многих из них стояла также проблема рудоносности магматических образований и роль последних в металлогенических процессах.

Особый интерес вызвали вопросы генезиса щелочных пород и метасоматоза.

Содержательными были доклады по геохимии магматических образований, физико-химическим основам современной петрологии, новым методам исследований горных пород.

Большинство докладов содержало хорошо подобранные фактические материалы и достаточно аргументированные ные научные выводы и положения. Все это позволяет считать данное совещание большим событием в геологической науке нашей страны и серьезным шагом в дальнейшем развитии наших познаний в области магматических образований и связанных с ними металлогенических процессов.

Созыв данного совещания способствовал установлению и укреплению контактов между его участниками. Личные встречи и обмен мнениями, несомненно, сыграют существенную роль в дальнейшем развитии наших знаний и в организации совместных работ.

Разрешите от имени Оргкомитета совещания остановиться на рассмотрении некоторых обсуждавшихся или затрагивавшихся на совещании вопросах, имеющих, как нам кажется, принципиальное значение.

Геология магматических образований, в широком смысле этого слова, была и остается наиболее важным вопросом современной петрологии. Только на базе широкой постановки геологических наблюдений и геофизических исследований можно решить основные проблемы современной петрологии. В этих вопросах наши петрологи и металлогенисты должны не только опираться на данные по региональной геологии и тектонике, но и организовывать работу совместно со специалистами этих смежных областей.

Нам кажется, что петрологам пора перестать увлекаться только упреками в адрес тектонистов по поводу забвения вещественного состава и начать по-настоящему учитывать в своих построениях тектоническую обстановку формирования интрузивов.

Несмотря на то, что в области выявления последовательности формирования магматических образований и изучения эволюции магмы во времени сделано уже многое, особенно коллективами ВСЕГЕИ, этот вопрос не потерял своей актуальности. Должна быть продолжена разработка детальных схем применительно к различным структурным условиям.

Нам представляется, что попытка Ю. А. Кузнецова классифицировать магматические формации с учетом структурных условий и их развития, несомненно, заслуживает пристального внимания.

По-видимому, теперь задача заключается в том, чтобы обеспечить переход от общих схем к частным, от крупных территорий-провинций к конкретным рудным районам и узлам. Этот вопрос должен быть решен на базе сопоставления магматических образований многих провинций, районов, различных возрастных групп. Именно такой подход является ключом к решению многих петрологических вопросов. Указанное сопоставление необходимо провести в широком плане: по характеру проявления отдельных циклов, фаз и последовательности внедрения различных морфогенетических типов, по составу и характеру распространения акцессорных элементов и минералов, по типу ассоциации постмагматических рудопроявлений, метаморфических и метасоматических процессов.

В изучении геологии магматических образований особое место должны занимать структурные условия их формирования и в связи с этим морфогенетические и морфологические

типы. Сообщение по этому вопросу Г. Л. Поспелова является безусловно интересным.

Изучение морфологии и структурных условий формирования магматических тел имеет очень большое металлогеническое значение. Нам кажется, что морфология магматических тел занимает не последнее место в постмагматической продуктивности магмы.

Не менее важен вопрос изучения глубины формирования интрузивов. К сожалению, после М. А. Усова и П. Ниггли очень мало сделано по выявлению роли глубины формирования в петрологических и металлогенических процессах. В этом отношении особый интерес представляет доклад В. С. Коптева-Дворникова, осветивший некоторые вопросы формирования интрузивов малых глубин.

Принципиально важно выяснить соотношения интрузивного и эффузивного магматизма во времени, пространстве, в отдельных структурных зонах. Вообще эффузивы заслуживают большего внимания, чем им уделяется в настоящее время. Особенно ценны исследования, направленные на выяснение их металлогенического значения. В этом свете доклад Г. С. Дзоценидзе имеет большое значение.

В связи с геологией магматических образований заслуживает внимания очень важный вопрос петрографического или, вернее, петрографо-металлогенического районирования территории и классификации петрографических провинций и рудных районов. Мы полагаем, что пришло время на базе существующих тектонических и других районирований создать петрографо-металлогеническую классификацию провинций и произвести районирование территорий. При этом вновь созданные классификации могут существовать параллельно с имеющимися. Пока для создания таких специализированных классификаций провинций, рудных зон и районов, отвечающих петролого-металлогеническим исследованиям, ничего существенного не сделано. Между тем, наличие таких классификаций позволило бы сопоставить магматические и металлогенические процессы разных типов провинций, определить их место в геологической истории. Исследования путем сопоставления могли бы дать очень много ценного для выявления особенностей магматизма и рудообразования в различных структурных условиях.

Изучение геохимии магматических образований и постмагматизма, охватывающее прежде всего исследование акцессорных минералов, элементов и их изотопического состава, должно стать новым, высшим этапом в современной петрологии и металлогении. Правильное понимание металло-

генического значения магматических и постмагматических образований немыслимо без детального изучения их вещественного состава, особенно в части распространения, характера проявления и состава редких и рассеянных элементов.

Изучение изотопов и абсолютного возраста магматических и постмагматических образований, или, по терминологии В. П. Петрова, изотопной петрологии также приобретает принципиальное научное значение. Всестороннее исследование изотопного состава элементов, входящих в изверженные горные породы, даст очень много для решения петрогенетических и рудогенетических вопросов. Определение абсолютного возраста должно получить широкий размах и повсеместный характер. Нам представляется, что доклады А. А. Полканова, Г. Д. Афанасьева и другие сообщения по этому вопросу сыграют положительную роль.

Доклады Л. В. Таусона и других участников совещания в отношении изучения акцессорных элементов и минералов были, несомненно, интересными. Детальное изучение акцессориев будет новым этапом в познании природы магматических и постмагматических процессов. Это изучение должно вестись в направлениях:

1) детального изучения акцессорных минералов, форм проявления, характера распространения, химического состава и поведения в них рассеянных элементов;

2) изучения состава и характера распределения акцессорных элементов;

3) изучения химического состава и кристаллохимического строения породообразующих минералов, особенно с точки зрения форм проявления в них редких элементов;

4) разработки методических вопросов, в частности для более четкого отличия первичных, сингенетических минералов и элементов от более поздних постмагматических — эпигенетических.

Акцессорные элементы и минералы должны лежать в основе систематики и, в некоторых случаях, корреляции магматических горных пород.

В решении вопроса о происхождении изверженных пород теперь большое значение будет иметь выделение образований одного и того же состава, но с различным генезисом. Например, в классификацию горных пород должны войти не только гранитоиды разного состава, но и различные по способу образования граниты, аплиты, пегматиты и щелочные породы.

Нам кажется, что пора покончить с противопоставлением различных способов образования изверженных пород и признать возможность этих процессов. В настоящее время, на-

пример, трудно спорить о том, кому из авторов теории образования пегматитов следует отдать предпочтение. То же можно сказать о происхождении гранитов и о роли процессов гранитизации. Вряд ли кто может отрицать исключительное значение метасоматических процессов в разнообразии изверженных пород, к сожалению, до сих пор по-настоящему не осознанных и не расшифрованных.

Следует подчеркнуть, что метасоматизм мы выдвигаем не взамен магматизма, а в дополнение к нему. Совокупность магматизма, метаморфизма и метасоматизма, их соотношения в различных условиях — ключ к пониманию причин разнообразия изверженных и метаморфических пород. Нельзя, например, отрицать, что щелочные породы образуются в неодинаковых условиях при участии разных процессов. Следовательно, задача заключается не в том, чтобы разрабатывать универсальные, всеобъемлющие схемы, теории, а в том, чтобы выявлять различные способы образования горных пород, терпеливо, но строго научно и критически воспринимать новые положения о тех или иных способах образования изверженных пород.

Петрология все еще находится в стадии научного искания и совершенствования своих теоретических основ. Поэтому всякие положения, высказываемые в категорической форме, были вредны в прошлом, остаются опасными и сейчас. Ф. Ю. Левинсон-Лессинг писал: «Не имею и я в данный момент такой законченной категорической теории, как в 1910 г., но чтобы избежать натяжек и односторонности, лучше признать, что ни одна теория нас полностью не удовлетворяет». Это было написано в 1934 г., т. е. почти 25 лет тому назад, но эти высказывания корифея петрографической науки не потеряли своего значения и до нашего времени.

Надо отметить, что во всех построениях предыдущих лет по генезису изверженных пород исследователи не придавали должного значения двум очень важным явлениям: метасоматическим процессам и их разнообразию и влиянию роли геологической среды в продвижении и становлении магмы.

Магмы внедряются и превращаются в различные горные породы в конкретных условиях геологической среды, поэтому изучение этих условий может и должно внести ясность во многие спорные вопросы современной петрологии и металлогении. При этом особое внимание следует обратить на состав вмещающих пород, через которые продвигаются и в которых остывают магмы.

Что касается роли метасоматических процессов в магматизме и постмагматизме, то это старая, но всегда актуальная

проблема, которая теперь должна освещаться по-новому. Ее роль сравнительно хорошо выявлена для постмагматических и метаморфических образований, но очень слабо изучена для изверженных пород. Изучение ее, по-видимому, поможет правильно решить многие петрогенетические вопросы.

Проблема генетических связей оруденения с интрузиями по-прежнему остается коренной проблемой петрологии и металлогении. Этой теме придавалось большое значение еще на I совещании. На II совещании она получила более широкое освещение на основе богатейшего фактического материала.

Можно утверждать, что от правильного решения этой проблемы зависит дальнейшее направление важнейших отраслей геологии, региональной геологии, петрологии и, наконец, поисково-разведочного дела.

Таким образом, проблема генетических связей оруденения с интрузиями чрезвычайно важна не только в теоретическом, но и в практическом отношениях.

На данном этапе развития наших знаний в области магматизма и постмагматизма едва ли есть необходимость доказывать не только наличие генетической связи, но и различных форм ее существования. Это уже пройденный этап. Однако, несмотря на множество новых доказательств генетической связи между оруденением и интрузиями, противники ее признания выдвигают несостоятельные, по существу вредные для геологической науки и геологоразведочной практики положения. В частности, в Ташкенте по этому вопросу между геологами проходили весьма бурные дискуссии. В качестве «аргументов» отрицания генетической связи ташкентские противники ее выдвигают следующие положения: признание генетической связи якобы сужает фронт поисковых работ, привязывает их постановку к ограниченным территориям с наличием магматических образований, искусственно уменьшает протяженность рудных зон на глубину и, наоборот, отрицание этой связи развязывает руки геологу, расширяет фронт поисковых работ на глубину, доходящую до подкоровых очагов. В этих положениях содержится вызов геологии вообще, ибо известно, что выявление всех закономерностей в распределении оруденения направлено именно на сужение фронта поисков, т. е. на конкретизацию их районов и на целеустремленную организацию поисковых и других геологических работ.

Таким образом, геологи, принципиально отрицающие генетическую связь оруденения с интрузиями, не видят и не признают колоссальных достижений современной теории рудообразования и петрогенезиса, базирующихся на громадном фактическом материале и на достижениях смежных наук

На новом этапе исследования генетической связи оруденения с интрузиями надо исходить из необходимости изучения и расшифровки всех спорных, неясных проблем. К ним прежде всего относятся:

1) соотношения во времени и пространстве оруденения и основных даек;

2) генетическая связь месторождений, удаленных от источников, с интрузиями;

3) металлоносность магмы;

4) прочие вопросы.

О соотношениях во времени и пространстве оруденения и основных даек на данном совещании было много ценных высказываний, но мы еще далеки от окончательного и общепризнанного решения этого вопроса.

Вопрос о генетической связи удаленных от источников месторождений с интрузиями — очень сложный вопрос, требующий к себе большого внимания. Для решения его необходима разработка новых методических приемов. Здесь большое значение будут иметь геохимия и изотопная геология, детальное изучение вещественного состава магматических и постмагматических образований.

Вопрос о металлоносности магмы тоже требует серьезного внимания и изучения. Логично ли на данном этапе развития науки делить магмы на металлоносные и стерильные? Нам кажется, что нет. Магма может содержать металл или же не содержать его, но это не значит, что данная магма будет продуктивной или непродуктивной. Продуктивность магмы — функция многих параметров, к которым прежде всего относятся конкретные геологические условия формирования магматических образований и состояние химических элементов в момент, когда из магмы выделяются ее постмагматические растворы.

Таким образом, многие вопросы рудогенезиса будут зависеть от правильного решения петрогенетических задач. В этом заключается значение данного совещания для нашей большой практической геологии. Интересно в связи с этим напомнить хорошо известные геологам Средней Азии факты антагонизма шеелита и магнетита, шеелита и касситерита в скарновых зонах. Пегматиты и скарны, как правило, избегают друг друга. Оказалось, что такую, казалось бы, ярко выраженную закономерность нельзя объяснить путем изучения только характера рудопроявления. Для ее объяснения необходима широкая геологическая основа и прежде всего сравнительное изучение различных магматических образований.

Серьезным упущением является то обстоятельство, что мы к решению сложнейшей проблемы генетических связей часто подходим без полного учета данных по современным вулканическим образованиям. Для решения этой проблемы необходимо значительно шире привлечь имеющийся богатый материал по современным вулканам и по районам молодых вулканов и металлогенических процессов, предварительно усилив эти исследования.

Таким образом, теперь разные общие суждения о признании генетической связи теряют всякий логический смысл без конкретизации форм проявления этой связи, без учета изменения ее характера в зависимости от тех или иных условий геологического развития.

Из других затрагивавшихся на совещании важнейших вопросов прежде всего заслуживает внимания вопрос о физико-химической основе современной петрологии. Необходимо более деятельное отношение специалистов этой области к расширению фронта исследований и подготовке кадров. Д. С. Коржинский, В. А. Николаев и другие наши ученые, занимающиеся этими вопросами, должны приложить максимум усилий к тому, чтобы воспитывать больше своих последователей. То же самое, пожалуй, относится и к экспериментальной петрографии. Нам нужно создать мощные и оснащенные лаборатории по экспериментальной петрографии. У Н. И. Хитарова и других специалистов должно быть больше учеников и последователей.

В области методических вопросов у нас положение явно неудовлетворительное. До сих пор нет организаторов по внедрению имеющихся достижений в области новых методов исследований. В результате эта важная работа по существу идет самотеком, без единой, строгой организации дела.

Наши ведущие кадры петрографов не проявляют должного внимания к созданию новых, современных методов петрографических исследований. Со старыми и общеизвестными методическими приемами петрографии также не все в порядке, не все они находят применение.

У нас еще нет единого мощного центра по проблемам магматизма. Разработка проблем магматизма ведется раздельно, в различных институтах. В нашей стране, где проявляются самые разнообразные по возрасту (от древнейших до современных) магматические процессы, и где имеются колоссальные запасы в отношении полезных ископаемых, должен быть создан единый, специализированный, мощный научный центр по проблемам магматизма и постмагматизма. Нам кажется, что следовало бы обратиться к Президиуму

АН СССР и Министерству геологии и охраны недр СССР с ходатайством о создании специализированного научно-исследовательского центра по проблемам магматизма и постмагматизма и специального журнала.

Многие участники совещания, особенно узбекская делегация, считают необходимым, чтобы петрографические совещания проходили регулярно, стали традиционным и плановым делом.

Мы вносим предложение, созывать совещания каждые два года в различных научных и петрографических центрах нашей страны и для придания им большей научной значимости именовать их в дальнейшем конференциями.

Следующую, третью петрографическую конференцию, по нашему мнению, следует провести на Кавказе или в Сибири. Подготовку к ней надо начинать теперь же. Программу ее работы желательно наметить по возможности раньше.

На конференции следовало бы обсудить вопросы.

1. Метасоматические процессы и их роль в магматизме и постмагматизме.

2. Молодые и современные вулканы, районы их развития и связанные с ними месторождения полезных ископаемых.

3. Геохимия изверженных пород.

4. Геологические соотношения интрузивного и эффузивного магматизма.

5. Петрография, петрохимия и геохимия зон околорудных изменений.

6. Современные полевые и лабораторные методы петрографических исследований.

До созыва Третьей конференции необходимо провести серьезную подготовительную работу, собрать и обработать фактический материал.

Решение об организации данного совещания было принято лишь в середине декабря 1957 г. Таким образом, совещание подготовлено за четыре—пять месяцев. Между тем по составу участников и по характеру докладов видно, что на местах проведена серьезная подготовка. Оргкомитет провел большую организационную работу. В Москве подготавливали совещание Г. Д. Афанасьев, М. Г. Руб, В. С. Коптев-Дворников, в Ленинграде — В. А. Николаев, Ю. И. Половинкина, в Сталинабаде — Р. Б. Баратов, во Фрунзе — М. М. Адышев и В. Н. Голубин, в Ташкенте — И. Х. Хамрабаев, К. Л. Бабаев, Р. А. Мусин, Н. П. Башаев, В. Г. Гарьковец, Х. Т. Тюляганов, А. Б. Баталов и другие товарищи.

Я думаю, что выражу мнение всех присутствующих, если от лица всего нашего совещания выражу благодарность этим

и многим другим товарищам за активное участие в подготовке к данному совещанию.

В заключение позвольте выразить уверенность, что к Третьей петрографической конференции мы придем с новыми, еще более крупными успехами в нашей работе.

Разрешите пожелать всем участникам совещания новых творческих успехов и здоровья.

ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ СРЕДНЕЙ АЗИИ КАК ОСНОВА ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ*

Геологическое строение Средней Азии весьма разнородно.

На сравнительно небольшой площади сочетаются каледонские, герцинские и альпийские складчатые и разрывные структуры различных простираний, сложенные разнообразными по фациальности осадочными, вулканогенными и интрузивными породами.

Среднюю Азию можно назвать колыбелью геологических идей, часть которых является предметом оживленных дискуссий и в настоящее время.

Один из наиболее важных вопросов всего периода изучения геологии Средней Азии — геологическое районирование, а соответственно и объяснение причин возникновения специфических по своему развитию участков земной коры.

Наиболее ранние схемы Средней Азии Э. Зюсса, Р. Клебельсберга, Ф. Махачека, Д. И. Мушкетова и других были орогеологическими. Первые схемы геологического районирования появились к тридцатым годам нашего столетия, когда стали намечаться главнейшие черты геологического строения и развития. В настоящее время существует около пятидесяти различных схем районирования, иногда довольно сильно отличающихся по целевым и методическим подходам.

По задачам и принципам построения их можно разбить на несколько групп.

1. Первая, наибольшая, группа схем построена на принципе возраста складчатости, выдвинутом еще С. Палласом, а позже М. М. Тетяевым, хотя во внимание принимались также литологические, магматические и другие особенности

* В соавторстве с О. М. Борисовым.

геологического развития. К ним относятся схемы Н. М. Синицына, В. М. Синицына, В. Н. Крестникова, А. П. Марковского, И. Е. Губина, С. И. Клунникова, В. И. Кнауфа, В. Н. Огнева и др.

Выделялись раннегерцинские зоны, возникшие в нижнем карбоне, затем среднегерцинские, сформированные в конце карбона, и позднегерцинские складчатые сооружения, созданные в перми, и т. д. Однако подобный подход к районированию должен быть отклонен, так как, во-первых, он основывался на неверном представлении о быстром возникновении складок путем инверсии геосинклинали в период одной фазы тектогенеза, а во-вторых, о возрасте складчатости судили либо по времени выхода горного сооружения из-под уровня моря, либо по времени смены дислоцированных отложений недислоцированными (понятие введено Эли де Бомоном). Положение о том, что главные фазы проявлялись здесь неоднократно, были пространственно разобщены и имели локальный характер, не выдерживает критики.

Теперь становится ясным, что развитие складок идет почти с момента заложения геосинклиналей, а фазы — лишь моменты более быстрого, скачкообразного роста их. Главная фаза складчатости совпадает с внедрением гранитоидных масс, что приводит к консолидации складчатых сооружений. Однако складкообразование продолжается (особенно в наложенных депрессиях, передовых и межгорных впадинах), хотя оно уже не столь интенсивно. Длительность развития складок подтверждается на примере Каратау (19), Чаткала и Курамы (1), Северного Памира (5).

Главная фаза складчатости во всех провинциях герцинид совпадает по времени с концом среднего — началом верхнего карбона, сопровождаясь формированием многофазных тел гранитоидов (батолитовый этап). Во время проявления этой фазы складчатые цепи либо еще находились под уровнем моря (Северный Памир, центральная часть Южного Тянь-Шаня), либо уже представляли область эрозии (Западный Узбекистан, Чаткал и др.). Следовательно, возраст складчатых сооружений в пределах одной области одинаков, имеются только определенные различия в режимах их развития.

2. В основе выделения второй группы схем лежал тектоно-формационный принцип, так как он учитывал особенности стратиграфического разреза, характер развития тектонических структур, отчасти вулканизма и металлогении.

Формационный метод впервые применили А. Д. Архангельский и Н. С. Шатский при районировании СССР в 1933 г. Они учитывали время окончания накопления геосинклинальных осадков. Впоследствии этот метод был развит Н. С. Шат-

ским, Н. П. Херасковым и другими и дополнен понятием о структурных ярусах и этажах.

В Средней Азии районирование на основе формационного анализа осадочных и магматических образований осуществил В. И. Попов (32). Позже оно развилось в структурно-фациальное направление, когда тип и характер развития осадочных, магматических и металлогенических образований стал тесно увязываться с типом развития структур и возрастом складчатости (схемы Зубцова, 11, 12; Резвого, 34; Кухтикова; Королева, 14).

