

А. Д. ШЕТЛОВ

ОСНОВНЫЕ

ПРОБЛЕМЫ

СОВРЕМЕННОЙ

МЕТАЛЛОГЕНИИ

ВОПРОСЫ ТЕОРИИ

И ПРАКТИКИ

НЕДРА

Надеждин

А. Д. ЩЕГЛОВ

ОСНОВНЫЕ ПРОБЛЕМЫ СОВРЕМЕННОЙ МЕТАЛЛОГЕНИИ

ВОПРОСЫ ТЕОРИИ
И ПРАКТИКИ

5104



ЛЕНИНГРАД «НЕДРА» ЛЕНИНГРАДСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ 1987



Щеглов А. Д. Основные проблемы современной металлогении (вопросы теории и практики). — Л.: Недра, 1987. — 231 с.

Освещаются цели и задачи современной металлогении, дается краткий обзор металлогенических исследований. Подчеркивается важное значение основных положений традиционной металлогении, изучающей закономерности размещения рудных месторождений в связи с эволюцией структур земной коры. Рассматриваются общие закономерности проявления месторождений в различных структурах континентов и океана и эволюция рудных процессов во времени. Обсуждаются представления о рудных формациях и их значение для прикладной металлогении. Разбираются проблемы нелинейной металлогении. Подчеркивается сложность и многогранность путей развития рудных процессов в земной коре и их непрерывная взаимосвязь. Освещаются вопросы металлогении, основанные на идеях тектоники плит. Рассматриваются главные законы металлогении и общие тенденции проявления рудных процессов в земной коре. Разбираются практические вопросы металлогении, вытекающие из последних достижений советской геологии. Характеризуются основные проблемы современной металлогении. Намечаются дальнейшие пути развития металлогенических исследований.

Для научных работников — геологов, занимающихся изучением закономерностей размещения, прогнозированием и поисками рудных месторождений.

Список лит. 184 назв.

Рецензент — акад. В. И. Смирнов (МГУ).

Ранее во многих работах отмечалось, что отечественная металлогеническая наука развивалась в нашей стране в 50—70-е годы весьма плодотворно [102, 116, 157]. Ее успехам мы обязаны прогрессу в познании общих закономерностей размещения прежде всего эндогенных рудных месторождений, выявлению ряда новых рудных районов и провинций на территории Советского Союза. К сожалению, в последние годы интерес к металлогеническим исследованиям несколько снизился, что, очевидно, связано с рядом причин, из которых по крайней мере три достаточно очевидны. Первая из них, по-видимому, заключается в том, что в нашей стране закончился этап составления металлогенических и прогнозных карт, основанный на общих, теоретических принципах регионального металлогенического анализа, разработанных и позднее усовершенствованных в конце 50—60-х годов [85, 157]. Вторая причина во многом обусловлена «вторжением» в металлогению представлений концепции тектоники плит или глобальной тектоники, что в определенной степени затормозило творческий подход к анализу новых явлений и фактов, связанных с установлением закономерностей размещения рудных месторождений, подменив его применением стандартных геодинамических ситуаций к металлогеническому анализу.

И наконец, очевидно, имеет место определенный отрыв металлогенических обобщений от современного материала по геологическим, геофизическим, геохимическим особенностям глубинного строения тектоносферы, что отражается в попытках многих исследователей объяснить все металлогенические особенности конкретных регионов только спецификой эволюции поверхностных структур земной коры. Так или иначе, но несомненно, что в последние годы наступило определенное «охлаждение» к металлогеническим исследованиям, наметился отход некоторых научных коллективов и отдельных исследователей от изучения закономерностей размещения рудных месторождений в региональном плане и переключение интересов на решение других важных, но в значительной степени частных вопросов рудной геологии.

В то же время анализ нового фактического материала по геологии и глубинному строению различных регионов Советского Союза и зарубежных стран однозначно показывает, что выявление

региональных закономерностей размещения рудных месторождений в структурах земной коры не потеряло своего научного и практического значения, наоборот, оно приобретает в настоящее время особое звучание, ставя перед собой главной задачей на основе нового фактического материала установление и новых закономерностей, использование которых в прикладных целях должно привести к открытию новых рудных районов и месторождений.

Эти вопросы обычно рассматриваются в рамках одного из направлений металлогенических исследований — общей или теоретической металлогении, — главная цель которого — создание с учетом новейшего фактического материала всего комплекса геологических знаний (по геологии, геохимии, геофизике, тектонике, минералогии, рудным месторождениям и т. д.) современных теоретических основ металлогении как самостоятельной науки и совершенствование металлогенического анализа как совокупности методов познания (выявления) закономерностей размещения месторождений в пространстве и во времени в структурах земной коры. В этом плане, несмотря на упомянутые выше отрицательные обстоятельства, советскими исследователями в последние годы внесен весомый вклад в познание общих закономерностей размещения рудных месторождений с учетом новых подходов и интерпретаций «старого» и современного фактического материала [1, 28, 76, 77, 79, 87, 100, 102, 117, 136, 158 и др.].

Следует подчеркнуть, что в последние годы в металлогении и металлогеническом анализе наметились определенные новые тенденции их развития. Во-первых, произошли определенные изменения в характере опубликованных работ, когда на смену обобщениям по региональной металлогении пришли публикации по металлогении отдельных элементов, группам месторождений (формациям), как бы восполняя определенный пробел в исследованиях по специальной металлогении. Во-вторых, в последние годы в металлогенический анализ активно вторгаются новые методы исследований: помимо математических методов успешно используются в металлогении данные, получаемые о нашей планете из космоса, методы морфоструктурного и палеогидрогеохимического анализов [89], шире и более всесторонне анализируется геологическая и геофизическая [28, 59, 121] информация, которая интерпретируется с помощью ЭВМ для целей металлогенического анализа уже более многогранно, чем ранее.

Это свидетельствует о продолжающемся в нашей стране развитии металлогенического анализа, металлогении в целом как науки, ее совершенствовании с учетом развития смежных геологических дисциплин. В настоящее время в условиях научно-технической революции, когда резко возросло потребление минерального сырья, а геологоразведочные работы приобрели огромные масштабы, перед рудной геологией и металлогенией встала важная проблема разработки подлинно научных методов количественной оценки запасов перспективных рудоносных площадей и отдельных месторождений. Разработка этой проблемы связана с решением

важнейших теоретических и практических вопросов современной геологии. Она предусматривает выяснение причин неравномерной концентрации полезных ископаемых в литосфере и связана с разработкой моделей формирования месторождений, основанных на всестороннем анализе условий проявления промышленных рудных концентраций с помощью методов, позволяющих применять «число и меру» при оценке субъективных геологических факторов. Это новое направление научных исследований, находящееся на стыке металлогении, геологии месторождений полезных ископаемых, физико-химического моделирования рудных процессов и математики, еще не получило надлежащего развития.

Несмотря на определенные успехи в изучении ряда вопросов современной металлогении, имеется еще много задач, изучение которых должно способствовать развитию теоретических и практических проблем этой науки. К таким вопросам относятся прежде всего более глубокое познание закономерностей размещения и генезиса рудных месторождений в различных геологических структурах, при этом важное значение приобретает выяснение причин образования крупных и уникально крупных месторождений. Сюда же относятся и вопросы теоретического и методического характера, связанные с поисками «слепых», не выходящих на дневную поверхность месторождений, с выявлением геологических факторов их размещения. В связи с этим особое значение приобретают геохимические исследования, теоретическое осмысливание на металлогенической основе огромного материала, накопленного в результате площадных геохимических работ. Вопросы изучения металлогении и геохимии рудных районов имеют сейчас особо важное значение в связи с поисками в старых рудных провинциях месторождений, не выходящих на поверхность.

Кроме того, при создании новых сырьевых баз вопрос теперь идет не о выявлении отдельных месторождений, а о создании крупных минерально-сырьевых комплексов (рудных районов), для чего необходим прежде всего точный металлогенический прогноз и правильная геолого-экономическая оценка перспективных территорий. Это придает металлогеническому анализу отчетливую практическую направленность и выдвигает металлогеническую науку в разряд геологических дисциплин, имеющих большое народнохозяйственное значение. Поэтому совершенствование металлогенического анализа, металлогенических представлений является одной из важнейших задач отечественной геологической науки, которая всегда неразрывно связана с решением прикладных проблем геологии.

В самые последние годы в отечественной и зарубежной литературе появился ряд крупных, обобщающих работ по различным проблемам металлогении. Среди них в первую очередь следует назвать монографии под редакцией Д. В. Рундквиста: «Критерии прогнозной оценки территорий на твердые полезные ископаемые» (1986 г.) и «Рудоносность и геологические формации структур земной коры» (1981 г.), книгу В. Н. Козеренко «Эндогенная

металлогения» (1981 г.), обобщающие монографии Г. А. Твалчре-лидзе «Металлогения земной коры» (1985 г.), А. А. Ковалева «Мобилизм и поисковые геологические критерии» (1985 г.), Д. И. Горжевского В. Н. Козеренко, Р. М. Константинова «Магматические и рудные формации» (1986 г.), книги автора «Основы металлогенического анализа» (1980 г.) и «Нелинейная металлогения и глубины Земли» (1985 г.), коллективную работу «Магматогенно-рудные системы» (1986 г.) и др., а также книги зарубежных ученых Л. Бауманна и Г. Тишендорфа «Введение в металлогению и митерагению» (1979 г.), А. Митчелла и М. Гарсона «Глобальная тектоническая позиция минеральных месторождений» (1984 г.) и др.

Эта крупная серия книг даже по их названиям наглядно отражает характер исследований в области общей (теоретической) металлогении, основную направленность последних лет в области изучения региональных закономерностей формирования и размещения месторождений. При этом следует учесть, что список монографий далеко не полон [71, 87, 99, 136, 137].

Публикация этих работ, многие из которых содержат большой фактический материал, позволяет автору во многих случаях не повторять уже известное, а сослаться на те или другие исследования, ограничивая с учетом заданного объема работы изложение уже опубликованных фактов. Это обстоятельство, по мнению автора, не делает бездоказательными отдельные положения настоящей работы.

В предлагаемой читателю книге рассматриваются общие вопросы металлогении, которые освещаются с позиций трех в значительной степени взаимосвязанных концепций: позиций традиционной металлогении, основанной на признании геосинклинальных процессов в земной коре как ведущих факторов ее развития, обуславливающих возникновение месторождений в геосинклинально-складчатых областях разных типов; представлений нелинейной металлогении, в определенной степени нового подхода к анализу металлогенических закономерностей, и концепции тектоники плит. Эти три пути в развитии металлогенических исследований в значительной мере отражают общую направленность и эволюцию современных представлений о характере формирования и закономерностях размещения прежде всего эндогенных месторождений в структурах земной коры.

Предлагаемая читателю книга посвящена только некоторым проблемам современной металлогении, которые являются предметом изучения общей (или теоретической) металлогении. Основная цель исследования — показать пути развития теоретической металлогении, сопоставив основы традиционной (классической) металлогении, ее сегодняшнее состояние с некоторыми новыми направлениями исследований региональных закономерностей размещения месторождений, осветить некоторые вопросы современной металлогении в аспекте прикладных задач. Определенной особенностью книги является обобщение ряда положений автора, высказанных в его ранее опубликованных работах.