3. Существуют схемы, в основе которых лежит магматический фактор, обоснованный В. А. Николаевым (24, 25, 26), который первым из исследователей Средней Азии подчеркнул взаимообусловленность магматизма и тектоники и многоэтапность магматических процессов, выделил докембрийский, каледонский, герцинский и альпийский циклы тектогенеза и магматизма, а также подчеркнул наличие в каждом крупном периоде тектогенеза и магматизма ранних, средних, поздних, заключительных и завершающих этапов. Все эти представления В. А. Николаева, а также Ю. А. Билибина позже были взяты за основу металлогенических работ коллективом ВСЕГЕИ. Однако этому направлению уделялось мало внимания. Подобные схемы были выполнены для Кураминo-Чаткальских гор (1) и Памира (А. И. Проскурко). Первой схемой такого порядка для всей Средней Азии явилась «Схема тектоно-магматических комплексов Тянь-Шаня и Памира», составленная в 1960 г. Х. М. Абдуллаевым, О. М. Борисовым и А. А. Хлобустовым (3).

4. Металлогенический фактор как принцип районирования при составлении схем не получил должного развития. Первую схему такого рода разработал А. Е. Ферсман, разделивший Среднюю Азию по геохимическим особенностям на уралиды и кавказиды. Позже металлогенические схемы были созданы Б. Н. Наследовым, В. И. Поповым и др., затем Х. М. Абдуллаевым, Е. Д. Карповой. В них уже учитывались особенности геологического развития территорий.

Особо необходимо отметить схемы, составленные по западной части Средней Азии, так называемой «Туранской эпигерцинской платформе». Первоначально они строились по методике, разработанной в 1937 г. А. Д. Архангельским, Н. С. Шатским и другими и основанной на принципе возраста фундамента и характере строения покрова (схемы Архангельского, Яншина и др.). Однако большинство последующих схем в основном учитывало возраст складчатости, а также главные особенности строения поверхности кристаллического

фундамента по данным геофизики (схемы Петрушевского, Казакова, Неволина, Година, Гарецкого, Шрайбмана и др.).

Общий обзор районирования Средней Азии вскрывает три отличительные его особенности. К первой относится огромный разнобой в принципах районирования, прослеживающийся до последних дней. Вторая особенность заключается в том, что тектонического районирования как такового «в чистом виде» не было — на всех этапах изучения Средней Азии при районировании в разной степени учитывались факторы литогенеза, магматизма, геоморфологии и металлогении с обязательным участием тектонических (особенностей складкообразования и разломов) факторов. Третья особенность схем последних лет — постепенное сближение и «сращивание» различных типов районирования: тектонических, тектоно-формационных, тектоно-магматических, металлогенических.

Накопленные знания по геологическому строению и развитию Средней Азии позволяют уже на данном этапе построить такое районирование, которое в равной мере учитывало бы всю многогранность геологических процессов, взаимосвязь и взаимообусловленность протекающих здесь явлений, определяющих в конечном счете металлогенический облик отдельных участков земной коры. Поэтому теперь становится возможным создание общей, уже геологической, схемы районирования, которая должна представлять собой синтез различных по целевому назначению специализированных схем и карт. Эта схема будет изображена своим, более общим методом, «впитавшим» разные методы построения существующих схем и карт.

Подобного районирования территорий требуют задачи современной металлогении, необходимость широкого подхода к прогнозированию и составлению металлогенических и прогнозных карт и важность выявления закономерностей образования и размещения месторождений полезных ископаемых.

Для классификации территорий главное — это единый принцип, т. е. основа научного к ним подхода. Только при условии систематизации на основе единого принципа можно сопоставить выделенные единицы, выявить их общие и частные особенности, выяснить генетический смысл выделенного типа территорий и роль того или иного процесса в его формировании.

В 1933 г. Д. В. Наливкин в качестве научной основы районирования предложил принцип тектонической подвижности участка земной коры, которая сыграла решающую роль в формировании и выполнении осадками впадины и характе-

ризовалась временем завершения седиментационной и структурной ее эволюции. Его схемы, составленные в 1916 г. и дополненные в 1939 г., фактически лежали в основе всех последующих схем и почти не претерпели существенных изменений (21, 22, 23).

Более широкое толкование подвижности предложил Х. М. Абдуллаев (2, 5). Под подвижностью он понимал такое состояние территории, с которым связаны все геологические процессы. Она отражает особенности развития вещества земли, обусловленные как внутренними, так и внешними (космическими) причинами, и в конечном счете определяет строение и историю развития каждой конкретной геоструктурной области, зоны, провинции, района и т. д. С подобной подвижностью нельзя путать тектоническую подвижность или активность. Под последней обычно понимается деформация земной коры, различная по степени интенсивности за определенный отрезок времени.

Основные формы проявления подвижности — это тектогенез, литогенез, магмогенез, рудогенез, качественные особенности которых зависят от состава и состояния вещества земной коры.

Степень подвижности определяется комплексом геологических образований земной коры, а характер разреза, масштабность, длительность формирования и протяженность, в свою очередь, обусловливают размерность территориальных единиц и их границ.

Примечательно, что в пределах Средней Азии эти границы совпадают с глубинными зонами или швами разломов, поэтому их выделение и изучение важно при районировании.

Впервые большое значение крупных разрывных нарушений в тектоническом районировании подчеркнул В. И. Попов, выдвинувший идею о «дискардогенных разломах» (32). Эта идея получила развитие в «глубинных разломах» А. В. Пейве (29, 30) и «краевых разломах» Н. М. Синицына (35).

Однако первое структурно-фациальное районирование с учетом глубинных разломов провел Е. И. Зубцов (11, 12). Впоследствии их применили при районировании Памира и Южного Тянь-Шаня М. М. Кухтиков (17, 18) и Северного Тянь-Шаня В. Г. Королев (13, 14). Более полный анализ разломов Памира и Тянь-Шаня произвел Д. П. Резвой (33, 34), отметив, что глубинные швы составляют как бы структурный скелет региона, а отдельные ячейки — определенные структурные единицы.

Работы по глубинным разломам показали, что:

а) глубинные разломы — особые структурные единицы земной коры, не зависящие от процессов складчатости;

б) они представляют собой не одну линию, а целую систему разрывов, в связи с чем их удобнее именовать «зонами глубинных разломов»;

в) для них характерна большая протяженность (сотни километров), длительность существования (многие периоды и даже эры) и большая глубина заложения (вплоть до базальтового слоя);

г) ими обусловливается складчато-глыбовое строение региона, а следовательно, и его пространственный план;

е) дифференцированное движение блоков по разломам — основное в характере геологического развития смежных блоков, причем зоны разломов при этом являются как бы рубежами, границами, местами смены характера осадконакопления, структуры, магматизма и оруденения;

ж) движения по разлому развивались одновременно с другими геологическими процессами.

Следовательно, зона глубинного разлома есть естественноисторическая граница геоструктурных единиц земной коры, в пределах которой тектонический режим в общем сохраняет однотипность, свидетельствующую о том, что тектоническая природа этих геоструктурных единиц носит блоковый характер.

При районировании необходимо учесть еще два важных фактора: положение глубинных разломов в геоструктурном плане региона и их порядок.

Подавляющая часть глубинных разломов продольная, т. е. совпадает с простиранием геоструктурных элементов земной коры. При таком положении как бы недостает «боковых» границ «тектонических ячеек». Поперечные глубинные разломы впервые отметил в 1948 г. Н. С. Шатский на Кавказе и Русской платформе (36). Примером поперечных разломов в Средней Азии могут служить Талассо-Ферганский, ряд разломов Центральных Кызылкумов, Поперечнотяньшанский (7) и Каратау-Памирский (37). Об их существовании свидетельствуют чаще всего лишь частные различия в характере разрезов, структуре, магматизме и оруденении смежных блоков. Они зачастую не выражаются системой обычных разломов, так как развиваются синхронно с ведущими геологическими процессами и могут быть установлены по совокупности геологических признаков: палеогеографических, стратиграфических, структурных и т. п.

Более полное выявление продольных и поперечных разломов должно стать главной задачей при районировании, так

как только в этом случае мы более полно сумеем установить геометрические очертания «тектонических ячеек».

Другая, не менее важная сторона — определение порядка разломов, на что обратил внимание Д. П. Резвой (34). Это в свою очередь позволяет установить порядок геоструктурных единиц земной коры.

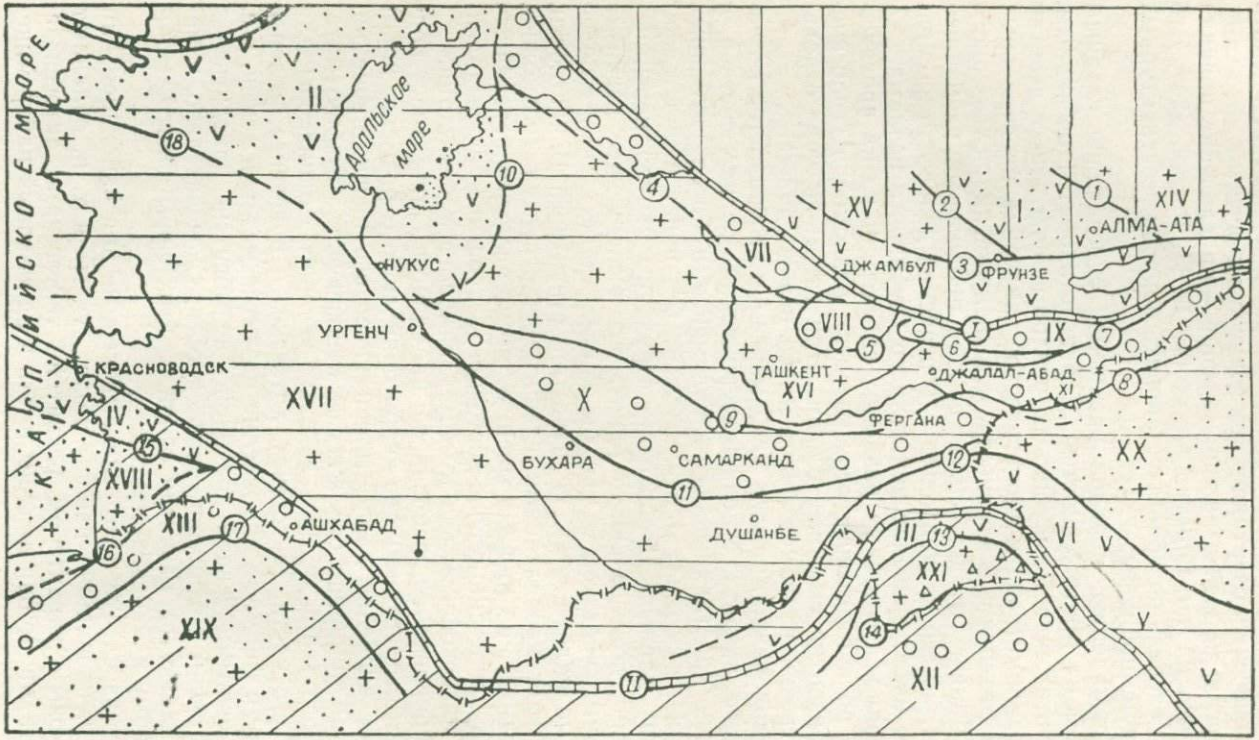
К сожалению, порядок разломов определялся главным образом их протяженностью. Сейчас становится очевидным, что протяженность глубинных разломов составляет десятки сотен километров и геологическое значение их отдельных частей различно. В частности, «важнейшая линия Северного Тянь-Шаня» представляет собой продольный глубинный разлом, но его продолжение в Тургайской депрессии на Урале уже имеет значение поперечного глубинного разлома.

Порядок глубинных разломов определяет не их протяжение, а роль отдельных отрезков этих разломов в геологическом развитии смежных блоков. При таком подходе отдельные отрезки разломов будут иметь разный порядок.

Немаловажная деталь для выявления особенностей геологического развития отдельных территорий—знание состава и строения кристаллического фундамента и более глубинных слоев земной коры. Оно немыслимо без привлечения геофизических данных. Древнейшие структуры земной коры, несомненно, должны как-то влиять на последующее развитие отдельных участков и как бы «просвечивать» через более молодые наложенные складчатые структуры. В частности, подобными проявлениями древнейших структур (возможно, архейских?), по нашему мнению, могут являться поперечные валы и депрессии северо-восточного простирания, выявленные в палеозойском фундаменте Западного Узбекистана.

Районирование, основанное на едином принципе — подвижности, пригодном для территории любого размера, имеет большое значение для металлогенического прогнозирования. Единство принципа отражает диалектическое единство материального мира, общие законы которого одинаковы для любой его части. Тектогенез, литогенез и рудогенез, являясь внешними формами проявления развития материи земли, т. е. порожденными единой причиной, не могут не находиться в тесной связи и взаимообусловленности. Следовательно, изменение характера развития одной из этих форм ведет к закономерному изменению других.

Отсюда следует, что если выделенные при районировании области, провинции, районы, поля, узлы и т. п. обладают одинаковым характером развития тектогенеза, литогенеза, магматизма, то они должны иметь и одинаковый набор мине-


КАСПИЙСКОЕ МОРЕ
Аральское море
НУКУС
УРГЕНЧ
КРАСНОВОДСК
АШХАБАД
БУХАРА
САМАРКАНД
ТАШКЕНТ
ФЕРГАНА
ДЖАМБУЛ
ФРУНЗЕ
ДЖАЛАЛ-АБАД
АЛМА-АТА
ДУШАНБЕ
I
II
III
IV
V
VI
VII
VIII
IX
X
XI
XII
XIII
XIV
XV
XVI
XVII
XVIII
XIX
XX
XXI
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
А
Б
В
Г
Д
Е
Ж
а
б
З
И
а
б
в

ральных проявлений. При таком подходе прогнозные металлогенические площади должны совпадать с контурами выделенных геоструктурных единиц. Подобный подход уже дал положительные результаты на Малом Кавказе, в Забайкалье и на Дальнем Востоке.

К сожалению, в Средней Азии все еще придерживаются иногда метода оконтуривания известных рудных проявлений.

Ниже приводится краткая характеристика областей, зон, подзон и районов Средней Азии (рисунок), выделенных на основе принципа подвижности[1].

Геоструктурные области

Областями мы называем крупнейшие (планетарные) участки земной коры примерно с однотипным (геосинклинальным или платформенным) характером развития на протяжении всего палеозойского мегацикла, во время которого формируются мегаэтаж и структурные единицы земной коры I порядка: платформы и складчатые пояса.

Рассматривая положение территории Средней Азии в системе главнейших структур земной коры, мы можем увидеть, что, во-первых, она располагается между Сибирской, Русской и Индийской платформами, причем ближе к двум последним, и, во-вторых, почти целиком принадлежит Урало-Монголо-

[1] Первоначально нами выделялись области, провинции и районы. Последующая работа над масштабностью структур земной коры (8) позволила выделить из состава областей структурно-геологические зоны. В связи с этим в статью введены исправления в терминологию и порядок структур (*О. Б.*).

Рис. Схема геоструктурных зон и подзон (рудно-петрографических провинций) Средней Азии, 1962 г.

А — разломы I порядка — межобластные: Донбасско-Уральский. *Б* — разломы II порядка — межзональные (цифры в кружках): *1* — „важнейшая структурная линия Тянь-Шаня"; *11* — Копетдаг-Памирский. *В* — разломы III порядка — межподзональные: *1* — Илийский; *2* — Джалаир-Найманский; *3* — Северо-Тяньшанский; *4* — Южно-Каратауский; *5* — Чаткальский; *6* — Баубаш-Атинский; *7* — Атбашинский; *8* — Чонмуздукский; *9* — Южно-Ферганский; *10* — Восточно-Уральский; *11* — Южно-Тяньшанский; *12* — Северо-Памирский (Каракульский); *13* — Бартангский; *14* — Ваханский; *15* — Южно-Балханский(?); *17* — Северо-Иранский; *18* — Мангышлакский. *Г* — Казахстано-Северо-Тяньшанская каледонская зона. *Д* — Урало-Тяньшанско-Куэньлуньская герцинская зона. *Е* — Памиро-Гималайская альпийская зона. *Ж* — рудно-петрографические провинции в пределах эвгеосинклиналей: *а* — нормального развития — *I* — Джалаир-Найманская, *II* — Уральская, *III* — Центрально-Памирская, *IV* — Большекавказская, *б* — активизированных движениями последующего тектонического цикла — *V* — Северо-Тяньшанская, *VI* — Северо-Памирская. *З* — рудно-петрографические провинции в пределах миогеосинклиналей; *VII* — Большекаратауская; *VIII* — Чаткальская; *IX* — Нарынская; *X* — Южно-Тяньшанская; *XI* — Кокшаальская; *XII* — Гиндукушская; *XIII* — Копет-Дагская. — рудно-петрографические провинции в пределах средних массивов: *а* — субгеосинклинальных — *XIV* — Илийская (?), *XV* — Чуйская (?), *XVI* — Ферганo-Кураминская, *XVII* — Каракумо-Таджикская; *б* — субплатформенных — *XVIII* — Южно-Каспийская (?), *XIX* — Ирано-Афганская, *XX* — Таримская; *в* — субгеоантиклинальных — *XXI* — Южно-Памирская.

Охотскому складчатому поясу. Системы Копет-Дага и Памира входят в Средиземноморский складчатый пояс.

Платформы отделены от складчатых поясов глубинными разломами I порядка. Более достоверной считается граница Русской платформы с герцинидами Донбасса и Урала, проходящая по надвигу — Главному Северному Донбасса, а затем Сакмарско-Кокпетинскому Урала. В целом эту зону глубинных разломов удобнее именовать «Донбасско-Уральским глубинным разломом».

Складчатые пояса возникли из соответствующих геосинклинальных поясов, заложившихся еще в начале мегацикла на месте древних платформ или остаточных геосинклинальных поясов предыдущего мегацикла. Они характеризуются большой тектонической подвижностью, преобладающим геосинклинальным режимом (длительные и неравномерные прогибания с образованием усложненных складок и нарушений), широким развитием продуктов кислой магмы и разнообразным спектром рудных образований.

Расположение территории Средней Азии на границе двух несколько различных по геологическому развитию поясов не могло не отразиться на специфике ее строения.

Геоструктурные зоны

Под зонами понимаются крупные (региональные) участки земной коры, входящие в состав геоструктурных областей, с единым планом развития в период основного тектонического цикла (каледонского, герцинского или альпийского), в течение которого формируется однотипный структурно-геологический этаж. В структурном отношении геоструктурная зона в начале цикла представляет собой геосинклинальную зону или метагеосинклинальную, которые к концу цикла соответственно превращаются в складчатые зоны и полуплатформы (8). В пространстве зоны ограничены глубинными разломами II порядка.

В Средней Азии выделяются три типа геоструктурных зон:

1) Казахстанско-Северо-Тяньшанская, каледонская;
2) Урало-Тяньшанско-Куэньлуньская, герцинская;
3) Памиро-Гималайская, альпийская.

Ниже дается краткая характеристика этих зон.

Каледонская — подвижный (геосинклинальный) участок земной коры, который перешел в геоантиклинальную стадию развития в начале палеозой-мезокайнозойского мегацикла в результате проявления каледонского цикла текто-

генеза ($Cm—D_1$), но в дальнейшем подвергся довольно значительной герцинской активизации, а в альпийское время находился в стадии перехода к платформе.

Герцинская — подвижный участок земной коры, который перешел в геоантиклинальную стадию развития в середине мегацикла в результате проявления герцинского тектогенеза ($D_2—T_1$), а в альпийское время подвергся весьма незначительной активизации в условиях субплатформенного режима.

Альпийская — подвижный участок земной коры, который перешел в геоантиклинальную стадию развития только в конце мегацикла в результате проявления альпийского тектогенеза ($T_2—Pg$).

Казахстанско-Северо-Тяньшанская зона с юга ограничена крупным тектоническим швом — «важнейшей структурной линией Тянь-Шаня» (25) или глубинным Терской-Каратауским разломом (10). Это — область протерозойско-каледонских геосинклиналей, герцинской активизации в условиях геоантиклинального режима и полуплатформенного развития в альпийское время.

С юга и запада каледонская зона окаймляется Урало-Тяньшанско-Куэньлуньской герцинской зоной. Южная граница ее, впервые намеченная Д. В. Наливкиным (21),—Акбайтал-Упрангский глубинный разлом, которому В. А. Николаев придавал такое же значение, как и «важнейшей линии Тянь-Шаня».

Западное продолжение Акбайтал-Упрангского глубинного разлома можно видеть в разрывных нарушениях северных отрогов Парапамира и, по данным геофизики, Предкопетдагского передового прогиба.

Урало-Тяньшанско-Куэньлуньская складчатая зона представляет собой подвижный (мобильный) участок земной коры, заложившийся, вероятно, в результате дробления протерозойской платформы (Синицын; Огнев, 18) и перешедший в геоантиклинальную стадию только в карбоне.

Альпийский цикл выразился в активизации уже достаточно консолидированной области при субплатформенном режиме, обусловив создание наложенных впадин, приразломных прогибов и геоантиклинальных поднятий. К данной зоне мы относим и Северный Памир, так как он сформирован в период герцинского тектогенеза (Петрушевский, Крестников, Резвой). Ранее многие относили его к альпидам, что было вызвано рядом отличительных особенностей в развитии Тянь-Шаня и Северного Памира, в частности довольно широким проявлением в последнем мезокайнозойского магма-

тизма и отсутствием четкой верхней границы между герцинским и альпийским циклами развития. Эти особенности объясняются активизацией герцинского сооружения Северного Памира под влиянием альпийской геосинклинали Центрального Памира. На подобные примеры активизации указывали Х. М. Абдуллаев, Ю. М. Шейдманн, В. И. Смирнов и др. Подробный обзор наложенной активизации дан в работе О. М. Борисова и Л. Н. Лордкипанидзе (9).