Цели и задачи современной металлогении. Краткий обзор состояния металлогенических исследований

Современная металлогения представляет собой сложную комплексную науку, синтезирующую последние достижения многих направлений геологических знаний. В настоящее время, пожалуй, нет уже сомнений в том, что эта наука является составным звеном цикла наук о Земле, призванных решать важные теоретические и практические проблемы. Главной задачей металлогении, металлогенических исследований является изучение закономерностей формирования и размещения в пространстве и во времени главным образом эндогенных месторождений полезных ископаемых в структурах земной коры. Эта задача неразрывно связана с решением сложных прикладных вопросов, направленных на совершенствование прогноза размещения месторождений, а следовательно, и определения положения перспективных рудоносных площадей, что в свою очередь должно определять выбор оптимальных путей (направлений) поисковых работ и непосредственно влиять на эффективность геологоразведочных исследований в стране. Все это вместе взятое придает особое значение металлогении как науке, тесно связанной с задачами полного и своевременного обеспечения народного хозяйства всеми видами минерального сырья.

В настоящее время одной из задач металлогении являются прогноз и открытие крупных и богатых месторождений различных полезных ископаемых, прежде всего в экономически благоприятных для освоения и особенно в освоенных районах нашей страны. В связи с этим на современном этапе металлогенических исследований важное значение приобретают вопросы научного прогноза размещения месторождений полезных ископаемых на относительно локальных площадях, решение которых должно способствовать расширению и улучшению минерально-сырьевой базы действующих горнорудных предприятий. Поставленные перед металлогенией задачи решаются с помощью металлогенического анализа, представляющего собой совокупность специальных методов, применяемых при установлении геологических условий образования и закономерностей размещения месторождений в связи с историей развития различных структурных элементов земной коры. Эти вопросы в последние годы с методических позиций нашли свое отражение в ряде крупных публикаций [71, 87, 102, 136].

Металлогения и создание металлогенического анализа — достижение советской геологической школы. Приоритет советских ученых в данной области геологических знаний общепризнан. Сейчас, когда металлогения как самостоятельная наука находит широкое признание у исследователей различных направлений и стран, нельзя с удовлетворением не отметить, что основы и развитие этой науки были заложены трудами советских ученых, и в первую очередь В. А. Обручева, Е. Е. Ферсмана, С. С. Смирнова, Ю. А. Билибина, Н. С. Шатского, Д. И. Щербакова, В. И. Смирнова, К. И. Сатпаева, Х. М. Абдуллаева, В. А. Кузнецова, И. Г. Магакьяна, Е. А. Радкевич, Г. А. Твалчрелидзе, Е. Т. Шаталова и других. Именно этим ученым сегодня обязана советская геология тем, что металлогения как самостоятельное научное направление успешно развивается и решает важные теоретические и практические вопросы.

Выдающиеся естествоиспытатели России отчетливо понимали значение закономерностей размещения полезных ископаемых для решения практических задач. Так, М. В. Ломоносов в своих трудах о Земле писал: «Пойдем ныне по своему Отечеству; станем осматривать положение мест, и разделим к производству руд способные от неспособных; потом на способных местах поглядим примет надежных, показывающих самые места рудные»*. Эти мысли М. В. Ломоносова в общем виде определили достаточно точно главное содержание исследований по выявлению закономерностей размещения рудных месторождений. Позднее известные русские ученые П. П. Аносов [4], И. А. Полетика [93], А. Д. Озерский и другие неоднократно отмечали, что в размещении рудных месторождений в земной коре намечаются определенные закономерности, различные по своим масштабам. И. А. Полетика это отчетливо показал для золоторудных месторождений Азии и Америки, а А. Д. Озерский — для рудных месторождений Забайкалья. Они подчеркивали значение поясового, зонального размещения рудных месторождений.

Значительно позднее, в годы первых пятилеток широким фронтом развернувшиеся геологические исследования привели к открытию многочисленных рудных месторождений, позволили собрать огромный фактический материал, требовавший глубокого анализа и обобщения. Работа по обобщению эмпирического фактического материала по размещению рудных месторождений в различных регионах нашей страны привела к возникновению в СССР новой области геологических знаний — учению о закономерностях размещения месторождений полезных ископаемых в земной коре. Исследования советских ученых в этой области широко известны; они пользуются признанием геологов многих стран. Советские ученые первыми начали систематические региональные металлогенические исследования своей страны, выявили взаимосвязи разных металлов с различными геологическими факторами и разработали

* Ломоносов М. В. О слоях земных. М.—Л., Госгеолыздат, 1949. с. 96.

научные, теоретические основы регионального металлогенического анализа.

Напомним, что металлогенические исследования, ставившие целью установление общих закономерностей проявления месторождений в крупных провинциях для более эффективного направления геологоразведочных работ, проводились уже в 20—30-е годы. К особо выдающимся работам того периода прежде всего следует отнести известные публикации В. А. Обручева [83, 84] по характеристике металлогенических эпох и провинций Сибири и А. Е. Ферсмана [144] по Монголо-Охотскому редкометалльному поясу.

В эти годы постепенно развернулись исследования по выявлению закономерностей размещения месторождений полезных ископаемых в главных рудных регионах СССР, в результате которых был накоплен новый фактический материал и сделаны первые обобщения, позволившие установить не известные ранее закономерности размещения оруденения.

Три наиболее общих теоретических положения вытекало из этих исследований:

а) были установлены достаточно отчетливо связи определенного оруденения с определенными по составу магматическими породами, что позднее позволило С. С. Смирнову поставить вопрос о так называемых специализированных интрузиях;

б) в различных регионах была установлена поясовая зональность оруденения, свидетельствующая о специализации определенных рудоносных территорий в пределах более крупных провинций;

в) наметилось, и это, может быть, самое главное, что последовательным этапам развития земной коры свойственны определенные группы полезных ископаемых.

Примером таких работ служат исследования С. С. Смирнова по Восточному Забайкалью и В. П. Нехорошева по Рудному Алтаю, впервые установившие в указанных регионах рудные пояса с различным оруденением. В эти годы особенно плодотворными были металлогенические исследования, проведенные А. Г. Бетехтиным, А. Н. Заварицким, П. М. Татариновым, С. Н. Ивановым по Уралу, В. Г. Грушевым и Л. А. Варданянцем по Кавказу, Д. И. Щербаковым, Б. Н. Наследовым, Ф. И. Вольфсоном, В. М. Крейтером, А. В. Королевым и В. И. Смирновым по Средней Азии, К. И. Сапьяевым, Н. Г. Кассиным, М. П. Русаковым по Казахстану, М. А. Усовым, В. А. Кузнецовым и Ю. А. Кузнецовым по Сибири, И. Ф. Григорьевым и В. П. Нехорошевым по Алтаю, С. С. Смирновым и О. Д. Левицким по Забайкалью, С. С. Смирновым и Ю. А. Билибиным по Северо-Востоку СССР. Эти работы, еще не связанные единой методикой и сходными теоретическими представлениями, заложили фундамент будущих широких металлогенических исследований. Для них характерен общий исторический подход к анализу закономерностей рудных месторождений, рассматривающий процессы формирования месторождений во взаимосвязи с другими геологическими явлениями.

Особое место занимают исследования С. С. Смирнова. По существу, его работы [118, 119] по металлогении Восточного Забайкалья и Северо-Востока СССР явились первыми наиболее крупными исследованиями в нашей стране, всесторонне анализирующими связь рудных месторождений с магматизмом, осадконакоплением и тектоникой. Эти работы были с методических позиций предшественниками современных металлогенических исследований. С. С. Смирновым был показан поясовый характер размещения оруденения в Восточном Забайкалье и намечены причины этих явлений. В более поздних работах по металлогении Северо-Востока СССР и особенно планетарного Тихоокеанского рудного пояса С. С. Смирнов [120] на конкретных примерах показал, что отдельные регионы характеризуются присущей только им металлогенической специализацией, зависящей от специфики тектоно-магматического развития, которое различно для крупных структурных единиц земной коры.

В 30—40-е годы существенный вклад в изучение металлогении Средней Азии и Кавказа внес Д. И. Щербаков [162, 163], подошедший к анализу размещения оруденения в этих регионах с формационных позиций и обративший особое внимание на роль фундамента в локализации месторождений. В эти же годы появились первые обобщающие работы Ю. А. Билибина [18].

Важно подчеркнуть, что в процессе этих исследований вокруг ведущих ученых создавались школы геологов-рудников, специалистов в области регионального анализа особенностей проявления рудных месторождений. Указанные работы, по существу, заложили основы современных металлогенических исследований, выдвинули советскую геологическую школу в число ведущих в области металлогенического анализа. И только Великая Отечественная война 1941—1945 гг. резко затормозила развитие региональных металлогенических исследований, подчинив все работы в области геологии решению главным образом практических вопросов, связанных с расширением минерально-сырьевой базы страны. Однако и в эти трудные годы особенно интенсивно развивалась специальная металлогения некоторых наиболее важных металлов — олова, вольфрама, молибдена, золота и др.

В послевоенные годы металлогенические исследования в Советском Союзе получили особенно широкий размах. Этот период в развитии металлогенических работ в стране связан с именами С. С. Смирнова и Ю. А. Билибина, которых советские геологи по праву считают основоположниками регионального металлогенического анализа.

После того как известными трудами С. С. Смирнова, Ю. А. Билибина и их учеников металлогения как наука завоевала признание и право на самостоятельное существование, советскими исследователями были созданы многочисленные общие и частные схемы металлогенического развития, детально изучена металлогения конкретных регионов, выполнен огромный объем работ по выявлению закономерностей размещения рудных месторождений в раз-

личных геологических структурах, составлены металлогенические карты разных масштабов, наглядно графически отражающие установленные закономерности. Все это привело к открытию новых рудных провинций, районов и месторождений, способствовало выявлению не известных ранее типов месторождений и в совокупности существенно обогатило геологическую науку, прежде всего учение о полезных ископаемых.

В разные годы советскими исследователями были созданы общие металлогенические схемы развития геосинклинально-складчатых зон [18, 85, 110] и платформ [71, 127, 128]. Особенно значительный вклад в характеристику металлогении геосинклинально-складчатых областей был внесен Ю. А. Билибиным [18] и коллективом Всесоюзного научно-исследовательского геологического института (ВСЕГЕИ) в Ленинграде, в стенах которого зародились первые представления об общих закономерностях металлогенического развития геосинклинальных (подвижных) зон.

Во ВСЕГЕИ были составлены первые металлогенические карты крупных регионов и опубликованы в 1957 г. коллективом авторов «Общие принципы регионального металлогенического анализа и методика составления металлогенических карт для складчатых областей» [85].

Эта работа подвела на тот период определенный итог нашим знаниям в области регионального металлогенического анализа и, что особенно ценно, наметила пути дальнейшего развития металлогенических исследований, подчеркнув необходимость усиления работ прежде всего в двух направлениях: в области выделения и изучения различных типов структурно-металлогенических зон (А. И. Семенов) и рудных комплексов (Г. С. Лабазин). Причем изучение этих проблем предлагалось осуществлять на принципах формационного анализа, получившего в настоящее время широкое признание и развитие.

Необходимо подчеркнуть, что вопросы региональной металлогении и методики составления металлогенических и прогнозных карт с начала 50-х годов начали разрабатываться многими крупными геологическими организациями Советского Союза (в Казахстане, на Украине, в Средней Азии, на Урале). Именно в эти годы появились известные работы Д. И. Щербакова [162, 163], К. И. Сатпаева [106], Х. М. Абдуллаева [2, 3], которые с несколько иных позиций, чем школа ВСЕГЕИ, рассматривали вопросы формирования эндогенных месторождений в общем ходе развития подвижных зон, а также методику составления металлогенических карт.