Самая южная и юная зона — Памиро-Гималайская. Как показали работы М. В. Муратова, И. В. Архипова (20) и В. А. Петрушевского (31), она является естественной частью Средиземноморского альпийского пояса. Геосинклинальный режим здесь сохранялся почти весь период мегацикла, и сейчас зона находится в геоантиклинальной стадии. Особо необходимо подчеркнуть, что в нижнем палеозое здесь еще отсутствовали типично геосинклинальные условия. По существу это была стадия «подвижной платформы» с преимущественно архейским кристаллическим основанием.

В целом консолидация территории Средней Азии в палеозой-мезокайнозойский мегацикл происходила скачкообразно с севера на юг. Это подтверждает мнение Д. В. Наливкина о разрастании Ангарского материка с севера на юг. Однако, вопреки взгляду Наливкина, это последовательное развитие геосинклинальных областей совершалось, по-видимому, не за счет пангеосинклинали, а в результате распада платформы: путем постепенной переработки отдельных ее частей в подвижные участки.

Необходимо отметить еще одну особенность: чем древнее кристаллическое основание подвижных областей, тем длительнее стадия геосинклинального развития. Действительно, каледонские геосинклинали развивались на верхнепротерозойском складчатом основании и по существу представляли остаточные геосинклинали. Герцинские прогибы уже возникли на верхнепротерозойской платформе, а альпийские — на архейском (возможно, частично на протерозойском) кристаллическом основании.

Если иметь в виду, что мощность допалеозойского кристаллического основания под альпидами меньше, чем под каледонидами, то неминуемо придем к выводу о том, что период «жизни» геосинклиналей тем меньше, чем больше мощность (а одновременно и «молодость» кристаллического фундамента). Подобная закономерность была подмечена нами (4) и раньше на примере развития рудно-петрографических провинций СССР, а также Ю. А. Кузнецовым (16) на примере Саяно-Алтайской горной системы.

Таблица 1

Краткая характеристика рудно-петрографических провинций

Провинция	Геологическая характеристика	Рудно-петрографическая характеристика
Казахстанско-Северо-Тяньшанская каледонская зона		
Северо-Тяньшанская	Наиболее подвижная (лабильная) часть каледонской области, заложившаяся в результате дробления уже достаточно консолидированного протерозойского складчатого основания и развивающаяся по типу эвгеосинклиналей Кэя	**Каледонский цикл.** Широкое развитие вулканогенных формаций: аплито-диабазовой, андезито-дацитовой, дацито-липаритовой. Интрузивные образования представлены преимущественно гранодиоритами и сопровождаются небольшими рудопроявлениями меди, молибдена, вольфрама, золота, свинца
	Герцинская активизация выразилась в возникновении наложенной континентальной геосинклинали, развивающейся в условиях геоантиклинального режима	**Герцинский цикл.** Широкое развитие девоно-нижнекарбоновой порфир-порфиритовой формации, ассоциирующей с пестроцветными и красноцветными отложениями. Батолитовый этап представлен гранито-граносиенитовым комплексом с редкометальной и железорудной минерализацией, а послебатолитовые—породами разнообразного состава (от основных до кислых и щелочных) с редкоземельной и полиметаллической минерализацией
Урало-Тяньшанско-Куэньлуньская герцинская зона		
Геосинклинали		
Большекаратауская	Передовой прогиб каледонид, унаследованный герцинской геосинклиналью, развивающейся по типу меогеосинклиналей	Небольшие пласты порфиритов среднего кембрия и телетермальные рудопроявления свинца и цинка. Ультраосновные—субщелочные интрузии и эффузивы Каинды и Ирису с их скарново-железорудными, редкометальными и полиметаллическими рудопроявлениями
	Отсутствие крупных массивов гранитоидов и общей инверсии говорит о незавершенности развития геосинклинали	
Нарынская	Передовой прогиб каледонид, унаследованный герцинской геосинклиналью, развивающейся по типу миогеосинклиналей. Инверсия геосинклинали неполная	Массивы гранитов и гранодиоритов батолитового этапа развиты только на границе с каледонидами. С ними связаны скарны с Fe, W, Cu, реже с Mo. Известны небольшие телетермальные рудопроявления свинца и цинка

Провинция	Геологическая характеристика	Рудно-петрографическая характеристика
Урало-Тяньшанско-Куэньлуньская герцинская зона		
Геосинклинали		
Чаткальская	Передовой прогиб каледонид, унаследованный герцинской геосинклиналью, развивающейся по типу миогеосинклиналей	Добатолитовый магматизм четко не выражен, основную роль играет гранодиорито-гранитовый комплекс батолитового этапа с редкометальной (грейзены, пегматиты) и скарново-магнетитовой минерализацией Более поздними являются редкие пояса даек и штоков пестрого состава и телетермальная минерализация свинца, цинка
Кокшаальская	Подвижная часть герцинской области, заложившаяся в силуре на протерозойском платформенном основании и развивающаяся по типу миогеосинклиналей	Широкая вулканическая деятельность в силуре и девоне (спилито-диабазовый комплекс) и формирование основных и ультраосновных пород с незначительными проявлениями платиноидов, хрома, никеля, железа, меди, кобальта в нижнем карбоне. Батолитовый этап представлен небольшими телами гранитов и плагиогранитов
Южно-Тяньшанская	Подвижная часть геосинклинальной области, возникшая в ордовике-силуре в результате раздробления протерозойской платформы (?) и характеризующаяся спокойным в тектоническом отношении развитием	Вулканогенные образования развиты слабо. Характерен дифференцированный во времени интрузивный ряд: ультраосновные и основные (добатолитовые этапы), средние и кислые (батолитовый этап), основные, субщелочные (послебатолитовые этапы) и соответствующие им рудопроявления
Северо-Памирская	Подвижная часть геосинклинальной области, заложившаяся еще в ордовике и развивающаяся по типу эвгеосинклиналей. В результате альпийской активизации геоантиклинальное сооружение подверглось дроблению и дифференцированному движению блоков	**Герцинский цикл.** Основные, кислые, вулканогенные породы (О—Д) и интрузивы основных и ультраосновных пород, гранитоиды батолитового этапа со скарново-пирротино-магнетитовыми рудопроявлениями. Послебатолитовые интрузии и дайки основных и калиевых гранитов с незначительными проявлениями меди и железа

Провинция	Геологическая характеристика	Рудно-петрографическая характеристика
		Альпийский цикл. Локальные проявления основных вулканогенных пород, гранитоидные и основные интрузии и дайки, рудопроявления меди и золота
	Срединные массивы	
Таримская	Стабильная часть геосинклинальной области, характеризующаяся докембрийским фундаментом и очень маломощным покровом, широким развитием крупных нарушений и тектоническими движениями по ним	Небольшие покровы базальтов и штоки камптонитов, диабазов, сиенитов, которые приурочены к окраинам массива. С ними ассоциируют небольшие рудопроявления свинца, реже сурьмы, цинка и флюорита
Ферганo-Кураминская	Стабильный участок геосинклинальной области с докембрийским (?) фундаментом. В связи с активизацией его смежными геосинклиналями на нем возникали наложенные прогибы, часть которых развивалась по типу геосинклинальных (наложенные геосинклинали)	Широкая вулканическая деятельность среднего и кислого составов в наложенных прогибах, формирование крупных и мелких гранитоидных массивов в батолитовый этап со скарново-магнетитовыми и редкометальными проявлениями, становление многочисленных штоков и даек пестрого состава с рудопроявлениями меди, молибдена, золота, свинца, цинка, сурьмы
Каракумо-Таджикская	Стабильный участок геосинклинальной области с архейским (?) или протерозойским (?) фундаментом. Неоднократная активизация его палеозойскими, преимущественно герцинскими, движениями привела к возникновению на нем депрессий и наложенных геосинклиналей (Южный Гиссар)	Широкая вулканическая деятельность среднего—кислого состава, гранитоидные массивы батолитового этапа с рудопроявлениями золота, вольфрама, железа, кобальта, олова, мышьяка. Малые интрузии и дайки послебатолитового этапа имеют разнообразный состав и развиты слабо. С ними ассоциируют колчеданно-полиметаллические, реже баритофлюоритовые проявления

Провинция	Геологическая характеристика	Рудно-петрографическая характеристика
Памиро-Гималайская альпийская зона		
Центрально-Памирская	Передовой прогиб герцинид, унаследованный альпийской эвгеосинклиналью	Значительное развитие вулканогенных (порфириты) образований юры-нижнего мела, крупных массивов диорито-гранитного комплекса (батолитовый этап) с редкометальной минерализацией и порфировые малые интрузии и дайки субщелочных гранитоидов с медной и свинцово-цинковой минерализацией
Южно-Памирская	Обломок архейской (?) платформы, преимущественно развивающийся в условиях субгеоантиклинального режима. В связи с активизацией альпийскими геосинклиналями в его пределах проявился магматизм наложенного характера	Широкое развитие вулканогенных (порфиритов) образований и крупных и мелких (трещинных) массивов гранитного, граносиенитового составов и редкометальные проявления

Структурно-геологические подзоны

Под подзоной мы понимаем крупные (локальные) участки геоструктурных зон с единым планом развития в период основного тектонического этапа, в течение которого формируется однотипный структурно-геологический ярус, ограниченный в пространстве глубинными разломами III порядка.

В пределах подзон выделяются два крупных геоструктурных элемента: геосинклиналь и срединный массив, которые к концу своего развития переходят в мегантиклинорий и мегасинклинорий.

Под геосинклиналью мы подразумеваем систему геосинклинальных борозд (трогов) и разделяющих их геоантиклинальных выступов (поднятий), ограниченную более древними консолидированными структурами, такими, как: а) складчатые сооружения более ранних геосинклинальных циклов этого же мегацикла, б) срединные массивы. В результате складчатых движений на месте геосинклинали создается мегантиклинорий (иногда полуобращенного типа).

Среди геосинклиналей различаются мио- и эвгеосинклинали, каждая из которых характеризуется своими петрографическими и рудными комплексами, что позволяет выделять их в особые рудно-петрографические провинции. Возникшие складчатые сооружения в последующие циклы могут быть подвержены активизации со стороны смежных геосинклиналей с образованием в их пределах телеорогенных интрузий и связанных с ними оруденений. Они составляют особый тип рудно-петрографических провинций (табл. 1).

Срединными массивами называются крупные устойчиво существующие среди геосинклинальных зон геоантиклинальные поднятия, представляющие собой остатки (обломки) древних платформ или складчатых сооружений предыдущего мегацикла или цикла и в основе сохраняющие древнюю структуру, лишь частично обновленную молодыми движениями. Они располагаются в центральных частях геосинклинальных подзон, расчленяя их на отдельные ветви-геосинклинали, и как бы «обтекаются» молодыми структурами этих геосинклиналей. Инверсия геосинклиналей и мегантиклинориев параллельно приводит к возникновению мегасинклинориев на месте геоантиклинальных поднятий.

Характер развития срединных массивов также неоднороден. Особенности их развития описаны нами в другой работе (6), где дается характеристика трех типов срединных массивов и соответственно выделяется три типа рудно-петрографических провинций:

1) срединные массивы, почти не подвергшиеся сколько-нибудь значительным опусканиям, — субгеоантиклинальный тип (Южно-Памирская провинция);

2) срединные массивы, подвергшиеся периодическим значительным опусканиям без существенной перестройки древнего структурного плана, — субплатформенный тип (Таримская провинция);

3) срединные массивы, местами подвергшиеся значительным опусканиям, структурной перестройке, — субгеосинклинальный тип (Фергано-Кураминская, Каракумо-Таджикская, вероятно, Зааральская, Чуйская и Илийская провинции).

Геоструктурные районы

Под районом мы понимаем генетическую часть подзоны, образованной в результате какого-либо одного или нескольких стадий тектонического этапа, во время которого формируется один структурный подъярус, сложенный оса-

дочными, магматическими и рудными рядами формаций, ограниченных в пространстве разломами IV порядка.

В пространстве район охватывает какую-то одну из структурных единиц IV порядка: геоантиклинальный выступ или геосинклинальный трог внутри срединных массивов и геосинклиналей.

Под геоантиклинальным выступом имеется в виду наиболее «жесткая» часть геосинклинали (вероятно, остатки более древних складчатых сооружений) или срединного массива, слабо подверженная тектоническим перестройкам и значительным опусканиям в период одной стадии. Впоследствии они обычно превращаются в синклинории. По типу развития среди них можно выделить районы, которые обладали геоантиклинальным режимом (каледонская Терсейская подзона Северного Тянь-Шаня) и субгеосинклинальным (Сурметашская подзона Южного Тянь-Шаня) и т. п.

Под геосинклинальным трогом (или бороздой) понимается наиболее подвижная часть геосинклинали или срединного массива со значительными амплитудами вертикальных движений и коренными тектоническими перестройками. К концу цикла в их пределах возникает антиклинорий. Характер развития отдельных прогибов различен: одни развиваются в условиях субгеосинклинального режима (каледонская Киргизская подзона), другие — преимущественно в условиях геосинклинального (подзона высоких предгорий Южного Тянь-Шаня) и т. п.

Хотя синклинории и антиклинории возникли за небольшой отрезок времени — стадию (10 млн. лет), но они обладают большой унаследованностью развития на протяжении ряда стадий и даже этапов. Получается впечатление, что время их возникновения имеет такой же порядок длительности, как для мегантиклинория и мегасинклинория или даже для всей складчатой зоны в целом.

Развитие геосинклинальных трогов и выступов характеризуется определенным набором формаций, что отражается на рудных месторождениях. Поэтому рассматриваемые синклинории и антиклинории можно и нужно выделять в рудные районы.

Таким образом, при расчленении рудно-петрографической провинции на рудные районы необходимо в первую очередь учитывать геоструктурные особенности их развития. При этом каждой структуре свойствен свой набор генетических рядов эндогенных месторождений, соответствующий и связанный генетически или парагенетически с определенным петрогенетическим рядом магматических пород, возникающих

в один и тот же отрезок времени. Так создаются ряды эндогенных месторождений и магматических пород, названные Х. М. Абдуллаевым петрометаллогеническими. Эти ряды тесно связаны с геологическими условиями развития территории и изменяются с изменением характера геологического развития участка. Поэтому здесь необходим учет тектонического режима, который может быть геосинклинальным, геоантиклинальным, субгеосинклинальным, субплатформенным.

В пределах района возможно развитие одного или нескольких петрометаллогенических рядов. В таких случаях районы все же желательно выделять по одному из петрометаллогенических рядов, который имеет наибольшее значение и определяет металлогенический облик данного района. Если же имеется несколько петрометаллогенических рядов, равноценных по масштабу и интенсивности проявления, то следует выделять рудные районы с проявлением двух и более таких рядов.

Примеры рудных районов, которые можно выделить в пределах геосинклиналей (мегантиклинориев) и срединных массивов (мегасинклинориев), указаны в табл. 2 и 3. Срединные массивы еще недостаточно расшифрованы в структурном отношении. Приведенные примеры даны с использованием тектонических схем А. С. Аделунга (по Кураминским горам), А. И. Проскурко (по Южному Памиру).

При рассмотрении рудных районов довольно четко намечаются три линии их металлогенического развития.

1. Первую линию можно назвать нормальной. Она присуща рудным районам геосинклиналей и выражается в том, что редкометальная минерализация развита в местах бывших геосинклинальных борозд, а хромовая, железная, медная, ртутная, отчасти сурьмяная и золотая — в местах бывших геоантиклинальных выступов.

2. Вторую линию следует считать наложенной, так как она возникает в пределах срединных массивов под влиянием рядом развивающихся геосинклиналей. Здесь, напротив, собственно редкометальное оруденение приурочивается к геоантиклинальным выступам, в то время как полиметаллическая, сурьмяная, золото-серебряная, флюоритовая минерализации — к геосинклинальным трогам.

3. Третья линия последовательно включает нормальную и наложенную минерализацию, т. е. является сложной. Здесь редкометальное и полиметаллическое оруденения могут быть хорошо развиты в одном и том же районе. Подобные районы присущи Северному Тянь-Шаню и Северному Памиру, т. е. провинциям, где на создавшиеся складчатые соору-

Таблица 2

Примеры рудных районов геосинклинальных провинций

Тип рудного района	Район в пределах	
	синклинориев	антиклинориев
С проявлением одного петрометаллогенического ряда		
Гранитоидного	Кошрабадский	Северо-Нуратинский Южно-Нуратинский Букантауский Зирабулак-Каратюбинский
Гранитного		
Сиенитового	Сурметашский Зарафшанский Каратау - Таласский Большекаратауский Нарынский	
С проявлением двух петрометаллогенических рядов		
Габброидного и гранитного	Каратау-Кульджуктауский	
Гипербазитового и даек основного — кислого состава	Ухумский Южно-Ферганский Атбаши-Джангджирский Северо-Дарвазский	
Гранитного и субщелочного гранитоидного (граносиениты)		Зарафшано-Гиссарский Кокшаальский Северо-Памирский
Гранитных и гипабиссальных интрузий гранитоидов		Туркестанский
Гранитного и даек основного состава	Пшарт-Мургабский	Язгулемский и Рангульский
С проявлением трех петрометаллогенических рядов.		
Гранитоидов, гипабиссальных гранитов и основных — кислых даек		Алмалинский Каракольский
Гранитов, граносиенитов и даек основного — щелочного—кислого состава	Чуйский, Сандык-Оппульский	
Гранитоидов, гранитов и малых интрузий и даек пестрого состава		Терскейский Киргизско-Кунгейский

жения впоследствии оказали активизирующее воздействие смежные геосинклинали более молодого тектонического цикла.

В заключение необходимо отметить, что не все вопросы, связанные с методикой районирования, ясны, в частности, не решены следующие важные задачи:

1) отсутствует единая терминология, учитывающая факторы времени, пространства, качество и масштабность в их взаимной связи;

2) не изучена проблема выделения типов разломов и их порядков, так как отсутствуют пока надежные критерии их классификации;

3) в недостаточной мере разработаны вопросы объемов и типов комплексов, формаций и т. п. в литологии и магматизме, что особенно важно для их корреляции;

Таблица 3

Примеры рудных районов срединных массивов

Тип рудного района	Район в пределах	
	антиклинориев	синклинориев
С проявлением одного петрометаллогенического ряда		
Основных — кислых даек	Каратау-Бозбутауский	Карачатырский Писталитауский
С проявлением двух петрометаллогенических рядов		
Малых порфировых интрузий субщелочных гранитоидов и даек основного — щелочного — кислого состава		Сумсар-Кассанский
Гранитного и даек основного — кислого состава	Алтынтауский	Юго-Западно-Гиссарский?
Гипабиссальных гранитоидов и малых интрузий и даек гранитоидов		Мургаб-Истыкский
Гранитов и гипабиссальных гранитов	Памиро-Шугнанский	
С проявлением трех петрометаллогенических рядов		
Гранодиорит-граносиенитового малых интрузий гранитоидов и даек основного — кислого состава		Кураминский Южно-Гиссарский
Гранитного, гипабиссальных гранитоидов и малых интрузий и даек гранитоидов	Аличурский Рушанский	

4) неясно, какие геохимические, минералогические и тому подобные признаки нужно вкладывать в различную масштабность явлений и процессов;

5) отсутствует общепринятая методика построения схем и карт районирования.

Для создания обоснованной схемы геологического районирования Средней Азии должны быть привлечены геологи различных специальностей из различных геологических организаций среднеазиатских республик.

ЛИТЕРАТУРА

1. Абдуллаев Х. М. [и др.] Основные черты магматизма и металлогении Чаткало-Кураминских гор, Ташкент, Изд-во АН УзССР, 1958.
2. Абдуллаев Х. М. Опыт классификации рудно-петрографических провинций, «Узб. геол. журнал», 1959, № 4.
3. Абдуллаев Х. М. Магматизм и оруденение Средней Азии, Ташкент, Изд-во АН УзССР, 1960.
4. Абдуллаев Х. М., Борисов О. М., Лордкипанидзе Л. Н. Главнейшие рудно-петрографические провинции СССР (к вопросу о классификации рудно-петрографических провинций), «Узб. геол. журнал», 1960, № 3.
5. Абдуллаев Х. М. Принципы выделения структурно-геологических зон, рудно-петрографических провинций и рудных районов, «Узб. геол. журнал», 1961, № 4.
6. Абдуллаев Х. М., Борисов О. М. Об особенностях развития срединных массивов, «Советская геология», 1963, № 8.
7. Борисов О. М. О поперечном глубинном разломе Тянь-Шаня, «Узб. геол. журнал», 1962, № 2.
8. Борисов О. М., Лордкипанидзе Л. Н. О масштабности структур земной коры, «Узб. геол. журнал», 1963, № 3.
9. Борисов О. М., Лордкипанидзе Л. Н. Роль процессов «наложенной» («отраженной») активизации в развитии земной коры, В сб. «Геология и полезные ископаемые Узбекистана», Ташкент, Изд-во АН УзССР, 1963.
10. Гарецкий Р. Г., Шрайбман В. И. Глубина залегания и строение складчатого фундамента северной части Туранской плиты (Западный Казахстан), Тр. Геологического института, вып. 44, 1960.
11. Зубцов Е. И. Структурно-фациальные зоны Тянь-Шаня и глубинные разломы, Информационный сборник ВСЕГЕИ, 1956, № 4.
12. Зубцов Е. И. Некоторые черты металлогении Среднего Тянь-Шаня и смежных с ним районов, Бюлл. ВСЕГЕИ, 1960, № 2.
13. Королев В. Г. Позднекембрийские и нижнепалеозойские формации Тянь-Шаня и связанные с ними осадочные полезные ископаемые, В сб. «Закономерности размещения полезных ископаемых», т. 3, 1960.
14. Королев В. Г. Схема тектонического районирования Тянь-Шаня и смежных районов, Известия Киргизского филиала Всесоюзного географического общества, вып. 3, 1961.
15. Крестников В. И. История развития палеозойской геосинклинальной области Памира и прилегающих частей Азии, Известия высших учебных заведений, 1959, № 4.

16. Кузнецов Ю. А. О роли гранитоидных интрузий и истории магматизма Алтай-Саянской складчатой области, «Геология и геофизика», 1960, № 1.
17. Кухтиков М. М. Краевые разломы Памира и Дарваза, Уч. зап. Тадж. гос. унив., т. XII, Тр. фак. естеств. наук, вып. 2, Душанбе, 1956.
18. Кухтиков М. М. Тектоническое районирование Памира в альпийской структуре, Уч. зап. Тадж. гос. унив., т. XVII, Тр. фак. естеств. наук, вып. 3, Душанбе, 1958.
19. Макарычев Г. И. Тектоническое развитие хребта Каратау (Южный Казахстан) в нижнем палеозое, Бюлл. МОИП, отдел. геол., 1961, № 3.
20. Муратов М. В., Архипов И. В. О тектоническом положении Памира в системе складчатых горных сооружений Юго-Западной и Центральной Азии, Бюлл. МОИП, отд. геол., т. XXXVI, 1961, № 4.
21. Наливкин Д. В. Очерк геологии Туркестана, Типография акционерного об-ва, Туркпечать, Ташкент — Москва, 1926.
22. Наливкин Д. В. Тектонические циклы западной части Ангарской геосинклинали, Тр. III Всесоюзного съезда геологов, вып. 1, 1930.
23. Наливкин Д. В. Тектоника Памира, Тр. XVII сессии Международн. геологического конгресса, т. 2, 1939.
24. Николаев В. А. Вулканизм в геологической истории Тянь-Шаня, Тр. III Всесоюзного съезда геологов, вып. 1, Ташкент, 1930.
25. Николаев В. А. О важнейшей структурной линии Тянь-Шаня, Записки минералогического об-ва, 2-я серия, т. 62, вып. 2, 1933.
26. Николаев В. А. Петрология Памира. В сб. «Таджикская комплексная экспедиция 1932 г.», Л., Изд-во АН СССР, 1933.
27. Николаев В. А. О закономерностях развития структурно-фациальных зон в подвижных поясах земной коры, «Советская геология», 1944, № 1.
28. Огнев В. Н. Основные структурно-фациальные зоны Средней Азии, Тезисы докладов к совещанию по унификации стратиграфических схем Средней Азии, Госгеолиздат, М., 1958.
29. Пейве А. В. Типы и развитие палеозойских структур Урало-Тяньшаньской геосинклинальной области, «Изв. АН СССР», сер. геол., 1948, № 6.
30. Пейве А. В. Общая характеристика, классификация и пространственное расположение глубинных разломов. Главнейшие типы глубинных разломов, Статья 1, «Изв. АН СССР», сер. геол., 1956, № 1.
31. Петрушевский Б. А. Некоторые особенности тектоники Памира, Бюлл. отд. геол., т. XXXVI, 1961, № 4.
32. Попов В. И. История депрессий и поднятий Западного Тянь-Шаня, Ташкент, Комитет наук УзССР, 1938.
33. Резвой Д. П. О важнейших структурных швах Тянь-Шаня и Памира, Геологический сборник Львовского геол. об-ва, 1958, № 5—6.
34. Резвой Д. П. Проблемы тектонического районирования Средней Азии, Ученые записки САИГИМСа, вып. 3, Ташкент, 1960.
35. Синицын Н. М. Тектоника горного обрамления Ферганы, Изд-во Ленинградского унив., 1960.
36. Шатский Н. С. О глубоких дислокациях, охватывающих платформы и складчатые области, «Изв. АН СССР», сер. геол., 1948, № 5
37. Якубов О. Х., Борисов О. М. Каратау-Памирский глубинный разлом, «Узб. геол. журнал», 1962, № 4.

НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ МЕТАЛЛОГЕНИИ ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МЕТАЛЛОГЕНИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ*

Металлогенический облик любого рудного района определяется спецификой его общего геологического развития.

Основной особенностью развития Чаткало-Кураминского района являлись существование в его пределах от нижнего палеозоя до начала мезозоя единого геосинклинального бассейна и исключительно интенсивное проявление герцинского тектоно-магматического цикла, определившего в основном металлогению района.

Какой-либо существенной минерализации, связанной со слабо развитым в районе доживетским магматизмом, не отмечено. Можно лишь указать на находки Кураминской партией в эффузивах минбулакской свиты (район Чалата) окатанных галек силурийских сланцев с кварцево-халькопиритовыми жилками. Аналогичную минерализацию, приуроченную к каледонскому магматизму, отмечал и Б. Н. Наследов. Природа этих образований еще недостаточно ясна.

В развитии герцинского цикла выделяются: добатолитовый, батолитовый, малых интрузий и дайковый этапы, каждый из которых сопровождался своеобразной металлогенией.

Металлогения добатолитового этапа

В добатолитовый этап происходило геосинклинальное погружение Чаткало-Кураминского района и накопление мощной толщи осадков, среди которых большую роль играли карбонатные отложения.

---

* В соавторстве с Т. М. Мацокиной.

Процесс общего прогибания осложнялся возникновением местных геоантиклинальных поднятий. Уже в этот период в общем обособились две части — Чаткальская и Кураминская подзоны.

Чаткальская подзона (без ее южной части) в основном представляла внутренний геосинклинальный прогиб, в котором накапливались мощные, до 10 *км*, толщи морских, преимущественно карбонатных, отложений.

В Кураминской подзоне, начиная с нижнедевонского времени, возникает геоантиклинальное поднятие, обусловившее значительно меньшие мощности осадков и их пестрый фациальный состав.

Магматизм добатолитового этапа, если не считать доживетского, проявился очень слабо. В Каржантау продуктами этой деятельности являются порфириты аркутсайской эффузивной свиты, небольшие интрузивные тела того же порфиритового состава и эффузивно-осадочной уинской свиты. В Кураминском хребте в известняках нижнего карбона встречаются лишь незначительные прослои эффузивно-осадочных образований, условно относимых некоторыми исследователями к уинской свите.

Какой-либо эндогенной минерализации, связанной с добатолитовым этапом, не наблюдается. Предположительно к этому периоду относят накопление осадочного свинца в девонских известняках некоторых районов Кураминской подзоны (Калканатинский и Сумсарский районы).

В горах Калканата свинцовая минерализация приурочена к одному определенному горизонту доломитов верхнего девона с обильными органическими остатками амфипор. Свинцовое оруденение в этом горизонте прослеживается на 14 *км*. Оно представлено неравномерной вкрапленностью и мельчайшими прожилкообразными выделениями галенита, концентрирующегося часто вблизи органических остатков. Кроме галенита, из рудных минералов встречаются редкие зерна пирита, халькопирита, а из вторичных — церуссит и редко — ковеллин. Нерудные минералы представлены доломитом, кальцитом, редкими зернами кварца.

Содержание свинца в рудоносных пластах колеблется в пределах от 0,01 до 1% (единичные пробы). Общие масштабы оруденения не выяснены. Предварительно разведаны отдельные участки указанной полосы (Курусай, Джарбулак, Тегене, Тамчисай).

Детально исследовали свинцовую минерализацию гор Калканата Н. Низаметдинходжаев и Е. Л. Абрамович, которая считала вначале эту минерализацию гидротермаль-

ной. Однако в конце концов оба исследователя пришли к единому мнению об ее осадочном происхождении (1957).

Об осадочном или осадочно-диагенетическом генезисе свинцовых руд Қалканата, помимо четкой приуроченности к определенному горизонту, свидетельствуют также результаты изотопических исследований А. И. Тугаринова, указывающие на наличие свинца девонского возраста в Кураминском районе, и замеры температур образования калканатинских свинцовых руд, по образцам Кураминской партии (Е. В. Рожкова). Согласно этим данным температура образования галенитов гор Қалканата около ста градусов.

Оруденелый горизонт живетских известняков, прослеживающийся на большом расстоянии, также обнаружен в бассейнах рр. Гава, Сумсар и Қассан. В пределах этого горизонта выявлены отдельные обогащенные участки. Рудные минералы в них представлены галенитом, сфалеритом и реже — халькопиритом; нерудные — карбонатом, кварцем, баритом.

Специальных работ по выяснению генезиса описываемых месторождений не проводилось. А. С. Макаров и М. Г. Калабина склонны считать их осадочно диагенетическими. Но относить их к этому типу можно с меньшей уверенностью, чем калканатинские. Скорее всего в этом районе минерализация как осадочного, так и гидротермального генезиса.

Интересны некоторые особенности образования рудоносных доломитов. По данным Е. Л. Абрамович (1917), калканатинские рудоносные доломиты отличает отсутствие терригенной примеси и повышенное количество органических остатков. Подобные отложения характерны для участков впадин в пределах мелководного шельфа, существовавшего преимущественно в Кураминской подзоне, в то время как в значительной части Чаткальской господствовал более глубоководный бассейн. Однако и здесь в отдельные периоды возникали местные поднятия, образующие мелководные участки, которые могли быть благоприятными для накопления осадочного свинца.

Следует указать на отмеченное Ф. Ш. Раджабовым накопление целестина в аркозовых песчаниках, залегающих в основании битуминозных известняков верхнего девона в бассейне р. Сокак. Ф. Ш. Раджабов считает, что присутствие песчаников с целестиновым цементом и постепенный переход их в мощную толщу битуминозных известняков в верхах разреза свидетельствуют о нефтеносности этих отложений в геологическом прошлом.

Батолитовый этап (от низов среднего до верхнего карбона включительно) характеризуется интенсивными горообразовательными движениями, поверхностным вулканизмом и мощной интрузивной деятельностью.

В Чаткальской подзоне в описываемое время возникает крупное антиклинальное поднятие, а Кураминская оформляется как краевой подвижной прогиб со своеобразным и неустойчивым режимом. Здесь исключительно интенсивно проявилась вулканическая деятельность, приведшая к накоплению мощных эффузивно-осадочных свит (минбулакская, акчинская, сарысиюнская, оясайская) и образованию крупных интрузивных массивов. Также интенсивно и полно проявились в Кураминской подзоне и последующие этапы развития магматизма (малых интрузий и дайковый).

В Чаткальской подзоне очень широко развиты батолитовые интрузии и исключительно слабо представлены эффузивная фация и магматические проявления последующих этапов.

Интрузивная деятельность батолитового этапа в Чаткало-Кураминском районе характеризуется широким развитием закономерного ряда гранитоидных пород — от гранодиоритов Карамазарского батолита, диоритов, кварцевых диоритов и сиенитов до гранитов арашанского, шайданского типов и, наконец, аляскитоидных гранитов и гранофиров Аузикента и Ташбулака.

По морфологии — это преимущественно крупные батолитообразные и штокообразные тела, приуроченные главным образом к антиклинальным структурам. Благодаря значительным объемам внедрение их сопровождалось интенсивным прогревом кровли и широким развитием процессов ассимиляции, в большой мере повлиявших на закономерную смену кислотности гранитоидного ряда. Обогащение магмы летучими при поглощении карбонатного материала способствовало раннему выделению растворов, что в сочетании с большим прогревом обеспечило возникновение скарново-рудных месторождений.

С другой стороны, крупные гранитные интрузии благоприятствовали образованию грейзено-рудной, пегматито-рудной и кварцево-грейзено-серицито-рудной формаций.

Пегматитовая формация развита главным образом в Чаткальской подзоне. Наиболее значительные пегматитовые образования известны в Майдантальском и Баркракском массивах, представляющих собой батолитоподобные тела, достигающие нескольких сот квадратных километров.

Пегматиты приурочены главным образом к эндоконтактовым и апикальным частям массивов. Они образуют отдельные пегматитовые поля — Анаульганское, Аюторское, Шамтерское, Ойгаингское и др.

По данным А. С. Поваренных (1955), пегматиты (жильные, миаролитовые и шлировые) приурочены к контракционным трещинам и полостям.

Характерной особенностью чаткальских пегматитов является их хрусталеносность, присутствие в них флюорита и редкометальной минерализации (Be, Mo, Sn и др.).

В Кураминском хребте хрусталеносные пегматиты известны в Чаркассарском интрузиве.

Среди скарново-рудных формаций преобладают скарново-магнетитовая и скарново-редкометальная.

Скарново-магнетитовая формация в Чаткало-Кураминском районе представлена рядом небольших месторождений (Сусинген, Минбулак, Сюреньата, Аткулак, Туранглы, Чокадамбулак), а также многочисленными мелкими рудопроявлениями. Возраст магнетитовых месторождений до сих пор является спорным.

Пространственно магнетитовые месторождения связаны с интрузиями батолитового этапа, располагаются непосредственно на контакте их с известняками. Так, Сусингенское месторождение расположено на контакте Верхнеугамского интрузива с известняками среднего карбона. Месторождение Сюреньата приурочено к гранодиоритовому штоку, прорывающему известняки нижнего карбона и условно параллелизуемому с гранодиоритами карамазарского или кызылсайского типов. В Аткулаке скарново-магнетитовые тела находятся на непосредственном контакте Карамазарского батолита с известняками. Месторождение Туранглы условно приурочено к контакту штока сиенит-диоритов предшурабсайского возраста (во всяком случае они древнее малых порфировых интрузий). В Чокадамбулаке скарны с магнетитом находятся в контакте известняков с карамазарскими гранодиоритами. В Моголтау скарново-магнетитовые тела связаны с контактом Музбекского гранодиоритового массива, параллелизуемого с Карамазарским батолитом. Все это относится и к многочисленным мелким скарново-магнетитовым проявлениям, которые, как правило, располагаются на контакте с интрузиями батолитового этапа.

Пространственная связь скарново-рудных формаций, особенно таких высокотемпературных, как скарново-магнетитовая, обычно является и генетической. Имеются еще косвенные данные, подтверждающие наличие такой связи. Так,

скарны с магнетитовым оруденением, связанные с интрузиями батолитового этапа, являются гранатовыми (главным образом андрадитовыми), а в более поздних скарнах с полиметаллами широко развиты пироксены (салит) и пироксеноиды (бустамит, родонит). Мощные андрадитовые скарны встречаются и без магнетита в горах Сюреньата.

Скарны батолитового этапа с редкоземельной минерализацией также отличаются высокотемпературным комплексом минералов. Здесь преобладают волластонит, гранат, везувиан.

Интересны данные И. М. Мирходжиева и А. Каххарова о балансе вещества при процессах скарнообразования в скарново-магнетитовых и скарново-полиметаллических месторождениях.

Изучение скарново-магнетитовых месторождений выявило здесь развитие нормального биметасоматического процесса с характерным взаимным обменом компонентов между силикатной и карбонатной породами. В скарново-полиметаллических месторождениях в большинстве случаев биметасоматоз, даже в контактовых залежах, отсутствует. Аналогичные результаты получены Г. А. Осиповой в Ташбулаке. Все это свидетельствует о различной физико-химической обстановке образования скарново-магнетитовых и скарново-полиметаллических месторождений. Условия становления интрузий батолитового этапа (интенсивный прогрев и т. п.) более способствовали развитию биметасоматического процесса. Отмечается и различное содержание малых элементов в рудных минералах тех и других; в частности отсутствие сурьмы в галенитах скарново-магнетитовых руд косвенно указывает на различие их генезиса и, возможно, на разные источники.

Убедительно доказывают возрастное положение скарнов с магнетитами взаимоотношения их с магматическими образованиями. А. Каххаров (1958) в своих материалах приводит интересный случай пересечения скарново-магнетитовых залежей на месторождении Аткулак дайкой гранит-порфира.

На участке пересечения наблюдается интенсивная метаморфизация руд, выразившаяся в процессе мушкетовитизации. Его интенсивность по мере удаления от контакта дайки убывает. Так, если в контакте с дайкой пластинчатые кристаллы гематита полностью замещены магнетитом, то с удалением от контакта замещение выражено все слабее и слабее и в пределах 5—6 *м* наблюдается совершенно свежий гематит.

Наличие в дайках диабазовых порфиритов ксенолитов скарнов с магнетитом, а также другие факты свидетельствуют

о додиабазовом возрасте скарново-магнетитовых образований.

Достаточных данных для выяснения вопроса о связи скарново-магнетитовой минерализации с конкретными интрузиями батолитового этапа нет. Скарны с магнетитом обнаруживаются в контакте карамазарских гранодиоритов (Аткулак, Чокадамбулак), более поздних сиенит-диоритов (Туранглы) и, наконец, самых поздних — аляскитовых гранофиров (Ташбулак). По всей вероятности, магнетитовые скарны могут быть разновозрастными, что подтверждается их различным вещественным составом. Так, детально изученные А. Каххаровым и И. М. Мирходжиевым скарны с магнетитом на контакте с гранофировым штоком Ташбулака отличаются резко повышенным содержанием постмагматического калиевого полевого шпата, присутствием щелочной роговой обманки и большого количества флюорита, в отдельных участках являющегося породообразующим минералом. Скарны же, связанные с гранодиоритами и диоритами, имеют обычно гранато-амфиболовый или гранато-амфиболо-пироксеновый состав. Все-таки главная масса скарново-магнетитовых образований района, видимо, обусловлена более ранними гранитоидными интрузиями батолитового этапа, обладающими повышенной основностью.

Относя скарново-магнетитовые месторождения Чаткало-Кураминского района к батолитовому этапу, авторы далеки от мысли связывать абсолютно всю магнетитовую минерализацию именно с этим этапом. Бесспорно, магнетит может формироваться и в более поздних этапах, например, вместе со скарново-полиметаллическими образованиями, однако там он, как правило, не дает значительных концентраций. С другой стороны, следует учитывать возможность наложения полиметаллической минерализации в отдельных участках на более раннюю скарново-магнетитовую в районах развития различных интрузивных фаз. Так, в Курбанкульском месторождении скарны с магнетитом, расположенные на контакте с карамазарскими гранодиоритами, вмещают развивающуюся по трещинкам свинцово-цинковую минерализацию. Геохимическая характеристика галенита, в частности присутствие в нем сурьмы, свидетельствует о принадлежности его к скарново-полиметаллическому комплексу. На полиметаллических месторождениях Кичиксай и Ташбулак по мере приближения к карамазарским гранодиоритам резко возрастает количество магнетита, однако достоверных данных для отнесения его именно к батолитовому этапу у нас нет.

Скарново-редкометальная формация в Чат-

кало-Кураминском районе представлена скарново-шеелитовыми, скарново-молибденитовыми, касситеритовыми и другими месторождениями и рудопроявлениями.

Наиболее вероятно отнесение к батолитовому этапу скарново-редкометальной минерализации в Чаткальской подзоне, где в незначительной степени развиты малые интрузии. В Кураминской же настолько тесно переплетаются магматические и постмагматические образования различных этапов, что восстановить истинную картину формирования месторождений подчас невозможно.

В Чаткальской подзоне скарны с редкометальной минерализацией известны в контакте многих крупных интрузивных массивов, возраст которых определяется как верхнекарбоновый. Так, Чимганское скарново-молибденовое месторождение расположено на контакте Чимганского массива; скарны с бериллием, молибденом, вольфрамом — в контактовой зоне Баркракского интрузива. Известны скарново-рудные проявления на контакте с Майдантальским, Ихначским, Чаткальским и другими интрузивами.

Согласно последним сводкам Чимганский, Баркракский и Майдантальский массивы являются существенно гранитовыми, Ихначский и Чаткальский—гранодиоритовыми. В детальных работах по Ойгаингскому участку Баркракского массива (П. И. Салов, К. Л. Бабаев и др.) отмечено сложное строение интрузивов. В Баркракском массиве выявлены относительно более ранние, серые, и поздние, красные (розовые), граниты и, наконец, дайки аляскитов. Обращает на себя внимание приуроченность скарново-редкометальной минерализации к гранитным интрузивам. По данным этих исследователей, скарново-редкометальная минерализация в Ойгаинге накладывается на молодые красные граниты (шайданские). Подобное явление наблюдается и на Чимганском месторождении (М. Г. Калабина).

На контакте с гранодиоритовыми массивами характер минерализации несколько иной. В контакте Ихначского массива известна скарново-магнетитовая минерализация. С его сателлитом связано скарново-полиметаллическое месторождение Мискан, а в экзоконтакте выявлена золоторудная минерализация. Отмечено также наличие скарново-полиметаллической минерализации в контакте Чаткальского гранодиоритового массива (Найзатугайское проявление).

По минералогическому составу скарны с редкометальной минерализацией преимущественно гранатовые и гранатово-пироксеновые. Характерно присутствие, а в отдельных участках и широкое развитие таких высокотемпературных минера-

лов, как волластонит и везувиан, особенно на Чимганском месторождении, где встречаются мономинеральные везувиановые скарны.