Широко известны работы И. Г. Магакьяна [67, 69] по металлогении континентов, в которых обобщен большой фактический материал по закономерностям размещения эндогенного оруденения в различных странах мира; много сделано этим исследователем по металлогенической классификации (типизации) рудоносных провинций СССР, их сопоставлению между собой и определению главных их признаков [68, 69].

В конце 50-х годов появляются интересные работы по металлогении конкретных регионов. К числу таких исследований принадлежат в первую очередь работы Е. А. Радкевич по Приморью, М. И. Ициксона по Дальнему Востоку, Е. А. Карповой по Средней Азии, Г. А. Твалчрелидзе по Кавказу и др. В этих работах на основе анализа особенностей проявления эндогенной минерализации в конкретных регионах были показаны специфические черты металлогении каждого из них, выделены типовые металлогенические зоны и группы месторождений (рудные комплексы и формации).

Большое значение для развития металлогенических исследований и вопросов общей металлогении имели работы В. И. Смирнова [110, 114, 115] по металлогенической классификации геосинклинальных зон и особенностям металлогении полициклических геосинклиналей. Важно подчеркнуть, что в процессе этих работ схема Ю. А. Билибина претерпела существенные изменения. Были выделены по металлогеническим особенностям геосинклинально-складчатые области разных типов и дана характеристика их тектонических элементов. В. И. Смирнов [110] установил четыре самостоятельных металлогенических типа геосинклинально-складчатых зон. Проанализировав особенности проявления эндогенного оруднения в различных типах геосинклиналей по стадиям их развития, он пришел к выводу, что главное значение для их металлогенической характеристики имеют соотношения и интенсивность магматизма ранней стадии собственно геосинклинального развития и характер тектонического режима средней стадии в период главных фаз складчатости по степени обращенного или необращенного превращения геосинклиналей в складчатые области. В. И. Смирнов отчетливо показал металлогеническое значение и индивидуальность развития тектонических элементов геосинклиналей: геосинклинальных рвов, внутренних зон, срединных массивов, периферических зон, геосинклинальных рам и пограничных разломов. Каждая из этих структур характеризовалась строго специфическим набором рудных месторождений, различных для геосинклиналей разных типов. Большой вклад в развитие современных представлений об эволюции рудных процессов в геосинклинально-складчатых поясах разных типов и на платформах внесли известные исследования В. А. Кузнецова, И. Г. Магакьяна, Е. А. Радкевич, К. И. Сатпаева, Г. Н. Щербы, Г. А. Твалчрелидзе, Д. В. Рундквиста, Я. Н. Белевцева, Т. В. Билибиной, Ю. Г. Старикова, Н. С. Малича, Е. Д. Карповой, П. М. Хренова, Х. М. Абдуллаева и многих-многих других.

В последующие годы определилась важная роль процессов тектоно-магматической активизации консолидированных структур (областей эпиплатформенного орогенеза или дейтерогенеза) в формировании месторождений. Было показано, что металлогения областей тектоно-магматической активизации — это новое перспективное направление в науке о закономерностях размещения месторождений полезных ископаемых, связанное с изучением металло-

гении подвижных структур негеосинклинального ряда, развивающихся на консолидированных геосинклинально-складчатых областях, платформах и срединных массивах. Эти структуры долгое время не привлекали должного внимания исследователей, хотя, как оказалось, именно с их развитием связаны многие эндогенные месторождения. Позднее были проанализированы и намечены связи рудных процессов, провинций и районов с явлениями субдукции и океанского рифтогенеза. Сделаны попытки использовать идеи концепции тектоники плит для объяснения закономерностей размещения рудных месторождений в земной коре. Очень важным было и то, что во многих исследованиях металлогенического профиля было показано, что различные группы рудных месторождений являются надежными индикаторами определенных тектонических режимов и структур.

Работами Ю. Г. Старицкого [127, 128] и других были заложены основы металлогении платформ и выявлены главнейшие особенности металлогенического развития этих крупнейших структур земной коры.

В Советском Союзе в конце 50-х — начале 60-х годов широко развернулись работы по составлению металлогенических карт главнейших рудоносных провинций страны, позволивших проанализировать огромный фактический материал по закономерностям размещения рудных месторождений в разновозрастных складчатых областях и на платформах. На основе этого материала были сделаны первые обобщения по классификации металлогенических провинций и рудоносных площадей.

Развитие металлогенических работ в стране, изучение металлогении конкретных регионов и металлов способствовало созданию крупных обобщающих работ в области региональной металлогении. Среди таких работ в первую очередь следует отметить исследование В. И. Смирнова «Очерки металлогении» [1963 г.], посвященное металлогении и принципам выделения рудных провинций СССР, а также капитальную сводную работу по металлогении страны, созданную большим коллективом авторов, «Основные закономерности размещения месторождений полезных ископаемых на территории СССР» [1968 г.], работы сотрудников ВСЕГЕИ по региональным и локальным закономерностям размещения месторождений разных типов и др.

В последние годы в металлогеническом анализе возник ряд новых направлений, вовлекших в орбиту рассмотрения не только новые структуры (например, срединные массивы, современные и палеорифтовые зоны, пограничные зоны сочленения платформенных и складчатых структур), но и применивших некоторые новые методы для выявления закономерностей размещения рудных месторождений. Это привлекло к металлогеническим построениям внимание исследователей разных школ и способствовало «активизации» металлогенической творческой мысли. Об этом, в частности, свидетельствуют итоги общесоюзных совещаний по металлогении докембрийских структур, а также X Всесоюзного металло-

генического совещания по металлогении Урало-Монгольского складчатого пояса (1983 г.). На последнем совещании, хотя, казалось бы, по названию оно носило региональный характер и было посвящено металлогении отдельных провинций, широко обсуждались общие вопросы металлогении, и в частности значение выделения рудных формаций для целей металлогенического анализа. Нельзя не отметить и проявившегося в последние годы широкого интереса к металлогеническим исследованиям и обобщениям за рубежом. Причем это связано с более внимательным и серьезным отношением зарубежных исследователей к пониманию необходимости познания закономерностей размещения месторождений на подлинно научной основе. Об этом, в частности, свидетельствует появление металлогенической карты Северной Америки под редакцией Ф. Гайлда и ряда других интересных металлогенических работ [178, 181, 183].

Недавно В. И. Смирнов [115, 116] рассмотрел пути развития современной металлогении; он указал, что среди новых металлогенических представлений могут быть отмечены следующие концепции: доменная, стереометаллогеническая, линеаментная, тектоники плит и формационная. Сущность доменной концепции сводится к простому оконтуриванию региональных площадей, характеризующихся развитием определенных, характерных для конкретной территории групп рудных месторождений. Нельзя сказать, что это принципиально новое направление, так как первые советские металлогенические карты были созданы на основе применения именно этого простого метода [157].

Стереометаллогенический метод основан на использовании данных о глубинном строении рудоносных территорий для целей выявления закономерностей размещения месторождений; это направление, безусловно, представляет большой интерес, но, скорее, является не столько самостоятельным направлением, сколько методом анализа новой геофизической информации по глубинному строению рудоносных территорий, все более часто используемому в практике металлогенического анализа в связи с появлением в последние годы разносторонней геофизической информации о строении глубинных зон земной коры.

Многочисленные металлогенические построения в связи с представлениями новой глобальной тектоники или тектоники плит хорошо известны [34, 171]; в ряде работ была показана их «научная легкость» и бесперспективность для решения практических вопросов [134, 151]. Достаточно сказать, что на основе этой концепции не выявлено ни одной новой закономерности в размещении рудных месторождений, поэтому не случайно, что эта ветвь металлогенических исследований быстро потеряла своих многочисленных сторонников и в настоящее время не рассматривается как серьезное научное направление.

Так называемая линеаментная концепция в различных своих аспектах [100, 136, 140] имеет главной целью выделение региональных рудоносных разломов или рудоконцентрирующих разрывных

структур. В последние годы продолжалось совершенствование представлений металлогении сквозных систем нарушений и линеаментов [100, 136, 140] прежде всего с позиций установления руководящих признаков, которые позволили бы выделить среди сквозных систем нарушений или отдельных их звеньев собственно рудоносные. Коллективом авторов, возглавляемым М. А. Фаворской [136, 139, 140, 141, 142, 143], недавно подчеркнута особая рудоконтролирующая роль «сквозных систем нарушений», для которых на примере ряда регионов (Средняя Азия, Казахстан, Дальний Восток) показано, что эти системы представляют собой трансконтинентальные, или глобальные линейные структуры, прослеживающиеся на значительном протяжении в скрытом, завуалированном виде, как линейно расположенные группы разнотипных геофизических аномалий. По мнению этих исследователей, линеаменты образуют древнейший широтно-меридиональный каркас планеты и на протяжении ее истории неоднократно оживлялись под влиянием растягивающих и сжимающих усилий, определивших сложный тектонический рисунок внутреннего строения и многоэтапное развитие эндогенных процессов.

Сквозные системы нарушений проявляются на всем протяжении по-разному, во многих случаях они соответствуют рифтогенным структурам или могут включать участки геосинклинальных структур, иногда имеют трансформный характер или проявляются как типичные рифты [136, с. 160]. Необходимо отметить, что такая характеристика рудоносных линеаментов крайне неопределенна, более того, эклектична и не отвечает на простой вопрос, что же это за структура — «рудоносная сквозная система нарушений». Рифтогенная (грабенообразная) структура, типичный рифт или геосинклиналь? Возможно, по мнению авторов работы [136], «сквозная система нарушений» — это первопричина образования указанных структур, единый прамеханизм их образования? В этом случае «сквозные системы нарушений» играют совершенно иную роль, чем это понимают авторы, и эти структуры тогда нельзя рассматривать как состоящие из других групп структур (рифты, геосинклинали и т. п.) и характеризовать (и изучать) их металлогенические особенности как единую группу геологических явлений, присущих только линеаментам. В этом вопросе много противоречий, а из уточненных «модернизированных» позиций авторов по-прежнему остается до конца не ясным, что же такое в их понимании «сквозная система рудоносных нарушений».

В то же время важно отметить, что, по мнению авторов этой концепции, крупные рудные месторождения в земной коре приурочены к структурным зонам, характеризующимся следующими особенностями:

«1. Они контролируются сквозными структурами подчиненных порядков, входящими в состав более крупных систем нарушений. В пределах подобных структур перспективные участки расположены дискретно и приурочены к узлам пересечения сквозных структур ортогональной сети с разломами иных типов.

2. Формирование рудных месторождений совпадает во времени с этапами развития сквозных структур, характеризующимися специфическими особенностями магматической проницаемости. При этом продуктивное оруденение возникает на поздних этапах неоднократно возобновлявшейся магматической активности. Последняя завершается обычно послерудным проявлением основных даек, свиты которых подчеркивают простирающие рудоцентрирующей сквозной структуры. Наиболее длительное и многоэтапное развитие магматических процессов сосредоточено в упомянутых выше узлах пересечения разнонаправленных дизъюнктивов, что позволяет определить эти последние в качестве узлов длительной эндогенной активности.