Рудные минералы в скарнах представлены молибденитом, касситеритом, шеелитом, магнетитом, арсенопиритом, пиритом, халькопиритом, висмутином, гельвином. В отдельных случаях встречается галенит и сфалерит, часто — флюорит. Напомним, что и в Кураминском хребте скарны на контакте с аляскитами батолитового этапа сопровождаются флюоритом (Северо-Ташбулакское скарново-магнетитовое проявление).

В Кураминской подзоне из скарново-редкометальных образований наиболее интересно скарново-шеелитовое, представленное крупнейшим месторождением Чорух-Дайрон (Моголтау) и несколькими близлежащими мелкими точками — Южный Ингырчак, Ингырчак (с магнетитом и висмутом).

Кроме того, скарново-шеелитовая минерализация известна в горах Калканата (Калкансайское, Шахарбулакское, Курусайское рудопроявления), где гранатовые и гранатово-пироксеновые скарны с шеелитом приурочены к контакту небольших штоков кварцевых диоритов с известняками верхнего девона. Морфология интрузий, состав и структура их пород, а также отсутствие здесь более молодых интрузивных образований позволяют с большой вероятностью отнести скарново-шеелитовую минерализацию к батолитовому этапу.

Сложнее обстоит дело со скарново-шеелитовыми месторождениями Моголтау.

Большинство исследователей, учитывая наложение скарново-редкометальной минерализации на порфировые интрузии, а также широко развитый в Чорух-Дайроне процесс альбитизации, накладывающийся и на самые молодые (?) магматические породы района (гранит-аплиты и аплиты), считают, что скарново-шеелитовые месторождения Моголтау моложе порфировых малых интрузий. Однако достаточных аргументированных данных для того пока нет. В Западном Узбекистане (в Зирабулакских, Нуратинских, Каратюбинских горах) крупнейшие в Советском Союзе скарново-шеелитовые месторождения связаны с интрузиями батолитового этапа. То же, как правило, отмечается и в других районах Советского Союза. Возможно, истинное положение в Моголтау маскируется наложением друг на друга нескольких фаз минералообразования.

Грейзеново-рудная (или кварцево-грейзеново-серицитовая) формация, как и пегматитовая, свойственна глав-

ным образом крупным гранитным интрузиям Чаткальской подзоны.

Грейзеново-рудные образования известны в Баркракском, Майдантальском, Манасском и других массивах. Это обычно небольшого размера трещинные жилы и зоны, приуроченные преимущественно к эндоконтактовой части интрузий.

Рудные минералы в них представлены касситеритом, молибденитом, вольфрамитом, бериллом, арсенопиритом и др.; характерно присутствие флюорита и иногда топаза.

По данным П. И. Салова и К. Л. Бабаева (1955), грейзеновые образования в Баркракском массиве (Ойгаингское рудное поле) связаны с теми же поздними красными гранитами, что пегматиты и скарны. Это в известной мере подтверждается одним и тем же комплексом редкометальной минерализации и наличием флюорита. Последовательность их образования следующая.

Пегматиты, судя по скарнированным пегматитам,—доскарнового возраста. Кварцево-грейзеновые жилы всюду отчетливо секут и скарны, и пегматиты. Основная масса рудоносных кварцево-грейзеновых жил, по мнению П. И. Салова, образовалась в результате грейзенизации пегматитов.

Кроме собственно грейзеновой, развита и высокотемпературная кварцево-рудная (молибденитовая, вольфрамитовая, шеелитовая, арсенопиритовая, золоторудная) формация, сопровождающаяся грейзенизацией или, частично, серицитизацией и окварцеванием вмещающих пород (Чаткальская подзона, Чепташское и Чаватинское месторождения). Обычно эти жилообразные тела или штокверки расположены главным образом в эндоконтактовой или апикальной части штоков верхнекарбоновых интрузий. По своему генезису — это обычные образования интрузивных зон (по Х. М. Абдуллаеву). С батолитовым этапом, вероятно, связано и возникновение пиритизированных зон и кварцевых жил с золотом и арсенопиритом в сланцевой свите в экзоконтакте Ихначского интрузива.

Низкотемпературная минерализация данного этапа представлена в Чаткальской подзоне кварцево-карбонатными и карбонатно-флюоритовыми жилами. Их следует рассматривать как «концы» высокотемпературной минерализации.

В Кураминском хребте грейзеново-рудные образования менее развиты. Однако некоторые высокотемпературные кварцево-рудные жилы, сопровождающиеся грейзеновыми оторочками и локализующиеся в кислых гранитных интрузиях, следует, видимо отнести к батолитовому этапу. Например, квар-

цевые жилы с магнетитом, вольфрамитом, гематитом, пиритом, арсенопиритом, халькопиритом, сфалеритом и галенитом в шайданских гранитах, сопровождающиеся грейзеновыми оторочками (Аштское месторождение).

Металлогения этапа малых интрузий и дайкового этапа

Этап малых интрузий и дайковый этап характеризуются затуханием складчатых форм движения, возникновением крупных дизъюнктивных нарушений, бурным проявлением поверхностного и глубинного магматизма и исключительно интенсивным и продуктивным рудным процессом.

Описываемые этапы развития региона максимально проявились в Кураминской подзоне. Чаткальская подзона с ранее возникшим антиклинорием находилась в состоянии относительного покоя.

Магматическая деятельность послебатолитового этапа знаменует качественно новый период в развитии магматического очага. После внедрения кислых аляскитоидных интрузий батолитового этапа возникает серия новых магматических пород от относительно основных диоритов, сиенитдиоритов до ультракислых и щелочных интрузий.

В это время происходит внедрение многочисленных небольших интрузивных тел с характерной порфировой структурой. По своему составу — это диоритовые порфириты, гранодиорит-порфиры, гранит-порфиры (I и II) и кварцевые порфиры. Некоторые исследователи относят сюда и лампрофиры (Ташбулак), хотя их генезис до сих пор не ясен.

В отличие от батолитового этапа малые интрузии обладали значительно меньшими размерами и запасом тепла. Они продвигались, используя в значительной степени возникшие к этому времени зоны и участки дизъюнктивных нарушений, причем происходили, вероятно, некоторая ассимиляция и прогрев вмещающих пород.

Малые интрузии обычно отличаются преобладанием штокообразных и дайкообразных форм. Последние присущи, как правило, лишь верхним частям разрезов. С глубиной почти повсеместно дайкообразные тела малых интрузий расширяются, а в отдельных участках (район Кумышкана) отчетливо сливаются на глубине в единый шток.

Благодаря значительной роли дизъюнктивных нарушений в локализации малых интрузий распределение их очень неравномерно. В ослабленных зонах вокруг «древних» батолитовых массивов (Карамазарский и др.), служивших жестким

упором при последующих тектонических движениях, сосредоточено большое количество малых интрузий и рудных месторождений (Сардоб, Ташгезе, Алтын-Топкан, Чалата, Ташбулак, Курусай, Джангалык). В других случаях малые интрузии концентрируются вдоль зон разломов (Баштавакского и др.). Такие секущие зоны наблюдаются и в теле Карамазарского батолита.

Намечается определенная закономерность и в размещении различных фаз малых интрузий: магматический процесс как бы скользит с юга на север, влияя в известной мере и на развитие скарнового. Так, в юго-западной части Кураминской подзоны (район Курусая, Ташбулака) преобладают более ранние диорит-порфириты, сиенит-диорит-порфириты, гранодиорит-порфиры, а в северо-восточной части, на правобережье Ахангарана (район Музбеля и Паркента), — гранит-порфиры и кварцевые порфиры — поздние малые интрузии кислого состава.

Дайковый этап знаменует завершение магматического цикла: по зонам разлома внедряются многочисленные дайки диабазовых порфиритов, кварцевых порфиров, кварцевых сиенит-порфиров, гранофиров и фельзитов.

Размещение даек четко контролируется зонами разломов, поэтому часто встречаются хорошо выраженные, линейно вытянутые дайковые пояса.

Металлогения послебатолитового этапа многообразна и исключительно продуктивна. В это время образуются крупнейшие полиметаллические, флюоритовые и медные месторождения, а также золоторудная, молибденовая и некоторая редкометальная минерализации. Преобладают скарново-рудная (полиметаллическая) минерализация и различные гидротермальные жильные, преимущественно средне- и низкотемпературные образования.

Интересна характеристика практически наиболее важной и наиболее детально изученной нами скарново-полиметаллической минерализации. Жильная полиметаллическая и флюоритовая минерализации освещены в основном в следующих разделах.

Скарново-полиметаллическая формация по масштабам выгодно отличается от всех генетических типов полиметаллических месторождений Кураминской подзоны.

Пространственное размещение скарново-полиметаллических месторождений контролируется целым рядом факторов. Наиболее важно наличие малых интрузий и карбонатных пород.

Последний фактор для Кураминской подзоны далеко не формален — более 80% площади занято магматическими образованиями; известняки обнажаются здесь в виде отдельных разобщенных гряд.

В пределах отдельных гряд свинцово-цинковая минерализация обычно дает целую группу месторождений, создавая крупные рудные поля, кусты или зоны. Так, в Алтын-Топканской гряде известняков в зоне северного контакта Карамазарского батолита, от степной полосы на западе до сплошного поля гранитоидных пород на востоке, располагается рудная зона (длина 20 *км* и ширина 2—3 *км*). Она представлена прерывистой серией рудных участков—Ташбулак, Чашлы, Курбанкул, Кичиксай, Перевальное, Мышиккол, Чалата, Учкатлы, Алтын-Топкан, Андабай и Ташгезе. В гряде Окуртау находится Кансайская группа, включающая около десятка крупных месторождений (Дарбаза, Акташ, Кархана и др.) и несколько десятков мелких рудных точек. В гряде Акчагаль расположено Курусайское рудное поле с месторождениями Курусай, Тутлы, Орлиная горка и др. В Джангалыкской гряде находится одноименная группа месторождений.

Вторым важным фактором, контролирующим распределение скарново-полиметаллической минерализации в районе, является наличие малых порфировых интрузий. Поэтому подобные месторождения широко развиты на Кураминской подзоне и почти не известны в Чаткальской, несмотря на широчайшие поля известняков.

В Кураминской подзоне скарны с полиметаллами приурочены к контакту малых интрузий различного состава. Большая часть их связана с относительно более ранними интрузиями, отвечающими по составу лампрофирам (Ташбулак), диорит-порфиритам (Курусай), сиенит-порфирам (Кансай), гранодиорит-порфирам (Ташбулак, Чалата, Кичиксай, Мышиккол, Кансай и др.). Однако встречаются скарново-полиметаллические образования и на контакте более поздних малых интрузий кислого состава. Это особенно характерно для северо-восточной части подзоны.

Связь скарново-полиметаллической минерализации с различными по составу малыми интрузиями наблюдается и в пределах одного рудного поля. Так, в рудной зоне Алтын-Топканской гряды на западном фланге в интервале месторождений Ташбулак — Чалата мощные зоны скарнов с полиметаллами развиваются только вдоль контакта лампрофиров и гранодиорит-порфиров. Более молодые — гранит-порфиры I Чалата — сопровождаются маломощными и прерывистыми скарновыми оторочками. Еще меньше скарнируются гранит-

порфиры II. Более того, на месторождении Мышиккол скарново-рудные зоны секутся фельзитовыми дайками.

Вместе с тем на восточном фланге всей рудной зоны (Алтын-Топкан, Ташгезе) скарново-полиметаллическое оруденение приурочено и к гранит-порфирам.

Эти особенности отмечаются и в региональном масштабе. Так, в юго-западной части Кураминской подзоны (район Курусай, Ташбулак), где преобладают лампрофиры, диорит-порфириты, гранодиорит-порфириты, сиенит-диорит-порфириты, скарнообразование главным образом ассоциирует с основными породами, а в северо-восточной части, на правобережье Ахангарана, где преобладают малые интрузии кислого состава (гранит-порфиры, кварцевые порфиры), — с кислыми. Так, месторождение Кумышкан, расположенное в районе Паркента, связано с контактовой зоной штока кварцевого порфира.

Скарново-полиметаллическая минерализация юго-западной и северо-восточной частей Кураминской подзоны существенно отличается и по вещественному составу.

Стратиграфическое положение скарново-полиметаллических месторождений ограничивается в основном интервалом Д—С.

В известняках среднего девона отмечается относительно небольшая скарново-полиметаллическая минерализация (Ташбулак). Главная же масса скарнов с полиметаллами приурочена к верхнему девону и нижнему карбону. Работы, проведенные Кураминской партией по стратиграфо-литологическому расчленению карбонатных толщ Чаткало-Кураминского района и выяснению положения полиметаллической минерализации, а также материалы других исследователей показывают значительную продуктивность известняков карбона. В них локализуются месторождения Кумышкан, Учкатлы, Мышиккол, Западный Джангалык, Курусай I и др.

В известняках девона, обладающих в силу специфики их образования пестрым составом с чередованием глинистых, доломитовых и песчано-глинистых прослоев, особенно мощные скарново-рудные зоны наблюдаются в калькаратовом и мергелистом горизонтах (франский и фаменский ярусы). Большая мощность скарновых зон здесь в известной мере определяется карбонатно-глинистым составом известняков («скарноиды» Д. С. Коржинского).

Интересно отсутствие скарнирования чисто доломитовых горизонтов в Чалатинском рудном поле. В местах пересечения «продуктивными» дайками гранодиорит-порфиров доломитовых горизонтов (малый и большой «искристые») обна-

ружена лишь относительно низкотемпературная серпентиновая минерализация. В. А. Жариков отмечал отсутствие скарнов на контакте гранодиорит-порфиров и гранит-порфиров с доломитами и в других районах Кураминского хребта.

Наряду с этим отчетливо проявляется положительная роль доломита в осаждении руд — очень часто свинцово-цинковая минерализация ассоциирует с участками развития вторичного доломита. Это, как установлено нашими и другими исследованиями, характерно для Чалатинских и некоторых других месторождений.

В известняках карбона, по имеющимся пока еще предварительным данным, скарново-полиметаллическая минерализация наиболее часто концентрируется в нижних горизонтах «массивных известняков» (Кумышкан, Западный Джангалык и др.). Это, возможно, вызвано относительно плохой проницаемостью вышележащих тонкослоистых известняков первого кремнистого горизонта, играющих роль своеобразного экрана. В Кумышкане горизонт массивных известняков отличается мощной брекчией и значительным участием доломитового материала.

Скарново-полиметаллические месторождения Кураминского хребта могут быть разделены на следующие типы: контактовые залежи, секущие трубчатые и жилообразные тела в известняках и скарноиды.

Контактовые залежи объединяют: 1) пластообразные, линзообразные и иногда столбообразные тела с раздувами и пережимами на контакте верхнепалеозойских малых интрузий с известняками;

2) пластообразные и линзообразные тела на контакте с интрузиями батолитового этапа;

3) пластообразные и главным образом неправильные линзообразные с раздувами и пережимами тела на контакте верхнепалеозойских эффузивов и известняков.

Наибольшее значение имеет первый тип скарново-рудных образований, к которым относится большинство скарново-рудных тел почти всех наиболее крупных месторождений. Как правило, они обладают и наибольшим масштабом, особенно по вертикали. Сейчас известны скарново-рудные тела, разведанные на глубину 1000 *м*. Однако имеются месторождения с большим числом неглубоких, относительно небольших тел (Кумышкан).

Пластообразные и линзообразные тела на контакте с интрузиями батолитового этапа характерны для полиметаллического оруденения, накладывающегося на скарново-магнетитовое (Курбанкул и др.).

Скарново-полиметаллические образования на контакте эффузивов и известняков, а также скарново-рудные тела на контакте с дайками, но скрытые под общим покровом эффузивов, широко развиты на месторождениях Мышиккол и Учкатлы. Причем в верхнепалеозойских эффузивах над скарново-рудными телами развиваются зоны изменений серицитизации, хлоритизации, альбитизации и карбонатизации. Выделено несколько типов таких зон. Характер их в известной степени определяется дифференциальной подвижностью компонентов. Зоны эпидотизации с мусковитом и альбитом свидетельствуют об относительно неглубоком, а зоны развития серицита, хлорита — о глубоком (до 700 *м*) залегании скарново-рудных тел. Спектральными анализами в этих зонах установлены десятые и сотые доли процента свинца и цинка.

Выявленные отдельные петрологические закономерности, результаты изучения структуры отдельных рудных полей, а также опыт работы Кураминской партии по выяснению перспектив пока единственного в Карамазаре месторождения погребенного типа (Мышиккол) говорят о возможном весьма широком развитии оруденения в известняках, погребенных под вулканогенными породами. Для Кураминской подзоны с широким распространением вулканогенных пород это имеет особое значение. Основная задача при оценке площади в данном случае заключается в выявлении участков вулканогенных пород, под которыми могут находиться известняки. В таких участках необходимо выделить зоны развития малых интрузий, а также зоны гидротермального изменения.

О присутствии известняков под вулканогенными породами в пределах прогнозируемых площадей свидетельствуют:

а) отдельные «окна» известняков среди сплошных покровов вулканогенных пород; на Мышиккольском месторождении они обычно представляют повышенные участки древнего рельефа известняков или своды мелких антиклиналей;

б) «затащенные» пакеты известняков среди вулканогенных пород в зоне разломов;

в) в особенности гидротермально измененных зон в вулканогенных породах.

При перспективных оценках площадей, скрытых под эффузивами, целесообразно построение структурных карт древнего рельефа известняков. На них наносятся и основные закономерности локализации руд.

Такая работа, проведенная В. А. Вороничем на Мышиккольском рудном поле*, позволила составить прогнозную

* Условное название северной части Чалатинской группы месторождений, занимающей площадь около 20 *км*^{2}.

карту с наиболее вероятными участками оруденения и определить общие перспективные запасы свинца.

Скарново-полиметаллические тела в известняках развиты на месторождениях Кансайской группы, в Северном Алтын-Топкане, частично— Курусае, Джангалыке и др. Наиболее крупные тела имеют трубообразную ветвящуюся форму, обусловленную трещинной тектоникой. Обычно по падению они переходят в контактовые тела, фактически являясь их ответвлениями.

«Скарноиды» образованы за счет глинистых известняков, широко распространены на многих месторождениях, локализованных в известняках девона. Часто такие тела непосредственно переходят в контактовые, обусловливая исключительно большие мощности скарново-рудных тел.

Скарново-полиметаллические месторождения Кураминской подзоны характеризуются большим разнообразием минералогического состава.

Важной отличительной особенностью высокотемпературного «скарнового» комплекса минералов скарново-полиметаллической формации является широкое развитие пироксена ряда диопсид-геденбергит с преобладанием преимущественно диопсидовой молекулы. Относительно более железистые пироксены приурочены обычно лишь к трубчатым скарновым телам в известняках.

Обычны марганцевые минералы: марганцовистый пироксен (шефферит), а также бустомит и родомит, присутствует цинкосодержащая разность пироксенов (джефферсонит). Гранаты (гроссуляр, андрадит) преимущественно аномальные, в значительно большей мере распространены, чем в скарнах с магнетитом, хотя в отдельных участках образуют почти мономинеральные породы. Весьма редко встречаются высокотемпературные минералы — волластонит, везувиан, тогда как в скарнах батолитового этапа они широко развиты (Чимган, Майдантал-Баркракская группа).

Еще более низкими температурами отличается скарновая минерализация с полиметаллами в северо-восточной части подзоны на правобережье Ахангарана (месторождения Кумышкан, Кульпаксай). Здесь в рудных зонах из «скарновых» минералов преобладает амфибол-актинолит-тремолитового ряда, много хлорита, иногда встречается серпентин и лишь в виде редких единичных зерен — гранат и пироксен.

Рудный процесс носит иной характер. Так, руды Кумышкана преимущественно галенитовые; в юго-западной части Кураминской подзоны в большинстве скарново-полиметалли-

ческих рудопроявлений обычны примерно равные количества сфалерита и галенита.

Исследованием баланса вещества при процессах скарнообразования установлено, что двусторонний обмен компонентами в большинстве скарновых, даже контактовых, тел не наблюдается, так как кремнезем не выносится из гранитоидной породы. Видимо, условия скарнообразования в разных этапах (малых интрузий и батолитовый) различны.

Изложенное позволяет наметить некоторые генетические особенности скарново-полиметаллических образований Кураминской подзоны.

1. Скарново-полиметаллическая минерализация пространственно и парагенетически тесно связана с малыми интрузиями (единый источник). Последние обеспечивали необходимый для скарнообразования прогрев кровли, а плоскости их контактов с вмещающими породами служили удобными выводными каналами.

2. Скарново-рудный процесс, как и процесс внедрения малых интрузий, не протекал одновременно по всей Кураминской подзоне. Скольжению магматического процесса (с юго-запада на север- северо-восток) отвечало и скольжение скарново-рудного процесса.

В юго-западной части района основная масса скарнов, вероятно, возникла до внедрения наиболее поздних кислых пород малых интрузий. Допустима возможность и нескольких генераций скарнов.

3. По своему характеру скарны с полиметаллами этапа малых интрузий более низкотемпературны, чем скарны с магнетитовым и редкометальным оруденением батолитового этапа. Это объясняется различной глубиной источника и меньшей способностью прогрева малыми интрузиями.

Относительная низкотемпературность первых скарнов подтверждается минералогическим комплексом, отсутствием, как правило, магнезиальных скарнов при пересечении доломитовых горизонтов порфировыми породами* и слабым развитием биметасоматических процессов.