3. Таким образом, прогноз при поисках рудных объектов основывается на выделении различными методами узлов длительной эндогенной активности, занимающих площади, отвечающие по своим размерам рудным узлам и рудным полям. Подобные площади хорошо дешифрируются как автономные блоковые и кольцевые морфоструктуры и в качестве магматических аномалий, характеризующихся по сравнению с регионально распространенными разновидностями изверженных пород целым рядом отмеченных выше особенностей. К числу важных положений, установленных за последние годы, следует отнести сохранение аномального геохимического профиля магматизма подобных узлов в послерудных изверженных породах, что позволяет привлекать изучение последних при выделении перспективных участков. Характерная для описываемых узлов многофазность и многостадийность рудных процессов подтверждает тот известный факт, что наличие подобных признаков свидетельствует в пользу перспективности соответствующего рудопроявления» [136, с. 163].

Нами приводится такая большая цитата с целью отразить дословное понимание авторов указанной концепции ее значения для прогнозов и некоторых представлений общей металлогении. Обращает на себя внимание и то обстоятельство, что, по мнению авторов работы [136], перспективные рудоносные площади связаны не только с древними долгоживущими разломами, но и с современными кольцевыми морфоструктурами и автономными блоками. Однако, к сожалению, этот важный вопрос взаимосвязи линеаментов и кольцевых морфоструктур при условии, что те и другие рудоносны, в работах [100, 136] не разобран и остается практически открытым. Создается впечатление, что это разные рудоносные структуры, не связанные единой природой образования и не имеющие единых металлогенических причин и следствий. И тем не менее в настоящее время нельзя уж «отмахиваться» от большого фактического материала по металлогении сквозных глубинных систем нарушений, в особенности от тех взглядов и доказательств, которые относятся непосредственно к причинам локализации рудных районов и отдельных крупных рудных месторождений и установлению признаков таких рудных узлов, прежде всего как рудоносных территорий, характеризующихся длительной эндогенной ак-

тивностью, предопределяющей развитие оруденения. Именно это и составляет, на наш взгляд, главную сущность и ценность представлений (концепции) о сквозных рудоносных системах нарушений, разрабатываемых коллективом ИГЕМ АН СССР.

Наиболее перспективной В. И. Смирнов считает формационную концепцию и формационный метод составления металлогенических и прогнозных карт, полагая, что эта концепция возрождает традиции ленинградской металлогенической школы на новой основе. Действительно, эта концепция и метод весьма прогрессивны, но справедливости ради следует отметить, что именно на этой основе не в последние годы, а уже в конце 50-х — начале 60-х годов и позднее именно во ВСЕГЕИ были созданы первые металлогенические карты на структурно-формационной основе с выделением геологических формаций для крупных структур земной коры и их разных типов. Такой подход был обусловлен прежде всего тем, что определенные сочетания рудоносных геологических формаций характеризовались и определенной металлогенической специализацией и масштабами оруденения. Этому вопросу было уделено нами ранее особое внимание [157]. Поэтому, очевидно, правильнее считать, что «возрождение традиций» ленинградской металлогенической школы началось по крайней мере лет двадцать пять тому назад, а в настоящее время оно нашло только более полное отражение при составлении новых вариантов мелкомасштабных металлогенических карт территории СССР и в некоторых обобщениях последних лет [102].

5104
Значительный интерес для решения проблем общей металлогении имеют исследования коллектива ВСЕГЕИ под руководством Д. В. Рундквиста, результаты которых обобщены в известных монографиях «Критерии прогнозной оценки территорий на твердые полезные ископаемые» [62] и «Рудоносность и геологические формации структур земной коры» [102]. В первой из них большое внимание уделяется вопросам специальной металлогении, рассматриваются закономерности локализации различных типов месторождений в структурах земной коры и намечаются на этой основе критерии оценки рудоносных площадей. В работе подчеркивается большое значение формационного анализа при прогнозных исследованиях, что является совершенно справедливым, однако при этом под рудной формацией понимается характерный тип месторождений полезных ископаемых, «определяемый по парагенезису пород и руд различных зон месторождения, находящихся в определенных пространственно-временных соотношениях» [62, с. 27]. Иными словами, в основу выделения формаций авторами положен структурно-вещественный «парагенетический» признак без учета тектоно-магматических (геологических) условий проявления конкретных групп месторождений. Такой подход к выделению рудных формаций возможен, но вряд ли он оправдан (и необходим) при металлогеническом анализе крупных регионов, так как отвлекает исследователей от изучения главных особенностей проявления месторождений с установлением наиболее близких по текто-

ническим условиям формирования групп сходных месторождений.

Вторая монография коллектива авторов ВСЕГЕИ [102] интересна широким анализом рудоносности структур земной коры путем выделения и типизации различных структурно-формационных и структурно-металлогенических зон. Важно подчеркнуть, что в работе охарактеризованы структурно-металлогенические зоны следующих главных типов структур земной коры: геосинклиналей, орогенов и областей активизации, чехла платформ, щитов и докембрийского основания подвижных поясов, рудоносных систем разломов. Такой подход к выделению структурно-формационных и структурно-металлогенических зон представляется вполне правомерным и отражает трезвый подход к выявлению главных рудоносных элементов земной поверхности. Среди таких рудоносных структур выделено: раннегеосинклинальных — 14 зон; позднегеосинклинальных — 5; раннеорогенных — 9; позднеорогенных — 7; платформенного чехла — 17; активизации — 16 (повторного орогенеза — 10; рифтогенеза — 6). Характерно, что эти цифры не только статистика, а в определенной степени «идеология» авторов, отражающая общие закономерности размещения месторождений в земной коре.

Эти данные, в том числе выделение девятнадцати типов геосинклинальных зон, с очевидностью подчеркивают существование геосинклинальных структур, хотя, отдавая дань моде, авторы во вступительной главе отмечают: „С учетом того, что термин «геосинклиналь» потерял в настоящее время свою однозначность и рядом исследователей вообще отвергается в его старом понятии, ниже при определении названия типов зон в общем случае указывается более нейтральный термин — зона «геосинклинального типа»“ [102, с. 35]. Тем не менее, несмотря на такое предостережение, во всех остальных разделах работы отчетливо фигурирует «старый вариант» — термин „геосинклиналь“. Это обстоятельство очень важно, так как оно объективно подчеркивает значение геосинклинальных процессов, их особую роль в формировании рудных месторождений и рудоносных структурно-формационных зон геосинклинального этапа развития земной коры. В монографии большое внимание уделено рудоносности геологических формаций, показаны особенности различных формаций в связи с различной интенсивностью проявления связанного с ними оруденения, а также выделены типовые обстановки формирования месторождений. Последнее осуществлено на основе анализа характера проявления формаций в структурах земной коры, при этом рудные формации, на наш взгляд, без достаточных оснований подразделены на рудные формации секущих, стратифицированных и метаморфических комплексов, что только усложнило анализ проявления формаций и не отразило их главных геолого-тектонических условий формирования в структурах земной коры.

Кратко рассмотренные монографии, несомненно, интересны прежде всего как исследования, основанные на большом, причем

в значительной степени новом фактическом материале; в этом их главная ценность. Кроме того, важно и другое; в условиях «масштабированных атак» сторонников гипотезы тектоники плит, авторы всем ходом интерпретации фактического материала показали несостоятельность применения идей глобальной тектоники к выявлению закономерностей размещения месторождений полезных ископаемых. В этом один из важных общеметаллогенических выводов, вытекающих из анализа указанных работ ВСЕГЕИ.

Недавно В. Н. Козеренко [57] рассмотрел общие, теоретические проблемы эндогенной металлогении и показал, что металлогения — это синтетическая отрасль геологических знаний и достижения ее связаны с развитием многих наук о Земле. И здесь важно подчеркнуть, прежде всего в связи с появлением исследования Г. М. Власова и др. [70], что В. Н. Козеренко справедливо обращено внимание на обобщающий, синтезирующий характер металлогенических исследований, где комплексный, формационный анализ является методической основой работ. В. Н. Козеренко подчеркивает, что в настоящее время тектонической базой металлогенических построений должна служить геосинклинально-платформенная теория, при этом важное значение имеют представления о блоковом строении земной коры. В интересной книге этого автора в широком плане рассмотрены основные проблемы эндогенной металлогении, освещены региональные закономерности размещения месторождений в глобальных мегаблоках: Евроафриканском, Азиатско-Австралийском, Американско-Гренландском; охарактеризованы главнейшие металлогенические закономерности и вопросы эволюции эндогенного рудообразования во времени. В целом книга представляет собой хороший пример комплексного, синтетического подхода к анализу сложных общетеоретических и региональных проблем современной металлогении.

Привлекает внимание работа Г. М. Власова и др. [70], посвященная магматогенно-рудным системам и претендующая на особый вклад в развитие металлогенических исследований на основе применения к рудным объектам системного анализа. Эта работа содержит столько «откровений», что невольно возникает вопрос, знают ли ее авторы исследования представителей советской металлогенической школы, которые всегда во взаимосвязи анализировали проявление в структурах земной коры магматических и рудных процессов, пород и месторождений и на этой основе создавали металлогенические гипотезы и теории, т. е. занимались научным синтезом фактического материала. Правда, они не называли эту часть своих исследований системным анализом; однако суть их работы от этого не менялась. Жонглирование словом «система» в этой работе доведено до совершенства. Оно часто подменяет другие понятия, в частности широко распространенное понятие о рудных формациях. Именно рудные формации — это системы, это синтез, а не анализ, как утверждает Г. М. Власов. Подчеркнем, что даже последние работы металлогенического коллектива ВСЕГЕИ под редакцией Д. В. Рундквиста [102]

Г. М. Власов считает преимущественно аналитическими, а не синтетическими, т. е. не использующими системный анализ при изучении геологических (металлогенических) явлений [70, с. 4]. Книга Г. М. Власова и др. [70] не открывает, к сожалению, новых путей для отечественной металлогении, она эклектична в основе и не может на современном уровне развития металлогенических исследований претендовать на особое направление в изучении закономерностей размещения месторождений, как это считают ее авторы.

Вопросы металлогении скрытых линейментов и концентрических структур вновь недавно освещены в монографии И. Н. Томсона и др. [79]. В работе показано, что концентрические структуры и линейменты составляют протоструктурный каркас планеты; они имеют важное металлогеническое значение, причем структуры разных порядков характеризуются разными типами геологических формаций и связанных с ними месторождений. Подчеркивается длительность развития таких структур, часто превышающая длительность орогенных эпох. Предлагается новый подход к созданию структурной основы для металлогенических карт.

Интересным исследованием последних лет является книга «Региональная геология и металлогения СССР», вышедшая под редакцией Д. В. Рундквиста и А. А. Смыслова [99]. В ней в сжатом виде излагаются материалы по новым направлениям прогнозно-металлогенических исследований, подчеркивается, и это хорошо показано авторами, что ныне при решении металлогенических задач, связанных с выявлением закономерностей размещения месторождений, помимо традиционных методов исследования необходимо всесторонне анализировать палеогеохимические и космогеологические данные, а также производить моделирование (реконструкцию) геодинамического режима мантии. Последнее, по мнению авторов, позволяет увидеть палеорудные неоднородности мантии и на этой основе прогнозировать рудные месторождения. Авторы полагают, что существует отчетливая зависимость между типом и масштабом оруденения, с одной стороны, и p - T -условиями в мантии — с другой. Это, по их мнению, резко сужает область возможного использования гипотетических представлений о геохимической специализации мантийного субстрата, определяющей формирование металлогенических провинций; они полагают, что происхождение металлогенической и геохимической специализации следует непосредственно связывать с термическим режимом астеносферы и более глубоких зон мантии.