Кроме скарново-полиметаллической формации, для послебатолитовых этапов наиболее характерны кварцево-полиметаллическая, медно-молибдено-золоторудная (медно-порфировая) и кварц-барит-флюоритовая с полиметаллами и без них.

Кварцево-полиметаллическая формация

---

* Исключение составляют лишь интрузии диорит- и сиенит-диорит-порфиров, генезис их пока еще не ясен.

представлена многими месторождениями и рудопроявлениями, расположенными преимущественно в магматических и частью осадочных комплексах от силурийских сланцев (частично Сардоб) до эффузивов кызылнуринской свиты. Большая часть месторождений локализуется в Карамазарском батолите (Гудас, Канджольская группа) и акташском вулканогенном комплексе (Лашкерекская, Канимансурская группы и др.).

Встречаются кварцево-полиметаллические образования в карбонатных породах (Западное Такели, Среднее Такели).

Размещение месторождений кварцево-полиметаллической и других кварцево-рудных формаций контролируется дизъюнктивной тектоникой. Они связаны с молодыми или обновленными герцинскими разломами и их оперениями — главными локализаторами руд. Однако до сих пор не установлено, какие именно разломы являются главными контролирующими структурами в Кураминской подзоне.

Правда, в некоторых работах, посвященных в основном относительно небольшим участкам районов, обосновывается рудоконтролирующая роль отдельных разломов, однако стройной и общепринятой схемы до сих пор нет.

Важный вопрос о рудоконтролирующих структурах в Кураминской подзоне может быть разрешен лишь после создания структурной карты района не только с подробной классификацией разрывных структур по их возрасту, типу, но и с детальной характеристикой их вещественного состава, в частности, минерализацией изменений вмещающих пород. Такие исследования в Кураминской подзоне уже ведут отдельные коллективы, в частности, работники Кураминской партии и Северо-Таджикской тематической экспедиции.

Месторождения кварцево-полиметаллической формации обычно представляют собой трещинные жилы (Гудас, Наугарзан) или сложные зоны со штокверковым распределением руд, преимущественно в эффузивах (Чукур-Джилга), иногда — межформационные рудные залежи (Лашкерек) или трубообразные рудные тела (Западное и Среднее Такели) в известняках.

Минералогия кварцево-полиметаллических образований намного проще скарново-полиметаллических, так как в них отсутствует наиболее высокотемпературный комплекс. Однако здесь встречаются разнообразные комплексы минералов, позволяющие выделить ряд рудных формаций: кварцево-арсенопиритово-полиметаллическую (группа Такели), кварцево-галенито-гематитовую (Пангазская жила) и др. Однако классифицировать все жильные месторождения Кураминской

подзоны по такому формационному принципу не представляется возможным из-за недостаточной изученности их минералогии.

Детальное изучение малых элементов не подтверждает мнения об однотипном характере полиметаллической минерализации. Выявлена геохимическая обособленность некоторых месторождений (Чукур-Джилга — среди жильных, Мышикол — среди скарново-полиметаллических), на первый взгляд сходных с окружающими. К сожалению, часть материалов по минералогии этих месторождений еще обрабатывается. Нет достаточных данных о детальной вещественной характеристике вмещающих пород, структурах и т. д. Поэтому сейчас трудно говорить о причине геохимических различий. Пока лишь можно высказать предположение о возможном своеобразии рудогенерирующих очагов внутри единого застывшего магматического бассейна. Некоторая разновозрастность возникающих генерирующих очагов и различное положение их внутри магматического резервуара предопределили иной спектр элементов, поступающих в рудоносные растворы.

Нередко наблюдаются коренные отличия околорудных изменений кварцево-полиметаллических месторождений даже в пределах Восточного Карамазара. В Лашкереке, Кан-и-Мансуре околорудные изменения характерны для слабокислых растворов, в Чукур-Джилге — для слабощелочных. Интересно, что Чукур-Джилга занимает особое положение среди месторождений кварцево-сульфидной формации и по околорудным изменениям. Что касается генезиса месторождений кварцево-полиметаллической формации, то необходимо отметить, что часть из них (Сардоб, Перевальное) неразрывно связана со скарновыми и фактически является их гидротермальной рудной стадией, а другая (Восточный Карамазар) представляет, видимо, самостоятельное образование. Геохимическое родство сульфидов тех и других месторождений можно объяснить единым рудогенерирующим магматическим резервуаром.

Кварцево-баритово-флюоритовая формация представлена многочисленными жилами и жилообразными телами в различных магматических и осадочных породах. Размещение их контролируется в основном разломами. В то же время в некоторых случаях выявлена ее пространственная связь с наиболее поздними послебатолитовыми интрузиями повышенной щелочности (район Арашанского разлома). Обнаружены молодые дайки с повышенной щелочностью и в районе крупнейшего флюоритового месторождения Наугарзан. Возрастные взаимоотношения кварцево-баритово-

флюоритово-полиметаллической минерализации с этими дайками пока не совсем ясны. Однако в ряде случаев устанавливается совершенно отчетливо их последиабазовое происхождение. Диабазовые дайки секутся кварцево-баритово-флюоритовыми (с полиметаллами) жилами в Наугарзане, Агате, Чибаргате, баритовая жила прорывает диабазовую дайку в Туранглы. Таким образом, кварцево-барито-флюоритовые образования занимают в металлогенической схеме района несколько иное положение. Внедрение диабазовых даек разделяет скарново-полиметаллическую и баритово-флюоритово-полиметаллическую минерализацию, позволяя отнести последнюю к дайковому этапу.

Однако в целом нет оснований резко противопоставлять те и другие образования. Как скарново-полиметаллическая, так и баритово-флюоритово-полиметаллическая минерализация — проявления различных стадий развития единого магматического очага: скарново-полиметаллическая — ранних, а флюоритово-полиметаллическая — поздних. Флюоритово-полиметаллическая минерализация обусловлена деятельностью последних уже застывающих участков интрузивов, особенно обогащенных фтором и щелочами. Это подтверждается связью тех и других месторождений с различными интрузиями и их разной геохимической характеристикой. Кварцево-баритово-флюоритово-полиметаллическая формация отличается от других постмагматических образований повышенным содержанием галия и незначительным развитием малых элементов.

Помимо полиметаллической и флюоритовой, в Чаткало-Кураминском районе с послебатолитовыми этапами связаны значительная медная, золоторудная и молибденовая минерализации, локализующиеся преимущественно в магматических породах Кураминской подзоны. Эти минерализации мы не изучали.

Достаточных материалов для региональных обобщений пока нет и у других исследователей. Не выяснены основные закономерности размещения, взаимоотношения с другими рудными образованиями, генетические особенности и т. д.

По той же причине не дана здесь характеристика исключительно интересных региональных зон гидротермальных изменений («вторичных кварцитов»), широко развитых в Кураминской подзоне в различных магматических породах. Эти зоны, содержащие алунит, диаспор, молибденовую минерализацию и др., заслуживают внимательного исследования.

Существование альпийской магматической деятельности в районе оспаривается. Пока единственным, более или менее

достоверным указанием на наличие альпийского магматизма является находка Н. П. Петровым (1955) вулканогенных образований в палеогеновых отложениях Ахангарана.

Из металлогенических проявлений этого периода можно отметить отложения марказита с галенитами в юрских и угленосных толщах Ангрена (Садыков, 1957).

Итак, на территории Чаткало-Кураминских гор практический интерес представляет металлогения, связанная с герцинским орогенезом, в которой выделяется два этапа. Первый из них связан с магматизмом батолитового этапа, второй — с малыми интрузиями и дайками.

Каждому этапу присущи определенный генетический тип месторождений и ведущие рудные компоненты. В то же время некоторые элементы встречаются в разных этапах, но в различных соединениях, концентрациях.

В первом (батолитовом) этапе основную роль играли железо, редкометальная минерализация и, отчасти, флюорит — главным образом оптические разности.

Железорудные месторождения, ассоциирующие с относительно ранними гранодиоритовыми интрузиями, образовались раньше редкометальных и флюоритовых. Флюоритовая минерализация по времени совпадает с концом батолитового этапа магматизма и тесно связана с самыми поздними аляскитоидными гранитами шайданского и арашанского типов. Последние отличаются от всех предыдущих интрузий батолитового этапа присутствием акцессорного флюорита и повышенным содержанием редких и рассеянных элементов. Это, по-видимому, свидетельствует о пределе насыщения магмы летучими веществами, особенно фтором, к моменту внедрения указанных гранитов.

Практическая ценность минерализации батолитового этапа еще точно не установлена.

Во второй этап образовалась главная масса свинца, цинка, флюорита, меди, молибдена и золота. Здесь также отмечаются разновременность минерализации, относительно поздние образования флюорита и наличие его в виде акцессора в поздних магматических породах (гранофиры, кварцевые порфиры и щелочные гранитоиды). Этот этап наиболее продуктивен и важен в практическом отношении.

Генетические особенности месторождений обоих этапов свидетельствуют о постепенном убывании температур их образования, что связано с убыванием температурного режима интрузий.

ВСТУПИТЕЛЬНОЕ СЛОВО НА I СРЕДНЕАЗИАТСКОМ СОВЕЩАНИИ ПО МЕТОДИКЕ СОСТАВЛЕНИЯ МЕТАЛЛОГЕНИЧЕСКИХ И ПРОГНОЗНЫХ КАРТ (г. Ташкент, май 1962 г.)

Товарищи! Позвольте открыть рабочее совещание по методике составления металлогенических и прогнозных карт, созванное Институтом геологии Академии наук Узбекской ССР.

Прежде чем дать слово докладчикам, разрешите сделать несколько замечаний.

Общеизвестно, что все геологические карты независимо от масштаба могут иметь специальное прогнозное значение. Поэтому на данном совещании речь может и должна идти о всех типах геологических (в широком смысле этого слова) карт и методах их построения.

Однако практическое значение и теоретические выводы по прогнозу будут зависеть от масштаба и содержания карты. В связи с этим в центре внимания нашего совещания должны стоять следующие вопросы:

1) методы построения карт разного масштаба и требования, предъявляемые к ним:

2) геологическое содержание карт разного масштаба и способы нанесения геологических элементов (особое внимание следует обратить на условные обозначения);

3) главные требования к геологическим основам прогнозных карт (как показывает опыт по Чаткало-Кураминской провинции и другим районам, созданию прогнозных карт предшествует составление большого количества геологических карт — литологических, тектонических и др.);

4) перечень карт специального назначения, без которых нельзя прогнозировать. Правда, перечень карт и требования к их содержанию будут меняться в зависимости от масштаба и размеров территории, геологического характера района, прогнозируемого полезного ископаемого и т. д. Первые прог-

нозные карты для отдельных участков Средней Азии уже составлены.

По Чаткало-Кураминской провинции карты разработаны большим коллективом геологов Института геологии АН УзССР, а также сотрудниками производственных организаций.

По Западному Узбекистану первая прогнозная схема создана И. Х. Хамрабаевым и его группой, для Зирабулакских гор — Х. Н. Баймухамедовым.

Геологи Киргизии (В. И. Кнауф, А. Т. Почернин, К. Т. Мустафин и др.) создали прогнозные карты для Киргизии и ее отдельных территорий.

Прогнозные и металлогенические исследования проводят и таджикские геологи — на Памире, Карамазаре и других районах.

Прогнозные и металлогенические карты составляют по отдельным месторождениям и на отдельные элементы. Это карты золотоносности Западного Узбекистана (Л. З. Палей), по ртутным месторождениям Южной Ферганы (Н. А. Никифоров и Г. А. Ярушевский), ртути и сурьме (Е. А. Митрофанов и др.), отдельным полиметаллическим месторождениям (П. А. Шехтман и др.).

Нет сомнения, что заслушивание итогов этих работ и критическая оценка их дадут возможность выработать правильный методический подход к составлению подобных карт и послужат делу дальнейшего развития прогнозирования по всей Средней Азии.

Следует отметить, что несмотря на сравнительно большое количество карт по отдельным районам Средней Азии, в целом по этой территории нет сосредоточенных прогнозных обобщений.

Первые прогнозные выводы А. Е. Ферсмана, Д. И. Щербакова, Б. Н. Наследова уже устарели. То же относится к металлогеническим схемам Е. Д. Карповой и Х. М. Абдуллаева.

Следовательно, задача заключается в том, чтобы в ближайшее время коллективно, с участием всех геологических организаций среднеазиатских республик, разработать металлогенические карты и обобщить имеющиеся материалы.

К ВОПРОСУ О КЛАССИФИКАЦИИ ГРАНИТНЫХ ПЕГМАТИТОВ*

В последние годы большое внимание уделяется изучению гранитных пегматитов, поскольку с ними связаны промышленные концентрации весьма важных видов сырья — редких металлов (лития, бериллия, церия, тантала), слюды и пьезооптических минералов. Поскольку пегматиты необычайно разнообразны по составу и встречаются в различных геологических условиях, вопросы их рациональной классификации стоят в центре внимания всех исследователей, занимающихся изучением этих интереснейших геологических образований. Классифицировать пегматиты, естественно, можно по разному — с точки зрения требований промышленности и по генетическим признакам: геологическим, структурно-морфологическим, текстурно-парагенетическим, минералогическим и геохимическим. Важно только, чтобы положенные в основу классификации принципы были последовательно проведены и чтобы такие классификации приносили пользу при поисках, разведке и оценке пегматитов. Следует учесть также, что каждая классификация представляет собой обобщение большого фактического материала и поэтому отражает достижения в области изучения пегматитов на определенном этапе развития геологических знаний. При составлении классификаций пегматитов во всех случаях должны быть четко разграничены пегматиты безрудные, не имеющие практического значения (или представляющие интерес только с точки зрения разработки их на керамическое сырье), и пегматиты, содержащие в промышленных количествах слюду, редкие металлы или могущие разрабатываться на пьезооптическое сырье. При этом большую пользу могут принести классификации, основанные на различных принципах (геологических,

* В соавторстве с А. И. Гинзбургом.

структурных, геохимических), поскольку они позволяют с различных сторон подойти к этой сложной проблеме расчленения пегматитов на безрудные, слюдоносные, редкометальные и хрусталеносные. Мы считаем необходимым подчеркнуть важность этого положения, особенно в связи с появившимся в печати утверждением К. А. Власова (1961 г.), отвергающим правомерность существования классификаций, основанных на различных принципах.

Не вдаваясь в подробный разбор всех высказанных предложений и точек зрения на принципы классификаций пегматитов, следует только указать на то, что многие исследователи разделяют пегматиты на различные типы и группы в зависимости от их геологического положения и условий формирования. Так, пегматиты рассматриваются с точки зрения связи их с различными геологическими структурами (18, 19), формирования в различных условиях глубинности (14), соотношений их со складчатостью (21, 17), положения по отношению к материнским интрузивам (3), тектонических условий их становления (12). Все эти группировки, основанные на чисто геологических принципах, важны, и их необходимо в первую очередь учитывать при выборе районов для проведения поисковых работ, а также при разработке поисковых признаков.

Существуют и структурно-морфологические классификации пегматитов (17, 19, 21, 22, 1), которые носят либо чисто морфологический характер, либо же отражают связь формы пегматитовых тел со способом их образования, в частности с механизмом возникновения полостей, выполняемых пегматитами (В. С. Назарова, Г. Г. Родионов, 1960 г.). Подобные классификации важны при разведке и оценке отдельных пегматитовых тел и месторождений, так как они систематизируют весь фактический материал и позволяют правильно установить форму разведуемых тел.

Целый ряд классификаций пегматитов основывается на их минеральном составе. Пегматиты разделяются по составу породообразующих и акцессорных минералов на различные типы (А. Е. Ферсман, 1931 г., 1941 г.; А. А. Беус, 1951 г.; А. И. Гинзбург, 1955 г.), при этом в некоторых классификациях учитываются и характерные для различных типов пегматитов структуры и текстуры, причем в классификации К. А. Власова (6, 9) текстуры пегматитов выдвигаются в качестве первого классификационного признака. Наконец, необходимо указать и на существование геохимической классификации А. Е. Ферсмана (23); в основу ее положены раз-

личные геохимические этапы, через которые проходит пегматитовый процесс по мере его развития. Это направление получило некоторое развитие и в работах последователей А. Е. Ферсмана (15 и др.).

Более тридцати лет тому назад А. Е. Ферсманом были заложены основы учения о пегматитах и дана стройная схема развития пегматитового процесса. Предложенная им классификация гранитных пегматитов, отражающая его представления о ходе развития пегматитового процесса, в течение большого промежутка времени была у нас общепринятой и сохранила свое значение до настоящего времени. В основу этой классификации А. Е. Ферсман положил закономерную смену парагенетических ассоциаций минералов по мере развития пегматитового процесса, причем, по его мнению, каждая парагенетическая ассоциация минералов образуется в определенных физико-химических условиях и отвечает определенной стадии развития процессов. Поскольку весь процесс в целом протекает в условиях постепенного снижения температуры, то каждая минеральная ассоциация соответствует, по А. Е. Ферсману, некоторому интервалу температур (геофазе процессов). Исходя из этих положений, А. Е. Ферсман предложил определенную температурную градуировку пегматитового процесса. Именно эта часть учения подверглась в последние годы наибольшей критике.

Однако те, кто критикует А. Е. Ферсмана за введение им понятия о геофазах и за температурную градуировку процессов, упускают главное, а именно то, что в основу выделения «геофаз» процесса и соответствующих типов пегматитов А. Е. Ферсман положил реальные парагенетические ассоциации минералов, которые закономерно сменяют друг друга по мере развития процесса, причем эти закономерности изменения минерального состава пегматитов удивительно постоянны и наблюдаются в пегматитах самых различных районов мира.

Исходя из этих ассоциаций, А. Е. Ферсман и вывел свою классификацию гранитных пегматитов, приводимую ниже.

Тип I. Обычные пегматиты

а. Обычные и гранитовые пегматиты

б. Монацитовые пегматиты

в. Ортитовые пегматиты

Тип II. Пегматиты с редкими элементами

Тип III. Боро-фтористые (шерло-мусковитовые) пегматиты

подтип — шерловые пегматиты

подтип—мусковитовые пегматиты

Тип IV. Фторо-бериллиевые пегматиты (берилло-топазовые).

Тип V. Натро-литиевые пегматиты
подтип — натриевые пегматиты
подтип — литиевые пегматиты
Тип VI. Марганцово-фосфатные пегматиты
Тип VII. Фторо-алюминиевые (криолитовые) пегматиты
Тип VIII. Фторо-карбонатные пегматиты
Тип IX. Сульфидные пегматиты
Тип X. Цеолитные пегматиты.

Хотя названия некоторых типов пегматитов в классификации А. Е. Ферсмана и не совсем удачны, но в целом она охватывает все разнообразие существующих пегматитов, и к данной им характеристике отдельных типов мало что можно добавить.

Работы по изучению пегматитов, проведенные геологами различных стран за последние 20 лет (после выхода в свет второго издания монографии «Пегматиты» А. Е. Ферсмана), в целом подтвердили целесообразность выделения большей части установленных А. Е. Ферсманом типов пегматитов и в то же время позволили уточнить многие высказанные им предположения и внести в его классификацию ряд изменений.

1. Не оправдало себя, например, выделение поздних типов пегматитов, в частности марганцово-фосфатного (тип VI), криолитового (VII), фторо-карбонатного (VIII), сульфидного (IX) и цеолитного (X), поскольку они не характеризуют нормального развития пегматитового процесса, и отнесение некоторых из них к пегматитовым образованиям сомнительно. Это отмечал и сам А. Е. Ферсман, неоднократно говоря о том, что обычно пегматитовый процесс заканчивается образованием пегматитов натро-литиевого типа.

Безусловно, ошибочным является выделение особого марганцово-фосфатного типа (VI), поскольку оно обосновывается появлением на поздних этапах пегматитового процесса среди пегматитов литиевого подтипа большого количества фосфатов марганца и железа. Как установлено в последние годы, большинство этих фосфатов является гипергенными, образование их связано с изменением в зоне окисления минералов группы трифилина— литиофиллита.

Наличие в пегматитах криолита в ассоциации с другими фторидами алюминия, на основании чего был выделен особый криолитовый тип пегматитов (VII), — явление исключительно редкое, наблюдавшееся только несколько раз в пегматитах, вряд ли на этом основании следует выделять специальный тип пегматитов. Отнесение же к пегматитовому типу сидерит-криолитового месторождения Ивигтут в Гренландии вызывает большие сомнения.

Точно также исключительно редко встречаются в гранитных пегматитах фторкарбонаты редких земель типа паризита (VIII), а в тех случаях, когда они и появляются, пегматиты, как правило, генетически связаны со щелочными интрузивными комплексами. Сульфидный тип пегматитов (IX) выделен на основании появления в пегматитах большого количества сульфидов, но сам А. Е. Ферсман отмечал, что такие явления чаще всего связаны с наложением на гранитные пегматиты типично гидротермальных процессов. Что же касается последнего, цеолитного типа (X), то образование в пегматитах большого количества цеолитов связано с явлениями выщелачивания из ранее образовавшихся минералов поздними водными растворами кальция, кремния, алюминия и переотложением их в форме поздних кристаллов цеолитов в трещинах и пустотах. Процесс этот настолько слабо развит, что нет оснований выделять специальный цеолитовый тип пегматитов.