Все эти вопросы весьма дискуссионны, но важно, что их высказывают представители металлогенического коллектива ВСЕГЕИ, которые даже в рассматриваемой работе при характеристике различных типов структурно-металлогенических зон и рудных провинций не считают возможным привлекать к металлогеническому анализу материалы по глубинным, мантийным зонам и все разнообразие рудоносных зон и месторождений связывают с развитием структур земной коры. Это не только противоречие работы, но и противоречие, ведущее к ошибочным выводам о том, что одна и

та же формация или группа рудных формаций могут проявляться в различных типах структурно-формационных зон, а следовательно, рудные формации могут быть конвергентными. Такое заключение вытекает из признания авторами работы положения о том, что последовательность образования структурно-формационных (металлогенических) зон в истории регионов в общем плане всегда закономерна и в первую очередь отражает общую направленность эволюции земной коры [99, с. 145]. В то же время, если подойти к проблеме несуществующих конвергентных формаций с позиций нелинейной металлогении [158], т. е. с позиций признания одновременного формирования в структурах земной коры коровых и мантийных месторождений, вопрос о конвергентности рудных формаций должен быть снят, так как оказывается, что в различных структурно-металлогенических зонах одновременно (или почти одновременно) с коровыми месторождениями возникают мантийные рудные образования, накладывающиеся на разные структурно-металлогенические зоны. В этом случае о конвергентности рудных формаций говорить не приходится.

Нельзя не отметить, что в последние годы благодаря прогрессу в изучении докембрийских рудных провинций в нашей стране и за рубежом значительно углубилось понимание процессов метаморфогенного рудообразования [13, 87]. Это обстоятельство имеет важное значение для металлогении, так как позволяет на научной основе осветить в разных аспектах проблему источников рудообразующих веществ и растворов, пути их миграции в древних рудных провинциях. Знание этих проблем, точнее, подход к их решению, имеет важное значение прежде всего для понимания особенностей металлогении древних регионов, начальных эпох развития земной коры. Прав Я. Н. Белевцев [13], подчеркивая, что раскрытие основных положений метаморфогенного рудообразования позволяет установить закономерности размещения рудных месторождений и научно обоснованно сделать прогноз их локализации на территории докембрийских щитов и в кристаллическом фундаменте платформ. На основе всестороннего анализа особенностей метаморфического рудообразования с учетом геологических и физико-химических условий этих процессов Я. Н. Белевцев пришел к следующему важному выводу, имеющим общеметаллогеническое значение:

«— подавляющее большинство всех рудных месторождений на щитах размещается среди метаморфических пород зеленосланцевой и в меньшей мере амфиболитовой фаций метаморфизма. Значительно реже они встречаются среди пород дозеленосланцевой и гранулитовой фаций метаморфизма, а также в полях развития гранитоидов. По этим данным на щитах могут быть выделены площади (зоны и блоки), сложенные преимущественно метаморфическими породами, как наиболее перспективные для поисков метаморфогенных месторождений;

— наиболее рудоносными, особенно для метаморфогенных месторождений железа, марганца, меди, свинца, цинка, золота, урана

и некоторых других металлов, являются структурно-фациальные зоны метаморфических пород зеленосланцевой и амфиболитовой фаций преимущественно протерозойского возраста, кластогенных, хемогенных и осадочно-вулканогенных по происхождению, развившихся из древних геосинклиналей;

— зоны сочленения тектонических плит и блоков, выраженные интенсивно смятыми и метасоматически измененными метаморфическими и гранитоидными породами (альбититами, карбонатами, лиственитами, березитами и др.), образуют рудоносные тектоно-метасоматические зоны с месторождениями урана, бериллия и многих других редких и редкоземельных элементов» [13, с. 259].

Для понимания сложных вопросов металлогении, выяснения причин закономерностей локализации рудных месторождений в структурах земной коры представляет интерес развиваемая Г. Н. Щербой [159, 160] концепция металлогении геотектоногенов. На примере обширной и сложной по строению территории Казахстана им показано, что возникновение региональных рудоносных структур неразрывно связано с процессами развития глубинных подвижных зон линейного типа, представляющих собой специфические протяженные области земной коры, в пределах которых шла дифференциация и миграция вещества из верхней мантии в земную кору. Развивая теорию рудоносности геотектоногенов, Г. Н. Щерба справедливо подчеркивает необходимость изучения металлогении глубинных зон, важность прогнозной оценки тектоногенов на глубину, на объем структур, на скрытое оруденение, что ставит прогноз на принципиально иную методическую основу, чем та, которая базируется на геосинклинальной концепции [160, с. 229—230].

Концепция Г. Н. Щербы о тектоногенах и развитии земной коры под влиянием глубинных подвижных зон во многом близка представлениям М. А. Фаворской о рудоконцентрирующих структурах. Эти два направления имеют во многом сходный подход к анализу металлогенических закономерностей размещения эндогенных месторождений в земной коре, вовлекая в орбиту анализа данные о глубинном строении рудоносных районов; в совокупности они отражают одно из направлений развития отечественной металлогенической мысли, придающей важное, если не определяющее, значение глубинным подвижным зонам в локализации оруденения в структурах земной коры. В то же время эти два направления и совершенно индивидуальны, прежде всего потому, что Г. Н. Щерба учитывает особенности эволюционно-циклического развития земной коры, строение и металлогению ее отдельных оболочек, тогда как для представителей «линеаментного» направления суть металлогенического анализа заключается в выявлении сети рудоконтролирующих зон нарушений, развивающихся практически независимо от структур земной коры.

Следует отметить важное значение для проблем общей металлогении работ «Смирновского» сборника, посвященного 75-летию академика В. И. Смирнова [164]. В этом сборнике опубликованы

крупные обобщающие статьи ведущих советских и зарубежных исследователей, занимающихся изучением общих проблем металлогении. Важной особенностью некоторых работ является признание участия в формировании рудных месторождений в земной коре глубинных, мантийных частей литосферы; Д. В. Рундквист, обсуждая проблемы последовательности развития гранитоидного магматизма и связанного с ним оруденения, выделяет рудоносную гранодиорит-плагиогранитовую формацию мантийной природы.

Некоторые замечания о металлогении Тихоокеанского рудного пояса в связи с появлением обобщающих работ последних лет [50, 96, 97] и особой важностью изучения этой глобальной рудоносной структуры для понимания общих вопросов теоретической металлогении. Необходимо отметить, что Тихоокеанский сегмент Земли издавна привлекал внимание естествоиспытателей. Среди них одно из первых мест принадлежит русским геологам. Еще в середине XIX в. И. А. Полетика [93] обратил внимание на своеобразные особенности геологического строения и металлогении этой уникальной глобальной структуры. В Советском Союзе начало изучения проблем региональной металлогении Тихоокеанского рудного пояса связано с именем С. С. Смирнова [120], заложившего основы современных представлений о закономерностях размещения рудных месторождений в его пределах. В дальнейшем вопросы металлогении Тихоокеанского сегмента Земли, и в особенности его советского сектора, нашли отражение в многочисленных публикациях, перечислить которые просто не представляется возможным.

Хорошо известно, что Тихоокеанский рудный пояс, протягивающийся более чем на 70 000 км и огибающий с востока и запада впадину Тихого океана, является одной из своеобразных планетарных рудоносных структур Земли. В геологическом отношении он имеет сложное строение, а его отдельные секторы (блоки) — различную историю развития. Однако, несмотря на это, в целом для этой глобальной структуры весьма характерен ряд общих черт, что и позволяет рассматривать ее как единый планетарный кольцевой рудный пояс. К таким общим признакам относятся следующие: а) позднемезозойский и кайнозойский возраст магматизма, а также близкий набор магматических формаций, проявляющихся прежде всего в образовании сходных континентальных вулканогенных толщ, слагающих вулканические пояса, сопровождаемые становлением трещинных рудоносных интрузий; б) сходный комплекс молодых (мезозойских и кайнозойских) рудных месторождений, представленных близкими (в различных регионах) формационными группами; в) общие для всего пояса черты геохимической специализации; г) отчетливо выраженный в ряде регионов наложенный характер мезозойско-кайнозойских образований, развивающихся по особому тектоническому плану на породах консолидированного субстрата.

Эти вопросы, являющиеся частью проблем металлогении Тихоокеанского рудного пояса, наиболее полно освещены в работах

советских исследователей. Совершенно очевидно, что ими не ограничиваются узловые проблемы металлогении Тихоокеанского сегмента Земли. Скорее, наоборот, установление этих общих закономерностей только открыло пути к познанию планетарной металлогении Тихоокеанского кольца, к более глубокому изучению закономерностей размещения месторождений в его пределах. Такую задачу выполнили в настоящее время обобщающие монографии Е. А. Радкевич [96, 97] и М. И. Ициксона [50] — учеников и соратников С. С. Смирнова, которые в совокупности впервые в геологической литературе наиболее полно и глубоко осветили основные проблемы металлогении Тихоокеанского сегмента нашей планеты. Эти работы, представляя крупные научные обобщения, основанные на большом фактическом материале, подвели определенный итог современному изучению региональной металлогении Тихоокеанского сегмента, по-новому раскрыли некоторые особенности проявления в его пределах рудных процессов, существенно дополнили наши знания о геологической истории и эволюции этой уникальной структуры.

Монографии Е. А. Радкевич «Очерк металлогении Тихоокеанского рудного пояса» и «Металлогенические провинции Тихоокеанского рудного пояса» представляют собой взаимосвязанные и дополняющие друг друга исследования. Первая из них содержит сжатую характеристику главных металлогенических особенностей этой уникальной глобальной структуры. Вторая монография — крупное, комплексное исследование, затрагивающее широкий круг геологических и металлогенических проблем Тихоокеанского рудного пояса, насыщенное большим фактическим материалом, вплоть до характеристики отдельных рудных тел и месторождений, и содержащее широкие выводы обобщающего характера.

В результате всестороннего анализа особенностей металлогении рудных провинций Тихоокеанского пояса Е. А. Радкевич приходит к ряду общих выводов о развитии Тихоокеанского сегмента Земли и его металлогении. Она подчеркивает, что, несмотря на тектоническую неоднородность и различную историю развития отдельных блоков и звеньев, Тихоокеанский пояс имеет общие черты на всем протяжении; аргументируется древний возраст Тихого океана и указывается, что складчатые структуры и металлогенические зоны его обрамления оформились в виде замкнутых колец уже в меловое время. Подчеркивается роль разломов в локализации рудоносных интрузий и связанных с ними месторождений, при этом отмечается, что на расположение рудоносных территорий оказывают влияние не только продольные разломы Тихоокеанского обрамления, но и секущие. Особая роль отводится процессам тектоно-магматической активизации, наиболее отчетливо проявившимся в регионах Азиатской ветви Тихоокеанского пояса. Указывается на полихронность проявления оруденения в пределах всего пояса, его отдельных блоков и секторов.

Е. А. Радкевич отмечает связь определенных рудных элементов с различными частями тектоносферы, предполагая разные ис-

точники рудного вещества для сходных типов месторождений (например, медно-порфировых). В заключении подчеркивается, что металлогенический анализ Тихоокеанского рудного пояса опровергает представление крайних мобилистов о перемещении плит на огромные расстояния. Е. А. Радкевич выполнены интересные работы по металлогении Тихоокеанского рудного пояса, обобщен большой фактический материал, подведен итог многолетним исследованиям. Однако было бы неверным считать, что все бесспорно в этих работах и все вопросы освещены с достаточной полнотой. Так, например, в настоящее время, когда накоплен большой фактический материал по тектонике и металлогении Тихоокеанского рудного пояса, выделение рудных провинций и районов только на основе геохимического профиля рудоносных структур вызывает возражения. Картина в действительности значительно сложнее, чем предполагаемое подразделение рудных провинций и районов на ультрафемические, фемические, фемическо-сиалические, сиалические и ультрасиалические. Такой подход к классификации рудоносных территорий Тихоокеанского пояса, по существу, исключает из рассмотрения признаки, о которых неоднократно пишет Е. А. Радкевич и которые активно влияют на проявление оруденения: блоковое строение пояса, роль разрывных нарушений, характер строения тектоносферы, роль и характер субстрата и т. д. Словом, выделение типов рудных провинций, районов и зон Тихоокеанского рудного пояса с учетом всех современных данных требует дальнейшего совершенствования. В работах Е. А. Радкевич практически нет характеристики континентальных вулканических поясов, столь широко развитых в пределах Тихоокеанского рудного пояса, и их оруденения.

Что это за структуры, каково их отношение к структурам фундамента и т. д., остается недостаточно ясным, хотя иногда, например при характеристике Охотско-Чукотского вулканического пояса, отмечается, что он «налагается на складчатые структуры мезозой и более древних сооружений».

Эти и другие вопросы раскрыты более полно или в иных аспектах в недавно опубликованной интересной монографии М. И. Ициксона [50], посвященной главным образом металлогенической зональности Тихоокеанского сегмента Земли. Автор аргументирует положение о том, что Тихоокеанский сегмент Земли обнаруживает четкую квазиконцентрическую геотектоническую зональность, которая предопределяет и металлогеническую зональность. При этом справедливо подчеркивает, что в планетарной металлогенической зональности Тихоокеанского сегмента важнейшее значение принадлежит региональным вулкано-плутоническим поясам и ареалам, характеризующимся разным магматизмом и оруденением. По мнению М. И. Ициксона, распределение таких структур в пространстве отражает особенности состава и строения тектоносферы. Среди концентрических, часто асимметричных вулканических структур он выделяет четыре главных типа, наиболее контрастно проявляющихся в пределах Тихоокеанского сегмента в на-

правлении от океана к континенту: 1) внутриокеанские ареальные излияния и цепи вулканических островов (Гавайи, о-ва Лайн, о. Таамоту); это преимущественно базальты «океанического» типа; 2) цепь кайнозойских и современных вулканов окраинно-океанического андезитового кольца (Восточная Камчатка и Курилы, острова Японские, Маршалловы, Палау, Фиджи, Тонга, п-ов Аляска, Алеутские острова; 3) цепь позднемезозойских и кайнозойских вулканов Восточно-Азиатского пояса, названная М. И. Ициксоном «Риолитовой линией» Тихого океана; 4) внутриконтинентальные вулканические цепи, связанные со сводово-глыбовыми и рифтогенными процессами тектоно-магматической активизации (Хинган-Охотская, Аргунь-Керуленская и др.). Каждая из указанных вулканогенных регионально-планетарных структур характеризуется и определенными специфическими чертами металлогении.

Такой анализ металлогении пацифид принципиально новый, он отражает не только нестандартный подход автора к выяснению закономерностей размещения месторождений в Тихоокеанском сегменте Земли, но и подчеркивает специфические особенности геологического развития этой уникальной глобальной структуры, одна из которых — проявление вулканизма на всех главных этапах ее развития. Именно это обстоятельство позволило увидеть М. И. Ициксоны среди мозаики разнопостроенных блоков элементы общих для всего сегмента глобальных структур, которые определяют его развитие в целом.

В работе рассмотрены окраинно-океанические и совмещенные металлогенические системы, при этом дана емкая характеристика окраинно-океанических металлогенических систем, связанных с гипербазитовым кольцом обрамления Тихого океана. Характер развития в этих системах ультраосновных и основных пород определяет и особенности металлогении: это прежде всего хром, платиноиды, никель и кобальт, иногда железо в латеритах, возможно, ртуть и алмазы (?). К сожалению, автор уходит от рассмотрения одного из важнейших вопросов современной геологии и не касается генетической природы гипербазитов, ссылаясь на мнение ряда исследователей о протрузивном характере их внедрения. Является ли этот процесс обычным для всех типов достаточно сложного комплекса рудоносных гипербазитов и для Тихоокеанского сегмента в целом, остается не ясным.

Особое внимание уделено характеристике окраинно-океанических систем Восточно-Азиатской ветви сегмента. Она дается по крупным регионам: Япония, Тайвань, Филиппины, Индонезия. Наиболее полно освещаются месторождения типа Куроко и близповерхностные золото-серебряные; отмечается их связь с различными типами магматизма. Практически ничего не сказано о молодом вольфрамовом и оловянном оруденении Японии, о своеобразном телескопированном характере оруденения таких месторождений, где на медные руды накладывается (или проявляется совместно) низкотемпературная флюорит-ферберитовая минерализация, а на поздних стадиях процесса развиваются секущие все

более ранние руды промышленные кварц-касситеритовые жилы и прожилки (например, месторождение Акенобе). Эта генетическая деталь раскрывает сложность рудного процесса и его «нестандартность», которая, очевидно, связана с особым характером рудогенерирующих систем (очагов), развивающихся в условиях специфического строения тектоносферы, где, как это справедливо отмечает М. И. Ициксон, редуцирована мощность коры и гранито-метаморфического слоя. Для многих кайнозойских медно-полиметаллических месторождений окраинно-океанических систем типично шеелитовое оруденение. Это обстоятельство очень важно, так как меняет наше представление о типоморфных элементах этих структур (в особенности для Американской ветви сегмента) и выдвигает вольфрам в разряд характерных элементов.

В работе значительное место отведено характеристике окраинно-океанических металлогенических и совмещенных систем Американской ветви сегмента; приводится сжатая образная металлогеническая картина Мексики, Центральной Америки, Перу и Чилийских Анд. Показана сложность тектонического и металлогенического строения огромной территории, ее гетерогенность и в то же время общность развития. М. И. Ициксон полагает, что в Американской ветви Тихоокеанского сегмента возникает сложное пространственное совмещение металлогенических систем окраинно-океанического типа с системами окраинно-континентальными; здесь гомологи островных дуг оказываются вынесенными на континент. Автор подчеркивает, что окраинно-океанические и совмещенные металлогенические системы приурочены к наиболее мобильной и энергетически активной части обрамления Тихоокеанской впадины; они располагаются вдоль границы океан — континент и в конечном счете определяются положением зон Беньофа. Подчеркивается, что в каждой из таких систем выделяются три стадии развития, сопровождающиеся оруденением, интенсивность которого неодинакова в различных звеньях. При этом в развитии Восточно-Азиатской и Американской ветвей устанавливаются существенные различия; например, для систем Восточно-Азиатской ветви возраст оруденения становится все более молодым с запада на восток, т. е. по направлению к впадине Тихого океана, а для системы Американской ветви наоборот.

Эти общие закономерности планетарного характера находят объяснение, по мнению М. И. Ициксона, в различиях строения тектоносферы и, как следствие, в разных условиях геотектонического режима формирования систем и месторождений. Важно отметить, что М. И. Ициксон справедливо подчеркивает особенно контрастно проявляющуюся для Американского континента связь всех типов окраинно-океанических систем с крупными линейными дислокациями, сохранившими сейсмоактивность до наших дней. Такие крупнейшие рудоносные разломы прослеживаются из океана на континент и фиксируются в первом случае глубокоководными трогами и долгоживущими зонами разрывов — во втором. Большое внимание в исследовании М. И. Ициксона уделено окраинно-кон-

тинентальным металлогеническим системам. К ним относятся планетарный Восточно-Азиатский вулcano-плутонический пояс и его звенья: Охотско-Чукотское, Сихотэ-Алинское, Пусанское и Фудзянь-Чжецзянское.

Важно отметить, что М. И. Ициксон считает окраинно-континентальный вулcano-плутонический пояс западного обрамления Тихого океана автономной металлогенической мегаструктурой планетарного масштаба, рудная специализация которого во многом зависит как от состава вулcano-плутонических образований, так и от истории геологического развития и геодинамического состояния довулканогенного цоколя. Известно, что до настоящего времени нет единого мнения о природе вулканических поясов, их тектоническом положении в структурах зоны перехода Азиатского континента к океану.

Многие исследователи считают, что вулканические пояса закономерно возникают в позднеорогенный этап развития геосинклиналей Восточной Азии и их проявление завершает развитие складчатых областей. В отличие от таких взглядов М. И. Ициксон придерживается представлений об автономном характере развития окраинно-континентальных вулканических поясов, указывая, что формированию каждого звена вулканического пояса предшествует тектоническая пауза, с которой связаны стабилизация или воздымание структур вулканогенного цоколя. Он подчеркивает, что только в отдельных, частных случаях эта пауза сжата и вулканический пояс как бы продолжает геосинклинальное развитие довулканогенного субстрата. М. И. Ициксон отмечает, что Восточно-Азиатский вулcano-плутонический пояс, располагаясь в мобильной зоне сочленения разнородных тектоносферных блоков, сопряжен со структурой окраинно-континентального рифта и служит своеобразным выражением планетарных процессов активизации западной части Тихоокеанского сегмента. Он считает, что указанный пояс по происхождению и масштабам явлений близок Великим рифтовым системам Земли и, вероятно, представляет собой особую вулcano-плутоническую форму их проявления. Такая оценка тектонического положения вулcano-плутонического пояса Восточной Азии, по-видимому, требует дополнительных доказательств и может вызвать возражения, однако вряд ли сейчас у большинства исследователей будут сомнения в том, что структуры вулканогенного пояса наложены на геосинклинальные комплексы субстрата и не наследуют структурного плана своего основания. Последнее как раз и указывает на автономность проявления вулканических поясов и связанного с ними оруденения. Для понимания металлогении Тихоокеанского рудного пояса это обстоятельство имеет первостепенное значение.

Под континентальными металлогеническими системами М. И. Ициксон понимает структуры континентальных корово-магматических блоков с мощным гранитно-осадочным (метаморфогенным) слоем. В эту группу входят геосинклинально-складчатые области мезозойд и герцинид обрамления Тихоокеанского кольца,

окраины платформ, щиты и срединные массивы, испытавшие влияние процессов мезозойской тектоно-магматической активации. В работе сжато, но очень рельефно охарактеризованы особенности геологического развития и металлогения Северо-Восточной Азии, Юга Китая, Вьетнама и Лаоса, Восточной Австралии, Кордильер и Аляски, Боливии и Западной Бразилии. М. И. Ициксон считает, что ведущее значение в пространственном размещении внутриконтинентальных металлогенических систем и зон имеют разломы, простирающиеся в направлении глубоководных рвов, ограничивающих впадину Тихого океана. Он придает решающее значение в формировании месторождений касситерит-сульфидной, медно-порфировой и других формаций поперечным линеаментам, которые играют важную роль в создании региональной металлогенической зональности. По существу, длительно развивавшиеся линеаменты и особенности их эволюции определяют рудный профиль континентальных металлогенических систем.