2. Согласно идеям А. Е. Ферсмана, в пределах пегматитовых полей один тип пегматитов должен последовательно сменяться другим. Между тем, анализ всего существующего фактического материала показывает, что в природе мы не наблюдаем всех переходов от первого типа (обычные пегматиты) ко второму (пегматиты с редкими элементами), третьему (шерло-мусковитовому), четвертому (топазо-берилловому) и пятому (натро-литиевому). В различных регионах мира существует четыре ряда ветвей пегматитов, развивающихся в различных геологических условиях. Если при рассмотрении этих четырех рядов пегматитов учитывать конкретную геологическую обстановку их нахождения, то не остается сомнений в том, что они образуются в первую очередь в различных условиях глубинности и, по-видимому, при различной металлогенической специализации исходной магмы. В классификации же А. Е. Ферсмана все типы пегматитов расположены только в один последовательный ряд.

3. Неудачно название второго типа пегматитов — «пегматиты с редкими элементами», — поскольку основные промышленные концентрации редких элементов встречаются только в связи с пятым (натро-литиевым) типом. Лучше было бы назвать этот тип урано-редкоземельным, или иттриевым. Точно также неудачно название четвертого типа — топазо-бериллового, — так как с ним не связана промышленная концентрация берилла. Для этого типа пегматитов, согласно А. Е. Ферсману, характерно широкое развитие миароловых пустот, среди которых появляются кристаллы пьезокварца, реже прозрачного берилла, топаза, турмалина. По-

скольку в настоящее время этот тип пегматитов с миароловыми пустотами представляет интерес в основном как источник получения кристаллов пьезокварца, то лучше было бы его назвать хрусталеносным.

Несмотря на сделанные замечания, основные идеи А. Е. Ферсмана о том, что в основу классификации должны быть положены закономерно сменяющие друг друга во времени парагенетические ассоциации минералов, являются совершенно правильными, и выделенные им пять основных типов пегматитов, какое бы название они не имели, полностью выдержали испытание временем.

В последние годы большое внимание вопросам классификации гранитных пегматитов уделял К. А. Власов. Он опубликовал четыре статьи (5, 6, 8, 9), в которых излагает свои взгляды на образование пегматитов и их систематику. В последней своей статье (9) К. А. Власов подводит итог своим исследованиям по этому вопросу.

Если сопоставить между собой все вышедшие его работы, то будет видно, что в них повторяются в слегка измененном виде одни и те же положения. Что же касается предлагаемой им систематики гранитных пегматитов, то она не удовлетворяет ни одному из требований, которые необходимо предъявлять к любой классификации, т. е. не выдержана по классификационному признаку.

К. А. Власов в своих работах критикует все ранее предложенные классификации пегматитов, обосновывая это тем, что они не охватывают ни химической, ни минералогической, ни генетической сторон процесса и последовательно не выдержаны. Он считает необходимым положить в основу классификации парагенетические ассоциации минералов и их текстурно-структурные особенности, причем указывает, что в процессе анализа парагенетических ассоциаций в первую очередь необходимо рассматривать породообразующие минералы и их структурные взаимоотношения. В действительности же его классификация не удовлетворяет этим требованиям, что видно даже из одного перечня выделяемых им типов:

I — равномернозернистый и графический;
II — блоковый;
III — полнодифференцированный;
IV — редкометальнозамещенный;
V — альбит-сподуменовый.

Как можно видеть, в основу выделения первых двух типов положен структурный принцип, III типа — текстурный, IV — генетический (развитие процессов замещения), а при выделении V за основу берется минеральный состав. По

К. А. Власову, каждый последующий тип пегматитов должен отличаться от предыдущего своими парагенетическими ассоциациями минералов. Между тем в действительности в его классификации блоковый тип по своему составу ничем не отличается от полнодифференцированного, а редкометальнозамещенный — от альбито-сподуменового.

Рассматривая породообразующие минералы пегматитов, К. А. Власов говорит только о кварце и полевом шпате. В последней своей статье он склонен относить к породообразующим минералам и сподумен, но не указывает, что полевым шпатом может быть как ортоклаз или микроклин, так и плагиоклаз (андезин-олигоклаз — альбит-олигоклаз). Однако вопрос о том, является ли полевой шпат калиевым или кальциево-натриевым, имеет принципиальное значение. Состав полевых шпатов в пегматитах в значительной степени определяет и состав акцессорных минералов, а также существенным образом сказывается на развитии всех последующих метасоматических процессов.

Далеко не случайно все наилучшие промышленные месторождения мусковита характеризуются микроклин-плагиоклазовым составом, а редкометальные пегматиты обычно являются существенно микроклиновыми. Естественно, что при выделении типов пегматитов в первую очередь необходимо учитывать состав полевых шпатов.

Таким образом, в предложенной К. А. Власовым классификации гранитных пегматитов фактически нет единого классификационного признака, т. е. научной основы. Типы пегматитов выделяются им то по структуре, то по текстуре, то по минеральному составу или по развитию метасоматических явлений. Отдельные типы не отличаются друг от друга по составу, при рассмотрении породообразующих минералов не делается различия между калиевым полевым шпатом и плагиоклазом.

В классификации К. А. Власова на первый план выдвигаются структурные и текстурные взаимоотношения между породообразующими минералами, при этом совершенно не учитывается, что структуры и текстуры минеральных агрегатов в первую очередь зависят от условий кристаллизации породы. Если пегматитовый расплав определенного состава будет в спокойных условиях медленно охлаждаться, то образуются одни структуры, если же он будет охлаждаться в условиях резко меняющихся температур и давлений, то, естественно, возникнут совершенно иные структуры и текстуры, хотя состав при этом может сохраниться и прежним. Основное положение К. А. Власова, что каждый различный по составу

тип пегматитов характеризуется вполне определенными структурными и текстурными особенностями, не выдерживает критики. Так, одни и те же по составу сподуменовые пегматиты могут быть мелкозернистыми, крупнозернистыми и даже гигантозернистыми, зональными или незональными; сподумен может иметь определенную ориентировку и не иметь таковой. Точно также микроклиновые пегматиты с бериллом бывают среднезернистыми, крупнозернистыми, блоковыми, полнодифференцированными и т. д. В то же время пегматиты с определенной структурой и текстурой отличаются совершенно различной минерализацией. Так, блоковые пегматиты могут быть ортитовыми, слюдоносными, берилловыми, сподуменовыми, амблигонитовыми и могут содержать многие другие минералы. Состав их не зависит от структуры и текстуры.

В рассматриваемой классификации не находят своего отражения пегматиты с другими структурами (апографической, пегматоидной) и текстурами (например, участковой, при которой крупные выделения полевого шпата и кварца располагаются среди мелко- и среднезернистого агрегата), которые весьма широко распространены.

Таким образом, недостатком классификации К. А. Власова является то, что для ряда типов им выдвинуты на первый план второстепенные классификационные признаки (структура и текстура), которые зависят не столько от состава пегматитов, сколько от условий их формирования.

В своих работах К. А. Власов указывает на то, что развитие процессов метасоматоза в пегматитах непосредственно зависит от степени их дифференциации, т. е. чем лучше проявлена в пегматитах зональность, тем больше степень развития в них процессов замещения. В связи с этим К. А. Власов рассматривает редкометальнозамещенный тип пегматитов как результат дальнейшей эволюции полнодифференцированного пегматита. Поскольку с процессами замещения в значительной степени связано редкометальное оруденение, то, согласно К. А. Власову, необходимо искать хорошо зональные тела, в которых наиболее интенсивно проявлены метасоматические процессы. Этот тезис был освещен в печати и подвергнут критике, поскольку он не подтверждается практикой поисковых работ (16).

В последней своей работе, после того как появились критические выступления в печати, К. А. Власов признал существование еще одного типа пегматитов — альбито-сподуменового, представленного обычно плитообразными телами без четкого зонального строения.

Признать существование альбито-сподуменового типа — значит подтвердить отсутствие непосредственной связи между степенью дифференциации пегматитов и характером развития метасоматических процессов. Поэтому, естественно, нельзя ориентировать геологов на поиски редкометального оруденения только в зональных пегматитах.

Существенный недостаток классификации К. А. Власова в том, что она не дает ответа на основной вопрос, какие же типы пегматитов являются наиболее перспективными для нахождения в них промышленных концентраций высококачественного мусковита, пьезокварца, керамического сырья, танталита, берилла, литиевых минералов, редкоземельного (иттриевого) и скандиевого сырья. Выделяемые К. А. Власовым типы пегматитов не могут рассматриваться ни как генетические, ни как промышленные. В этом отношении его классификация, безусловно, — шаг назад по сравнению с классификацией А. Е. Ферсмана, который связывал с каждым типом пегматитов (выделяемым им) вполне определенное оруденение.

Работы К. А. Власова не ориентируют геологов на комплексное изучение пегматитов. Во всех его работах речь идет только о редкометальном оруденении. Между тем, пегматиты в большей своей части представляют интерес как источники получения керамического сырья. В ближайшие годы намечается провести громадный объем поисковых и разведочных работ с целью расширения сырьевой базы слюдяной промышленности. Нельзя забывать, что гранитные пегматиты являются основным источником получения мусковита, спрос на который беспрерывно растет. Из гранитных пегматитов в большом количестве извлекаются высококачественные кристаллы пьезокварца и оптического флюорита.

Естественно, что для геологов-нерудников, занимающихся поисками и разведкой керамического, слюдяного и пьезооптического сырья, крайне важно знать условия нахождения промышленных типов этих пегматитов, а также то, какой комплекс полезных компонентов может быть использован при разработке того или иного типа пегматитовых месторождений. К сожалению, ни в классификации К. А. Власова, ни в его статьях этим крайне важным вопросам вообще не уделяется внимания.

Классификация К. А. Власова не может рассматриваться как генетическая, поскольку в ней не отражена связь минеральных ассоциаций с определенными физико-химическими условиями. В этом отношении ее нельзя сравнить с классификацией А. Е. Ферсмана, у которого типы пегматитов от-

ражают различные стадии развития пегматитового процесса. Можно спорить с А. Е. Ферсманом о том, сколько таких стадий в ходе эволюции процесса следует выделить и как их объяснить, но основная его мысль, что каждый тип пегматитов отражает определенную физико-химическую стадию процесса, совершенно правильна и вряд ли может быть поставлена под сомнение.

Возникает вопрос, какие же этапы или стадии развития процесса отражают типы пегматитов К. А. Власова? К сожалению, ответа на этот важный вопрос в его работах нет. Поставив на первый план не физико-химические условия формирования пегматитов и естественные стадии, через которые проходит при своем остывании магматический расплав, обогащенный летучими (расплав — флюид-гидротермальный раствор), а размеры выделений минералов и их расположение (ибо только этим отличается равномернозернистый тип от блокового и полнодифференцированного), К. А. Власов выводит типы пегматитов, которые отражают известную тенденцию к развитию зональности, проявляющуюся в случае формирования пегматитов в относительно спокойных тектонических условиях.

Большим недостатком работ К. А. Власова является также то, что он четко не различает минерализацию, связанную с развитием пневматолито-гидротермальных процессов замещения, и минерализацию, связанную с первичной кристаллизацией расплавов. Во всех его работах остается неясным, каково же происхождение в пегматитах мусковита, а также промышленного бериллиевого, литиевого и редкоземельного оруденения.

К. А. Власов рассматривает все существующее разнообразие типов пегматитов как результат дифференциации одного магматического очага. Во всех своих схемах он показывает, как гранит постепенно переходит в равномернозернистый пегматит (I тип), далее — в блоковый (II), полнодифференцированный (III), редкометальнозамещенный (IV) и альбитосподуменовый (V тип); появление же тех или иных акцессорных минералов он связывает только с обогащением магматического очага теми или иными редкими элементами. Придерживаясь такой точки зрения, К. А. Власов не учитывает весь существующий фактический материал, свидетельствующий о том, что различные типы пегматитов образуются в различных условиях глубинности и в связи с этим распространены в различных (по истории своего развития) районах. Например, монацит-ортитовые пегматиты никогда не переходят постепенно в сподуменовые, хотя как первые, так и

вторые могут быть равномернозернистыми, а также блоковыми и полнодифференцированными; они связаны с магматическими очагами, располагающимися на разных глубинах. Недоучет этого объясняется тем, что К. А. Власов во всех своих работах рассматривает пегматиты в отрыве от тех реальных геологических условий, в которых они находятся. В его работах отсутствует детальный геологический анализ таких условий: связь пегматитов с определенными геологическими структурами, вмещающими породами, гранитными интрузивами и т. д.

В отличие от А. Е. Ферсмана, который рассматривал пегматиты как продукты кристаллизации остаточных расплавов, К. А. Власов утверждает, что пегматиты представляют собой фации самих гранитных интрузий, образовавшиеся вследствие скопления легколетучих теплоемких соединений эманационным путем в отдельных, преимущественно апикальных частях гранитных интрузий. Согласно К. А. Власову, вследствие высокой теплоемкости летучих соединений участки, обогащенные ими, будут значительно дольше сохраняться в жидком состоянии, чем остальные. Эти участки дают начало пегматитовым телам. В чем же состоит принципиальное отличие остаточных пегматитовых расплавов А. Е. Ферсмана от фаций гранитов, обогащенных летучими, К. А. Власова, особенно если учесть, что последние кристаллизуются позже массы расплава, давшего начало гранитам? Нетрудно установить, что различия эти только второстепенные. Критикуя А. Е. Ферсмана, отрицая наличие остаточных расплавов, говоря о разработке новой теории образования пегматитов, К. А. Власов по существу использует основные идеи А. Е. Ферсмана, не выдвигая ничего принципиально нового. Фации гранитов, обогащенные летучими и кристаллизующиеся позже всех остальных фаций гранитов, и являются остаточными расплавами, о которых говорил А. Е. Ферсман.

Таким образом, работы К. А. Власова не наметили каких-либо новых путей для разрешения проблемы пегматитов.

На каких же принципах следует строить классификацию гранитных пегматитов? Нам представляется, что в зависимости от поставленных целей и назначения могут существовать несколько типов классификаций, которые вместе взятые должны дать геолого-генетические представления о пегматитах и процессах их формирования.

Если обратиться к трем главнейшим промышленным типам пегматитов — слюдоносным, редкометальным и пегматитам с пьезокварцем и оптическим флюоритом, — то можно отметить, что они, как правило, совместно не встре-

чаются, а появляются в различных геологических условиях. Это дало основание А. И. Гинзбургу и Г. Г. Родионову (14) предложить геологическую классификацию гранитных пегматитов, основанную на различной глубине их формирования, т. е. выделить следующие фации глубинности пегматитов.

1. Пегматиты весьма больших глубин — 8—9 *км* и более, характеризуются появлением редкоземельного оруденения — монацитового, ортитового.

2. Пегматиты больших глубин — 5—8 *км*. К этой группе относятся все промышленные мусковитовые — слюдоносные — пегматиты.

3. Пегматиты средних глубин — 3,5—5 *км*. К ним относятся все редкометальные пегматиты с бериллиевым, танталовым, литиевым и цезиевым оруденением.

4. Пегматиты малых глубин—2—3,5 *км*, отличаются появлением многочисленных пустот с кристаллами пьезокварца, топаза, оптического флюорита. На этих глубинах возникают хрусталеносные пегматиты.

Между выделенными фациями существуют и все постепенные переходы, т. е. встречаются редкоземельно-слюдоносные пегматиты, берилло-мусковитовые, редкометальные с миароловыми пустотами, содержащими пьезооптическое сырье, и т. д. Данные представления исходят не из признания существования единого магматического очага, дающего начало всем типам пегматитов, начиная от редкоземельных и кончая хрусталеносными, а из признания наличия нескольких очагов, расположенных на разных глубинах. С каждым таким очагом — гранитным интрузивом — связана своя серия пегматитовых тел, свои пегматитовые поля. Состав пегматитов так же, как и степень дифференциации отдельных тел в пределах пегматитовых полей, может варьировать. Таким образом, правильнее говорить не об едином эволюционном ряде пегматитов, как это делал А. Е. Ферсман, а о наличии нескольких таких параллельных рядов, или ветвей пегматитов, каждая из которых находится в своих специфических условиях. Естественно, что такие поля пегматитов различных фаций глубинности должны отличаться друг от друга целым рядом особенностей, которые необходимо учитывать при проведении поисковых работ.

Поскольку наиболее глубинные пегматиты выходят на поверхность только в случае значительного эрозионного среза, они, как правило, бывают древними. Так, подавляющее большинство монацитовых и ортитовых пегматитов мира архейское, а слюдоносных — протерозойское или синийское.

Редкометальные пегматиты могут быть любого возраста, а хрусталеносные чаще всего бывают молодыми — герцинскими или альпийскими (реже докембрийскими).

Состав вмещающих пород, среди которых залегают пегматиты, может быть самым различным; важно только, что степень их метаморфизма в какой-то мере характеризует глубину формирования пегматитов. Так, монацитовые и ортитовые пегматиты обычно располагаются среди пород гранулитовой фации метаморфизма, мусковитые — среди пород ставролит-кианитовой субфации амфиболитовой фации, а редкометальные — среди пород антофиллит-кордиеритовой субфации.

Хрусталеносные пегматиты располагаются обычно среди пород, слабо метаморфизованных, превращенных в филлиты и хлоритовые сланцы. В случае нахождения редкометальных пегматитов среди древних, сильно метаморфизованных пород они обычно локализуются в зонах регрессивного метаморфизма — диафтореза (15).

Пегматиты больших глубин часто не имеют видимой связи с интрузивами; во многих случаях они располагаются в участках широкого развития мигматитов. Пегматиты средних глубин (редкометальные) обычно пространственно связаны с интрузивами батолитового типа, при этом они приурочены чаще всего к зонам экзоконтакта, локализуясь у пологих контактов. Пегматиты относительно небольших глубин (хрусталеносные) почти всегда располагаются в пределах материнских интрузивов.

Пегматиты, формирующиеся на больших глубинах, часто не только выполняют полости, но и возникают путем замещения — «пегматизации» — вмещающих пород, что сказывается на их составе. Таковы, например, гиганто-мигматитовые пегматиты Мамского и других районов (И. Н. Тимофеев, 1960 г.). Пегматиты средних глубин в основном образуются путем выполнения определенных полостей, а хрусталеносные пегматиты малых глубин возникают «in situ» в местах скопления летучих (образование «газовых пузырей») в магме.

Строение пегматитов также меняется с глубиной их образования. Для наиболее глубинных пегматитов характерны простые гранитные структуры (ортотектиты), в то время как для пегматитов средних глубин в случае формирования их в спокойных условиях типичны зональные тела с наиболее полным развитием зон. Следует только указать, что в пределах пегматитовых полей одной фации глубинности встречаются различные по степени дифференциации тела. Пегматиты малых глубин характеризуются широким

развитием миароловых пустот, которые никогда не наблюдаются среди глубинных пегматитов.

Как правило, пегматиты больших глубин плагиоклазовые или плагиоклаз-микроклиновые, что во многих случаях связано с заимствованием ими кальция из вмещающих пород. Взаимоотношения между плагиоклазом и микроклином в них бывают очень сложными, что дает основание некоторым исследователям говорить о развитии процессов микроклинизации. В пегматитах средних глубин (за исключением случаев залегания их в известняках) основными породообразующими минералами являются, помимо кварца, микроклин и сподумен. Только в призальбандовых участках в них появляется иногда плагиоклаз, который интенсивно замещается микроклином. В пегматитах малых глубин полевой шпат всегда представлен только микроклином.

По мере перехода к более гипабиссальным образованиям наблюдается резкое усиление метасоматических процессов. В наиболее глубинных редкоземельных пегматитах метасоматические процессы слабо развиты, в слюдоносных пегматитах происходит уже гидролиз полевых шпатов с развитием кварц-мусковитового замещающего комплекса. В пегматитах средних глубин широко развиты процессы альбитизации и грейзенизации. Гипабиссальные пегматиты обычно обогащены летучими, это особенно хорошо видно на примере фтора.

Среди пегматитов одной и той же фации глубинности, в зависимости от развития в них тех или иных парагенетических ассоциаций минералов и появления в связи с этим различного оруденения, могут быть выделены определенные их типы. Так, сочетание классификаций пегматитов, основанных на принципе глубинности и на минералого-геохимическом принципе, развитом А. Е. Ферсманом, открывает путь к построению рациональной систематики пегматитов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бабаев К. Л. Гранитные пегматиты Средней Азии, Тр. САИГИМСа, вып. 1, Ташкент, 1960.
2. Беус А. А. О зональности гранитных пегматитов, «Изв. АН СССР», сер. геол., 1951, № 6.
3. Варламов Н. Классификация пегматитов Бельгийского Конго и Руанда-Урунди, Сб. «Пегматиты Африки», Изд. иностр. лит., 1959.
4. Власов К. А. Значение форм гранитных пегматитов, ДАН СССР, т. 41, 1945, № 9.
5. Власов К. А. Текстурно-генетическая классификация гранитных пегматитов, ДАН СССР, т. 53, 1946, № 9.

6. Власов К. А. Текстурно-парагенетическая классификация гранитных пегматитов, «Изв. АН СССР», сер. геол., 1952, № 2.
7. Власов К. А. Генезис редкометальных гранитных пегматитов, «Изв. АН СССР», сер. геол., 1955, № 5.
8. Власов К. А. Факторы образования различных типов редкометальных гранитных пегматитов, «Изв. АН СССР», сер. геол., 1956, № 1.
9. Власов К. А. Принципы классификации гранитных пегматитов и их текстурно-парагенетические типы, «Изв. АН СССР», сер., геол., 1961, № 1.
10. Гинзбург А. И. О некоторых особенностях сподуменовых месторождений, «Разведка недр», 1950, № 1.
11. Гинзбург А. И О марганцово-фосфатном типе пегматитов, Сб. «Вопросы петрографии и минералогии», т. II, Изд-во АН СССР, 1953.
12. Гинзбург А. И. О некоторых группах гранитных пегматитов, образовавшихся в различных геологических условиях, «Разведка недр», 1952, № 2.
13. Гинзбург А. И. Минерало-геохимическая характеристика гранитных пегматитов натро-литиевого типа, Тр. Минералогич. музея АН СССР, вып. 7, 1955.
14. Гинзбург А. И., Родионов Г. Г. О глубинах образования пегматитов, «Геология рудных месторождений», 1960, № 1.
15. Гинзбург А. И. Геохимические особенности пегматитового процесса, Сб. «Минералогия и генезис пегматитов», Междунар. геол. конгр., XXI сессия., Докл. сов. геол., 1960.
16. Гинзбург А. И., Родионов Г. Г. К вопросу о некоторых поисково-оценочных критериях, выдвинутых К. А. Власовым, «Советская геология», 1961, № 3.
17. Ивенсен Ю. П. Структурно-морфологические типы пегматитовых жил и условия их образования, «Изв. АН СССР», сер. геол., вып. 3, 1957.
18. Ивенсен Ю. П. Особенности геологии и вещественного состава гранитных пегматитов, Сб. «Минералогия и генезис пегматитов», Междунар. геол. конгр., XXI сессия, Докл. сов. геол., 1960.
19. Назаров А. С., Родионов Г. Г., Тимофеев И. Н. Механизм образования пегматитов, Сер. Геология месторождений редких элементов, вып. 7, 1960.
20. Никитин В. Д. Условия формирования редкометальных и слюдоносных пегматитов, Сб. «Минералогия и генезис пегматитов», Междунар. геол. конгр., XXI сессия, Докл. сов. геол., 1960.
21. Родионов Г. Г. Происхождение форм пегматитовых тел. Тр. Всес. научно-исслед. ин-та асбесто-цементных изделий, вып. 5, 1956.
22. Родионов Г. Г. Типы слюдоносных пегматитовых тел и их промышленная оценка, Тр. ВИМСа, вып. 4, Госгеолтехиздат. 1959.
23. Ферсман А. Е. Пегматиты, т. I, Изд-во АН СССР, 1940.

БЛИЖАЙШИЕ ЗАДАЧИ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СЛУЖБЫ УзССР*

Геологи Узбекистана вместе со всеми работниками геологической службы нашей страны с огромной радостью восприняли высокую оценку достижений советской геологии, данную с трибуны XX съезда Коммунистической партии Советского Союза. С величайшим вниманием и сознанием своего долга перед Родиной относятся советские геологи к указаниям партии по дальнейшему развитию геологоразведочных работ, изложенным в директивах XX съезда КПСС по шестому пятилетнему плану. В директивах указывается на необходимость всемерного расширения поисков новых месторождений нефти, газа, цветных и редких металлов, титана, марганцевых руд и говорится: «...Провести в 1956—60 годах геологоразведочные работы в объемах, обеспечивающих необходимое расширение минерально-сырьевых баз действующих и строящихся предприятий и создание резерва разведанных запасов полезных ископаемых для дальнейшего развития промышленности, прежде всего в восточных районах страны». Эти указания имеют самое непосредственное отношение и к геологической службе Узбекистана, на территории которого находится огромное количество месторождений разнообразных полезных ископаемых как в освоенных, так и в еще слабо изученных районах.

Территория УзССР характеризуется разнообразными географическими условиями и геологическими особенностями составляющих ее регионов. Здесь имеются горные сооружения, сложенные массивами палеозойских пород, и типичные пустынные равнины, представленные на огромных площадях покровом четвертичных образований, прикрывающим палеозой- и мезокайнозойские толщи осадков. Эти особенности

* В соавторстве с В. Г. Гарьковцом.

территории и предопределили своеобразные черты геологии различных районов республики и связанные с этим возможности выявления разнообразнейших по своему характеру полезных ископаемых.

Как показывают фактические материалы, территория республики в огромной ее части еще слабо изучена. Геологически наиболее изученной является площадь Кураминского хребта (Карамазар). Это обстоятельство, как нам кажется, объясняется не только значением выявленных здесь месторождений, но и легкой доступностью района (его близостью к г. Ташкенту), привлекавшей исследователей в течение уже трех десятилетий.

Второй площадью, по детальности исследований идущей вслед за Кураминской, является система Зирабулак-Зиаэтдинских гор. Детальность исследований этой территории также объясняется не только ее рудными и промышленными возможностями, но и географическими условиями. Для сравнения с Зирабулак-Зиаэтдинскими горами геологи Узбекистана и Средней Азии могли бы привести множество примеров не менее перспективных, но менее доступных площадей, изучение которых отстает из-за «неудобств» в проведении геологических исследований.

К числу малоизученных относится район Западного Гиссара. Занимая такое же положение в структуре Южно-Тяньшанской геосинклинали, как и Карамазар, этот район характеризуется весьма сходной с ним историей развития. По существующим данным, он является аналогом его в отношении формирования осадочных пород и проявления тектономагматических комплексов. Эти данные позволяют предполагать металлогеническое сходство названных районов, что в последние годы подтверждается многочисленными находками свинцово-рудных проявлений.

Однако на первых стадиях изучения мы можем говорить лишь о сходстве регионов. Что же касается черт различия, которые несомненно будут установлены, то о них говорить пока еще не приходится. Это объясняется различной степенью изученности указанных районов и отсутствием сколько-нибудь значительных геологических материалов по Гиссару, что затрудняет прогнозно-перспективную оценку рудных возможностей нового горнорудного района. В настоящее время имеются лишь самые первоначальные данные по металлогении Гиссара, основанные на разрозненных и разновременных поисковых работах. Район этот еще совершенно не затронут металлометрическими съемками. Еще очень слабо изучена поверхность Узбекистанской части Чаткаль-

ского хребта, а также Бостандыкского района, переданного республике Казахстаном.

Слабая изученность многих горных районов республики обусловлена отставанием геологосъемочных работ, недостаточностью поисковых данных и металлогенических исследований, особенно в ранние периоды геологического картирования. Необходимо указать на тот факт, что геологи Узбекистана обслуживали всю Среднюю Азию и не могли уделять должного внимания собственным территориям.

К настоящему времени обстоятельства изменились, однако коренного перелома в геологическом изучении отдаленных районов республики еще не произошло, и приобщение работников геологии к изучению этих районов осуществляется крайне медленно.

На призыв принять участие в работах Узбекского геологического управления в южных районах Узбекистана в 1956 г. отозвалась кафедра петрографии САГУ (проф. Исамухамедов И. М.). В изучении западных областей республики в 1954 г. участвовала кафедра нефти и газа и другие геологические кафедры САГУ (проф. Попов В. И., проф. Чикрызов Г. С.), а с 1956 г. — кафедра геологии СазПИ (доц. Сергунькова О. И.). Институт геологии АН УзССР долго не давал согласия на работы в южных областях республики и запланировал их только с 1957 г.

Необходимо в кратчайший срок изменить существующее положение дел. 1957 год должен явиться переломным годом, в течение которого необходимо усилить геолого-геофизические работы на всех перспективных участках, особенно в юго-западных районах Узбекистана». Учитывая то, что геологические работы на территории братских республик Средней Азии теперь могут выполняться соответствующими республиканскими организациями, геологи Узбекистана должны сосредоточить внимание на изучении недр своей республики.

Особое внимание необходимо уделить изучению площадей, представленных равнинными пространствами. До последнего времени здесь проводились преимущественно гидрогеологические работы в целях обеспечения водой пастбищных угодий, а также работы по разрешению проблем гидромелиоративного обслуживания хлопковых полей, получившие особое развитие в связи с освоением Голодной степи. Однако изучались лишь самые верхние части покровных четвертичных отложений, что касается глубинных горизонтов этих районов, то можно сослаться лишь на материалы треста Средазнефтеразведка и Узбекской гидрогеологиче-

ской экспедиции, полученные при бурении скважин на отдельных изолированных участках.

Низкий уровень изученности равнинных пространств республики совершенно не соответствует потенциальным возможностям их недр. В самом деле, имея безусловные геологические данные о распределении под четвертичным покровом мощных мезозойско-кайнозойских осадочных толщ, мы можем ожидать выявления полезных ископаемых, свойственных этим типам осадков: нефти, газа, угля и осадочных руд.

В основу геологических предпосылок к обоснованию проблемы поисков нефти и газа на равнинных территориях Средней Азии министр геологии и охраны недр тов. П. Я. Антропов положил известные данные о нефтеносности районов, окружающих прогнозируемую площадь, и представления о сходных геолого-исторических условиях формирования последних.

В настоящее время организациями Министерства геологии и охраны недр уже осуществляются мероприятия по разрешению этой проблемы. Сначала будут проводиться работы по созданию геологической основы для поисков нефти, газа и других полезных ископаемых. Они должны сопровождаться картировочным и структурным бурениями, а также бурением опорных скважин.

Идея комплексного подхода к изучению полезных ископаемых предполагает одновременное осуществление работ по выявлению условий нахождения руд, нефти, газа, угля и других полезных ископаемых в недрах исследуемых районов и созданию комплексных гидрогеологических карт. В центре внимания должны быть детальная характеристика вещественного состава встречаемых пород и установление связанных с ними разнообразных полезных ископаемых, в том числе редких и рассеянных элементов. Решение этих задач потребует применения разнообразных методов исследования, проведения всевозможных лабораторных, тематических и т. п. работ.

Большие задачи перед геологами и особенно гидрогеологами Узбекистана встают в связи с выполнением решения ЦК КПСС и Совета Министров СССР об освоении Голодной степи.

Геологические работы, связанные с освоением Голодной степи, должны стать составной частью исследований равнинных пространств республики.

Говоря о новых проблемах, нельзя обойти задачи, выдвинутые для более изученных районов, таких, как районы Кураминских, Чаткальских, Зирабулак-Зиаэтдинских, Север-

но- и Южно-Нуратинских горных систем, а также западных оконечностей Туркестанского и Зарафшанского хребтов. Для многих площадей этих районов уже закончен первый этап исследований, ознаменовавшийся открытием крупных месторождений, выходящих непосредственно на поверхность.

Дальнейшие открытия месторождений в этих районах требуют нового подхода. Геохимическими, геофизическими и другими методами поисков здесь будут открыты месторождения, с одной стороны недостаточно вскрытые на поверхности, а с другой — на нее вовсе не выходящие. Эти открытия должны опираться на крупномасштабные геологические карты (1 : 25000 и 1 : 50000) перспективных площадей. Они позволят провести анализ геологического строения этих площадей, их специфических структурных и металлогенических особенностей, а также выявить закономерности размещения минерализации.

Таким образом, в организационном отношении перед геологами Узбекистана намечаются три практически важных направления в исследовании:

1) продолжение работ в изученных и частью промышленно освоенных районах для укрепления и расширения их горнорудной базы;

2) усиление работ в слабоизученных перспективных районах с целью выявления месторождений полезных ископаемых и создания новых районов горнодобывающей промышленности;

3) организация широких геологических работ в равнинных районах республики с целью комплексного изучения богатств недр огромной ее территории и выявления месторождений полезных ископаемых, в первую очередь месторождений нефти, газа, осадочных руд, редких и рассеянных элементов.

Придавая важное значение каждой из этих задач, коллектив геологов Узбекистана должен самым серьезным образом подойти к распределению своих сил, руководствуясь принципом наиболее эффективного их применения.

При такой постановке вопроса необходимо определить хотя бы важнейшие геологические задачи для каждого из перечисленных выше направлений работ.

Важнейшие задачи для первого направления:

1) продолжение комплексных исследований на разведываемых объектах с целью определения промышленного значения изучаемых месторождений;

2) проведение геологосъемочных работ в масштабе

1 : 25000 и 1 : 50000 на перспективных площадях и прежде всего в районах известных промышленных месторождений;

3) проведение поисковых и ревизионных работ на перспективных площадях, выявленных геохимическими, геофизическими и другими новыми методами поисков;

4) проведение металлометрических съемок мелкого масштаба (1 : 100000—1 : 50000) в районах, не покрытых такими съемками;

5) составление металлогенических карт и карт прогнозов как научных обоснований расширенного проведения глубинных поисков.

Главной формой этих исследований должна считаться совместная работа ведущих геологов-производственников и ученых по творческому обобщению геологических материалов, накопленных на производстве с выполнением необходимого минимума специальных полевых и лабораторных исследований.

Для второго направления работ в слабоизученных районах, прежде всего в юго-западной (Узбекистанской) части Гиссарского хребта, главнейшие задачи:

1) всемерное расширение поисковых работ с целью выявления всех рудопроявлений, поддающихся обнаружению с поверхности и выделения из них наиболее перспективных объектов, заслуживающих проведения предварительных или детальных разведочных работ;

2) проведение мелкомасштабных металлометрических съемок для выявления рудных узлов для обоснования постановки поисковых и крупномасштабных геологосъемочных работ;

3) проведение крупномасштабной (1 : 25000—1 : 50000) государственной геологической съемки на выявленных перспективных площадях для выяснения конкретных условий размещения оруденения и оценки промышленных перспектив отдельных рудных полей и месторождений;

4) выполнение предварительной разведки или ревизионно-оценочных работ на выявленных рудопроявлениях для определения их масштабов, перспективности ближайших площадей и направления дальнейших исследований;

5) осуществление детальных разведочных работ на объектах, которые, по данным предварительной оценки, характеризуются промышленными параметрами, приемлемыми для конкретных географо-экономических условий;

6) всемерное развитие разнообразных тематических исследований, которые ликвидируют отставание геологической изученности в сравнении с другими регионами.

Особенно важными вопросами, в частности для Гиссара, являются: а) детальное стратиграфическое расчленение осадочно-вулканогенных толщ, обеспечивающее возможность проведения геологосъемочных работ крупного масштаба; б) возрастное расчленение интрузивных комплексов района и их петрохимическая характеристика; в) установление закономерностей пространственного размещения полиметаллического и других типов оруденения района; г) значение различных типов околорудных изменений вмещающих пород для поисков и оценки месторождений; д) взаимоотношения свинцоворудных минерализаций района, размещающихся в палеозойских и юрских породах; е) изучение и прогнозная оценка промышленного значения свинцовой минерализации в юрских и меловых осадочных толщах. Многие из этих вопросов требуют первоначального освещения, другие же — самого углубленного изучения.

Составление металлогенических, прогнозных, структурно-геологических карт и другие обобщающие работы — один из этапов в изучении района.

Третье направление деятельности, связанное с геологическим освоением равнинных пространств, по своим масштабам поистине грандиозно. В осуществлении этой задачи должны принять участие многие геологические организации Министерства геологии и охраны недр, Министерства нефтяной промышленности и научные учреждения республики.

В 6-й пятилетке геологические организации Узбекистана должны создать геологическую карту масштаба 1 : 200000 на площади 150 тыс. *км*^{2}. Особенностью этой карты будет отражение геологического строения толщ пород, заключенных между палеозойским цоколем и четвертичным покровом, при этом четвертичные образования должны получить самую полную характеристику, а породы палеозоя — некоторое освещение и на больших глубинах. Для осуществления этих работ будут применяться разнообразные методы геологических, гидрогеологических и геофизических исследований. Особое место должны занять методы исследований, применяемые при поисках месторождений в нефтяной геологии. Для обеспечения комплексного подхода к изучению материалов, получаемых дорогостоящими буровыми работами, и своевременного осмысления результатов для изменения направления работ необходимо участие отдельных специалистов и коллективов различных геологических направлений.

Таким образом, еще до координации планов работ между организациями в качестве главнейших задач этого направления могут быть указаны следующие:

1) проведение комплексных геологосъемочных работ масштаба 1 : 200000 для создания полноценных геолого-гидрогеологических карт равнинных пространств республики, отражающих глубинное строение территории;

2) проведение широкого комплекса геофизических исследований в качестве одного из эффективных средств решения сложных геологических задач изучаемой территории;

3) разработка единых для всех организаций схем сбора, описания и обработки материалов буровых скважин (особенно для скважин глубокого бурения);

4) обеспечение установления малейших признаков полезных ископаемых в исследуемых толщах;

5) разработка единой схемы стратиграфического расчленения четвертичных отложений;

6) создание палеогеографических карт различных периодов мезозойской и кайнозойской эр на основе имеющихся материалов;

7) строительство стационарных баз вблизи объектов работ с комплексом оборудованных лабораторий, необходимых для производства работ.

Независимо от перечисленных направлений работ важнейшими, определяющими весь успех выявления и разведки промышленных месторождений полезных ископаемых, являются задачи ускоренного, а также геологически и экономически эффективного производства геологоразведочных, поисковых и геологосъемочных работ. В связи с этим особое внимание должно уделяться соблюдению плановых сроков, а также эффективности проведения геологических работ, ускорению сроков разведки и передачи месторождений промышленности, организации и производительности труда, применению экономических методик разведки, внедрению новой техники и усовершенствованию технологии процессов и т. п.

Для успешного выполнения задач, стоящих перед геологами Узбекистана, необходимо уделить внимание единству действий организационно разобщенных геологических коллективов.

Из краткого обзора состояния геологической изученности отдельных районов республики и перечня некоторых неотложных задач и вопросов геологии видно, что от разрешения последних и от успеха выявления новых источников минерального сырья будет зависеть путь дальнейшего развития горнодобывающей промышленности республики.

В настоящее время имеются все основания рассчитывать на благоприятные результаты предстоящих работ по изучению недр республики. Нет сомнения в том, что геологи Узбекистана с сознанием своей ответственности за порученное дело разрешат эти задачи.

СОДЕРЖАНИЕ

Металлогения — геологическая основа поисков месторождений полезных ископаемых 3

От редактора 5
Предисловие 6
Введение 7
Глава 1. Металлогения как наука 11
Предмет и задачи металлогении 11
Самостоятельное значение металлогении и ее отношение к другим геологическим дисциплинам . . . 16
Научно-практическое значение металлогении . . . 21
Глава II. Основные этапы развития металлогенических представлений и металлогении 25
Глава III. Металлогения территорий (провинций и рудных районов) 38
Типы металлогенических территорий (провинция, рудный район и рудный пояс) 38
Металлогеническое районирование территорий . . 48
Сравнительная характеристика металлогении геосинклиналей и платформ 50
Сравнительная характеристика «внешних» и «внутренних» зон геосинклиналей 53
Глава IV. Металлогения эпох и геологических периодов . 56
Расчленение металлогенических процессов во времени 56
Металлогенические эпохи 57
Глава V. Тектоно-магматические комплексы и их металлогеническое значение 80
Глава VI. Металлогения процессов 86
Требования металлогении к генетической классификации месторождений 86
Генетические ряды месторождений 92
Металлогеническая специализация 98
Глава VII. Металлогения элементов 102
Общие вопросы 102
Глава VIII. Металлогенические факторы 108
Глава IX. Источники металлов в эндогенном металлогенезе. 118
Современное состояние вопроса 118
Об источниках металлов в постмагматических процессах 122
О потенциальной металлоносности магмы . . . 128

Глава X. Генетическая связь постмагматического оруденения с интрузивами 135
Современное состояние вопроса о магмах . . . 135
Существующие взгляды на связь оруденения с интрузиями 142
Некоторые принципиальные вопросы проблемы генетической связи оруденения с интрузиями . . 147
О главнейших критериях для установления генетической связи сруденения 156
Глава XI. Роль ассимиляционных процессов в постмагматическом рудообразовании 166
К истории вопроса 166
Значение ассимиляции в петрохимической специализации кислой магмы 167
Роль ассимиляционных процессов в постмагматическом рудообразовании 171
Глава XII. Металлогеническое значение дайковых и жильных образований 182
Возрастные расчленения дайковых и жильных образований 182
Отношение даек и жил к постмагматической рудной минерализации 191
Значение дайковых и жильных образований в металлогении 194
Некоторые вопросы современной петрологии 201
Очередные задачи в изучении петрологии и металлогении Средней Азии 210
Вступительное слово на II Всесоюзном петрографическом совещании 217
Заключительное выступление на II Всесоюзном петрографическом совещании 220
Геологическое районирование Средней Азии как основа прогнозирования полезных ископаемых 231
Некоторые вопросы металлогении. Общая характеристика металлогенических процессов. 254
Вступительное слово на I Среднеазиатском совещании по методике составления металлогенических и прогнозных карт (г. Ташкент, май 1962 г.) 276
К вопросу о классификации гранитных пегматитов . . . 278
Ближайшие задачи геологической службы УзССР 293

Хабиб Мухамедович
Абдуллаев

СОБРАНИЕ СОЧИНЕНИЙ

ТОМ VI

Редакторы *Л. И. Израецкая, Д. М. Захаровская*
Технический редактор *Х. Карабаева*
Корректор *Н. В. Хазова*

Р07953. Сдано в набор 12/III-1967 г. Подписано к печати 27/X-1967 г.
Формат 60×90¹/₁₆=9,5 бум. л., 19,0 печ. л. Уч.-изд. л. 18,6
Изд. № 1957. Тираж 1500. Цена 1 р. 70 к.

Типография Изд-ва „Фан" УзССР, Ташкент, ул. Черданцева 21.
Заказ № 198
Адрес Изд-ва: г. Ташкент, ул. Гоголя, 70.

489