В работе М. И. Ициксона важное место уделено общим вопросам металлогении Тихоокеанского сегмента Земли. Так, рассматривается планетарная металлогеническая зональность, которая в общем виде обусловлена концентрически располагающимися окраинно-океаническими и окраинно-континентальными системами; в их размещении устанавливается определенная диссимметрия для Восточно-Азиатской и Американской ветвей сегмента. В структурах Тихоокеанского сегмента в планетарном плане М. И. Ициксон выделяет трансихоокеанские металлогенические системы, характеризующиеся четко выраженным геохимическим (рудным) профилем. К таким структурам относятся, например, кольцевые биконцентрические системы — Великое медное кольцо и Великое золотое кольцо, а также Австрало-Азиатская оловоносная система. Выделяются трансрегиональные периплатформенные полиметаллические системы. М. И. Ициксон приходит к выводу, что зональность сегмента — это не только зональность в размещении «контрастных металлов», а главным образом зональность в размещении последовательных во времени разных формационных групп месторождений.

Освещены вопросы металлогенической эволюции Тихоокеанского сегмента; намечаются два крупных периода: от заложения океана в начале раннего неохрона вплоть до мезозоя и второй — от мезозоя до антропогена. Эти периоды резко различны по активности и в особенности по интенсивности магматических и металлогенических процессов. М. И. Ициксон рисует сложную эволюцию рудных процессов в Тихоокеанском сегменте, устанавливает отличия эволюции его отдельных ветвей и звеньев, развивает свои представления о повторяемости металлогенических процессов, названную им «принципом двухтактного металлогенического цикла». Отметим, что представления о двухтактном цикле несколько упрощают металлогеническую эволюцию рудных провинций и поясов.

Издавна хорошо известно, что в специализированной рудной провинции присущее ей оруденение проявляется неоднократно и представлено месторождениями различных типов и возрастов. На это указывал еще ранее С. С. Смирнов, характеризуя оловорудные районы. Однако максимального (промышленного) развития оруденение в большинстве случаев достигает только в одной группе месторождений определенного возраста. Поэтому, возможно, правильнее говорить не о «двухтактном цикле», а о неоднократности проявления в пределах специализированных (особенно золотых, олово-вольфрамовых, медно-молибденовых) провинций характерного для них оруденения. Если строго следовать за М. И. Ициксоном, то первый такт связан с геосинклинальным режимом, второй — с наложенными процессами активизации; соответственно различны и типы месторождений каждого из тактов. В металлогенических системах Тихоокеанского сегмента далеко не всегда наблюдается такое единство тактов, скорее наоборот, процессы активизации всегда автономны и не связаны с развитием геосинклиналей.

Создается впечатление, что М. И. Ициксону при обобщении огромного материала не всегда удается провести точную границу между позднеорогенными процессами и процессами тектоно-магматической активизации. Это лишний раз показывает важность «разработки» более четких критериев этих явлений. В заключении автор высказывает свое отношение к металлогеническим аспектам новой глобальной тектоники, отмечая, что с позиции этой теории трудно объяснить особенности металлогении Тихоокеанского сегмента.

Монография М. И. Ициксона представляет собой своего рода геолого-философское обобщение огромного фактического материала по геологии, тектонике и металлогении одной из интереснейших планетарных структур Земли, ее Тихоокеанского сегмента. Работа заставляет читателя мыслить, спорить с ее автором, возвращаться к известному материалу, вновь и вновь сопоставляя его с выводами работы. Можно соглашаться или не соглашаться с представлениями М. И. Ициксона о глобальной металлогении Тихоокеанского сегмента, с его оригинальными взглядами на развитие этой структуры — это право каждого исследователя; однако несомненно, что монография М. И. Ициксона — крупное, свежее, полное мыслей исследование, по существу, открыла новую страницу в изучении планетарной металлогении.

Публикацией монографий М. И. Ициксона и Е. А. Радкевич закончен крупный этап исследований по металлогении Тихоокеанского рудного пояса. Эти работы представляют собой единый, взаимно дополняющий цикл. Они написаны с разных позиций, анализу подвергаются различные стороны одних и тех же геологических (металлогенических) явлений, однако в итоге это позволило более полно и комплексно подойти к познанию особенностей металлогенического развития этой совершенно особой рудоносной структуры нашей планеты.

Именно поэтому мы позволили себе привести столь полную характеристику вышерассмотренных работ по металлогении глобальной рудоносной структуры Земли — уникальному Тихоокеанскому рудному поясу. Из этих исследований с очевидностью вытекают следующие выводы, имеющие важное значение для общей металлогении:

— в формировании определенных типов рудных месторождений и рудоносных структур важную роль играют глубинные, мантийные зоны тектоносферы;

— процессы тектоно-магматической активизации автономны и не связаны с эволюцией геосинклиналей; эти процессы имеют важное значение для возникновения рудных месторождений;

— окраинно-континентальные вулканические пояса являются одновременно и крупными рудоносными структурами; это особая категория структур Земли, обусловленная развитием подкоровых частей планеты; по мнению М. И. Ициксона, эти структуры сопоставимы по характеру развития с Великими рифтовыми системами;

— концепция тектоники плит неприемлема для объяснения металлогенических особенностей эволюции Тихоокеанского сегмента Земли.

В заключение отметим, что последние 15 лет ознаменовались в геологической науке появлением новых крупных обобщений; большое значение для «активизации» геологической мысли имели идеи новой глобальной тектоники или тектоники плит. В орбиту геологического изучения были вовлечены колоссальные территории дна современных океанов, в результате чего был собран принципиально новый фактический материал. Теория геосинклиналей получила иное освещение; главная сущность геосинклиналичных процессов ныне трактуется как преобразование коры океанического типа в континентальную. Существенно расширились наши знания в области глубинного, неоднородного строения литосферы; на земной поверхности и в океанах были обнаружены мантийные породы, исследование которых позволило выявить их новые геохимические особенности. Наконец, прогресс в изучении планет Солнечной системы привел к получению информации о строении, химическом, минералогическом и изотопном составе вещества Луны, Марса, Венеры и метеоритов, что позволило провести определенные аналогии с нашей планетой, осветить в новом ракурсе петрологические аспекты происхождения и развития Земли и ее магматических пород [8, 21, 74]. Этот новый широкий спектр геологических данных, несомненно, должен учитываться при построении новых металлогенических моделей, корректно влиять на изучение закономерностей размещения месторождений полезных ископаемых. Необходимо отметить, что некоторые новые концепции, в первую очередь тектоники плит, были быстро приспособлены для металлогенического анализа, но еще быстрее потеряли свое значение для серьезных металлогенических построений [54, 125, 126, 151, 171].

Однако появление концепции тектоники плит, ее аргументация и контраргументы позволили по-новому взглянуть на многие геологические проблемы, и если для металлогении и металлогенического анализа эта концепция не послужила прогрессу, то для других направлений она привлекала внимание к изучению новых геологических структур и явлений. Так, например, она активно способствовала исследованию зон перехода от континента к океану, выделению их типов и особенностей развития, что способствовало и более детальному изучению металлогении этих структур.

Краткие выводы

В этой главе были сжато охарактеризованы самые общие тенденции развития металлогенической науки, при этом главное внимание уделялось общим вопросам металлогении, в которые входит разработка главных принципов и направлений работ, связанных с установлением закономерностей проявления месторождений в земной коре. Ранее нами проводились более детальные обзоры металлогенических исследований [157, 158]. Отмечалось, что металлогения как наука развивалась в нашей стране очень плодотворно в нескольких направлениях. В настоящее время в металлогенических исследованиях, проводимых в СССР, отчетливо выделяются пять главных направлений, имеющих следующие цели:

а) общая металлогения — создание теоретических основ и разработка общих принципов регионального металлогенического анализа, а также выявление общих закономерностей формирования и проявления месторождений в структурах земной коры в пространстве и во времени;

б) планетарная (или глобальная) металлогения — изучение закономерностей размещения месторождений в масштабах континентов, трансконтинентальных структур и глобальных структур дна Мирового океана;

в) региональная металлогения (или, точнее, металлогения регионов) — изучение закономерностей проявления месторождений минерального сырья (главным образом рудного) в пределах крупных регионов и разработка принципов и методики составления металлогенических карт с учетом конкретных особенностей геологического строения и типов оруденения рассматриваемой территории;

г) металлогения рудных районов — детальное исследование локальных рудоносных площадей — рудных районов, зон и узлов, выявление закономерностей локализации месторождений на основе составления крупномасштабных металлогенических и прогнозных карт (масштаб 1 : 200 000—1 : 25 000).

д) металлогения отдельных элементов (специальная металлогения по Е. Т. Шаталову) — изучение особенностей проявления отдельных элементов, образующих концентрации в виде месторождений, в пространстве и во времени в процессе геологической эволюции конкретных регионов и структур.

Данное исследование посвящено главным образом проблемам общей металлогении, тем сложным вопросам, решение которых в общем случае предопределяет и правильный, наиболее объективный подход к изучению вопросов планетарной, региональной и специальной металлогении, а также детальному исследованию локальных рудоносных площадей. Иными словами, рассматриваемые вопросы, вопросы общей металлогении — это основа наших представлений о причинах проявления месторождений в структурах земной коры, тот «фундамент», который определяет «прочность» всех дальнейших металлогенических построений. Конечно, следует иметь в виду, что далеко не все вопросы общей металлогении решены и не требуют дальнейшего совершенствования. Наоборот, анализ последних публикаций показывает, что в настоящее время в металлогенической науке происходит своеобразное «противоборство» идей и концепций, определенный пересмотр сложившихся ранее представлений. В главном это сводится к следующим вопросам:

— имеют ли право на существование представления традиционной (классической) металлогении, основанные на принципе геосинклинальной теории, или они не способны объяснить новый фактический материал;

— правомерно ли выделение так называемой нелинейной металлогении в самостоятельное направление металлогенического анализа как определенной ветви общей металлогении;

— что такое металлогения сквозных систем разрывных нарушений (линеаментов) и кольцевых структур и какие взаимоотношения эти направления имеют с другими металлогеническими представлениями;

— правомерно ли существование металлогении тектоники плит или что дает металлогенической науке использование идей концепции глобальной тектоники.

Некоторые из этих вопросов будут рассмотрены ниже; автор попытается осветить их с позиций исследователя рудных месторождений, отдавшего многие годы изучению закономерностей размещения месторождений в различных структурах земной коры и регионах прежде всего для решения прикладных задач, связанных с направлением поисковых работ и выбором их оптимальных направлений. Не исключено, что предлагаемую читателю работу, скорее, следует оценивать как взгляд геолога-практика на теоретические вопросы металлогении, а не как сугубо теоретическое исследование, посвященное только общим вопросам современной металлогении.

**Основы традиционной
(классической) металлогении.****Металлогения континентов и океанов.****Несколько слов о рудных формациях и значении
этого понятия для прикладной металлогении**

Создание в нашей стране металлогенического анализа явилось важной вехой в развитии металлогенической науки в целом, так как он стал той научной основой и методическим фундаментом, применение которых для целей выявления закономерностей размещения месторождений полезных ископаемых было огромным шагом вперед в познании особенностей проявления месторождений в структурах земной коры [157]. Известно, что установление закономерностей размещения эндогенных рудных месторождений основано на всестороннем изучении взаимосвязей оруденения с процессами осадконакопления, магматизма, метаморфизма, происходящими в земной коре. Предполагается, что образование месторождений обусловлено развитием конкретных тектонических структур земной коры — геосинклинально-складчатых (подвижных) областей, платформ, срединных массивов и т. д. Эта закономерность лежит в основе современных представлений о металлогенических провинциях и структурно-металлогенических зонах.

Выше отмечалось, что большой вклад в познание металлогении геосинклинально-складчатых областей внес коллектив Всесоюзного научно-исследовательского геологического института в Ленинграде, в стенах которого зародились первые представления об общих закономерностях металлогенического развития геосинклинально-складчатых зон. Их наиболее отчетливо отразил в своих обобщающих работах Ю. А. Билибин, создав ныне широко известную схему развития эндогенной минерализации подвижных поясов. В основу этой схемы были положены представления о строго стадийном и направленном развитии геосинклинально-складчатых поясов. В развитии каждого пояса выделялись определенные этапы, присущие любому поясу земной коры. Допускалось, что в отдельных регионах геологические образования, характерные для одних этапов, развиты полностью, в других — отсутствуют, что и придает конкретным подвижным поясам свою специфику и обуславливает различия в их металлогении. В развитии геосинклинально-складчатых поясов устанавливалось пять этапов, причем каждому из них был присущ строго определенный «набор» осадочных и магматических пород и, самое главное, минеральных месторождений.

В дальнейшем эта схема претерпела определенные изменения в связи с изучением металлогении конкретных регионов. Были выделены по металлогеническим особенностям геосинклинально-складчатые области разных типов и дана характеристика их тектонических элементов. В этом направлении крупные обобщения сделаны В. И. Смирновым, который выделил четыре металлогенических типа геосинклинально-складчатых зон. Кроме того, он показал индивидуальность металлогенического развития тектонических элементов геосинклиналей: геосинклинальных рвов, внутренних зон, срединных массивов, периферических зон, геосинклинальных рам и пограничных разломов. Каждая из этих структур характеризовалась строго специфическим набором рудных месторождений, различных для геосинклиналей разных типов. Были созданы схемы развития рудных месторождений по крупным тектоническим элементам, которые суммировали наши знания по закономерностям размещения месторождений в конкретных структурах и регионах. Как развитие этого направления следует отметить исследования сотрудников ВСЕГЕИ, которые отразили закономерности размещения месторождений в виде выделения различных типов структурно-металлогенических зон земной коры [102]. Очень важным было и то, что во многих металлогенических исследованиях различные группы рудных месторождений рассматривались как индикаторы определенных тектонических процессов и структур.

Несмотря на различный подход к анализу закономерностей размещения месторождений полезных ископаемых, прежде всего эндогенных рудных образований, со стороны разных исследователей, представителей отдельных школ, все они в общем случае руководствовались главным принципом металлогенического анализа, который был сформулирован еще Ю. А. Билибиным [18] и остается «на вооружении» металлогенических исследований в нашей стране и за рубежом уже несколько десятилетий. Этот принцип не потерял своего значения и до настоящего времени, и он полностью справедлив для месторождений, связанных непосредственно с развитием структур земной коры, являющихся функцией их эволюции. Напомним, он заключается прежде всего в признании того, что процессы минерализации, ведущие к образованию месторождений, представляют собой одну из сторон единого и сложного процесса геологического развития земной коры. В историческом развитии они теснейшим образом взаимосвязаны с другими геологическими явлениями: осадконакоплением, определенными тектоническими режимами и структурами, магматической деятельностью и метаморфизмом. Особенности проявления месторождений полезных ископаемых в земной коре должны изучаться только во взаимосвязи с другими геологическими процессами.

Этот, кажущийся сейчас достаточно привычным и простым, принцип анализа закономерностей проявления месторождений в структурах земной коры, по существу, определил в начале 50-х годов и в дальнейшем всю стратегию металлогенических методи-

ческих работ, явился действительно научной основой для широких металлогенических обобщений. Он не потерял своего значения и до настоящего времени. Вот почему исследования, выполненные на основе этого принципа, мы вправе в настоящее время отнести к традиционной (можно сказать, классической) металлогении, которая в обобщениях и поисках новых путей развития не стояла на месте, а вышла, используя этот принцип, на новые рубежи познания. При этом был применен быстро развивающийся в нашей стране формационный анализ, что для металлогенических исследований сыграло революционную роль в выявлении новых закономерностей размещения месторождений в главных структурных элементах земной коры.

Рассмотрим кратко основы традиционной металлогении, т. е. те главные представления, которые используются при анализе особенностей проявления месторождений, прежде всего эндогенных, в структурах земной коры. При этом остановимся на обобщенной характеристике главных структурных элементов земной коры, причем их характеристика будет дана с позиций «старых» представлений о тектоническом устройстве земной поверхности, без учета воззрений концепции тектоники плит. Вопросы металлогении в связи с представлениями новой глобальной тектоники обсуждаются в особом разделе работы.

Прежде чем перейти к рассмотрению указанных вопросов, кратко осветим некоторые общие проблемы размещения рудных месторождений в пространстве и во времени в земной коре, которые неразрывно связаны с представлениями традиционной металлогении. Такой важнейшей общей закономерностью размещения рудных месторождений является устанавливаемая в различных масштабах связь определенных групп месторождений со строго определенными структурами. Эта закономерность кратко может быть сформулирована следующим образом: определенные типы месторождений полезных ископаемых проявляются и в определенных типах тектонических структур. Это общее положение применимо к структурам различных порядков и классов и находит подтверждение как для региональных, так и для локальных тектонических элементов. Оно обусловлено тем, что в каждой из структур на определенных этапах ее развития формируются сходные для структур определенного порядка и типа геологические формации (осадочные, магматические, вулканогенно-осадочные и др.), образование которых сопровождается и проявлением определенных групп месторождений.

Эта закономерность имеет общее значение, не ограниченное масштабом (рангом) тектонических структур. Она настолько очевидна, что порой, как показывает практика металлогенических исследований, недостаточно учитывается при региональных металлогенических работах, особенно в тех случаях, когда вопрос касается выявления новых типов месторождений.

Известно, что наиболее крупные тектонические структуры континентальной коры — древние платформы, геосинклинально-склад-

чатые области и области тектоно-магматической активизации — характеризуются строго определенными комплексами эндогенных месторождений. Именно анализ металлогенических особенностей этих структур является главным содержанием последних крупных обобщений по закономерностям размещения минеральных месторождений в структурах земной коры [57, 102]. В то же время нельзя не отметить, что в последние годы намечается определенный отход от понятия «геосинклиналь», «геосинклинально-складчатый пояс». Это обусловлено в первую очередь тем, что в настоящее время многими исследователями образование геосинклиналей рассматривается как элемент сложного процесса субдукции при погружении одной тектонической плиты под другую, как процесс, преобразующий океаническую кору в континентальную.

Однако, по нашему мнению, вопрос о геосинклиналях и геосинклинально-складчатых поясах носит более сложный, двойственный характер. С одной стороны, несомненно, что этот процесс ведет к формированию и консолидации земной коры; с другой стороны, все более становится очевидным, что первопричина образования геосинклинальных ванн и трогов непосредственно связана с глубинными процессами, происходящими в мантии. Недавно Ю. А. Зайцев [42], анализируя эволюцию геосинклиналей, достаточно аргументированно показал, что механизм их формирования обусловлен глубинным мантийным тектогенезом «очаговой» локализации. Он считает, что особенности развития геосинклиналей, кинематика тектонических режимов в этих структурах приводят к выводу о связи развития геосинклиналей «с конвективными токами вещества, вызванными перемещениями к литосфере аномальной мантии или образованием астенолита при последующем постепенном (но дискретном) сужении ареала тектонической активности к центру (геосинклинального) овала» [42, с. 203]. В этом и заключается двойственность в развитии геосинклинальных структур: с одной стороны, это типично коровые структуры и процессы, с другой — их развитие обусловлено эволюцией глубинных зон тектоносферы. Поэтому, по нашему мнению, в настоящее время нет оснований полностью отвергать устоявшееся понятие о геосинклиналях, как о крупных самостоятельных подвижных структурах земной коры и ее континентального блока. Эти структуры (в старом объеме понятий) реально существуют в геологической природе и отчетливо выделяются по ряду признаков среди других структур [42, 135].

Как известно, среди геосинклинально-складчатых областей по набору формаций, характеру развитых в их пределах структур, общей морфологии прогибов выделяются различные, в том числе металлогенические, типы. При этом каждый тип геосинклинальной области по своему плану «ведет строительство» земной коры в общем случае наращивая общую мощность континентальной коры. В эвгеосинклиналях на разных этапах их развития происходит трансформация, разрушение палеоокеанической коры, которая в виде фрагментов офиолитовых комплексов выходит в ос-

новании геосинклинальных прогибов. В связи с этим В. Е. Хаин справедливо отмечал, что геосинклинали — «это не просто зоны аккреции континентальной коры, ей обязательно предшествует деструкция, в одних случаях — непосредственно, в других — со значительным опережением» [147, с. 63].

Недавно К. Ф. Сергеев [108] вновь показал, что понятие геосинклиналь не устарело; наоборот, его применение имеет важное значение для правильного понимания тектонического устройства верхней оболочки Земли. Он привел веские аргументы в пользу того, что современные островные системы следует рассматривать как области альпийских или циркумтихоокеанских геосинклиналей, находящихся на раннеорогенных этапах развития. К. Ф. Сергеев полагает, что «вряд ли возможно найти разумную альтернативу геосинклинальной тектонической концепции, если дополнить ее всего лишь одним положением гипотезы новой глобальной тектоники, а именно признанием реальности процессов латерального «разрастания» литосферы в срединно-океанических хребтах» [135, с. 24].

Нельзя не отметить и того обстоятельства, что в зонах перехода океана к континенту океаническая кора далеко не всегда преобразуется в кору континентального типа, проходя весь цикл геосинклинального процесса. В этой связи следует привлечь внимание к интересной работе Н. А. Шило и И. К. Туезова [155], проанализировавших особенности строения окраинных восточно-азиатских морей, образующих, по существу, «Азиатско-Тихоокеанскую зону перехода», и аргументировавших положение о том, что эта зона принадлежит к некомпенсированным эпимезозойским платформам, заложившимся в эоцене на гетерогенном, преимущественно континентальном, основании. Они показали, что зона перехода от Азии к Тихому океану, так же как от Австралии к Тихому океану, представляет собой затопленный материк. Действительно, в этих зонах перехода трудно увидеть «явные следы» преобразования океанической коры в континентальную.

Предпринятый выше краткий экскурс в область природы геосинклинальных зон имел одну цель: еще раз подчеркнуть крайнюю спорность, часто несостоятельность воззрений, отвергающих понятия «геосинклиналь и геосинклинально-складчатая область» — крупнейших тектонических структур континентального блока земной коры, имеющих крайне важное металлогеническое значение.

Говоря о металлогении главных структур земной коры, следует особо остановиться на новом исследовании Г. А. Твалчрелидзе. В труде «Металлогения земной коры» [135] показаны возможные пути создания современной схемы металлогенической эволюции земной коры. Г. А. Твалчрелидзе в своих построениях исходит из главной предпосылки, заключающейся в том, что «в длительной истории формирования Земли, по крайней мере с позднего протерозоя, ведущую роль играли два противоположных процесса — аккреции сиалической коры и ее деструкции» [135, с. 146]. Взаи-

модействие и «противоборство» этих явлений, по его мнению, протекает по закону единства противоположностей и имеет глубокий философский смысл. Следует обратить внимание на одну важную особенность рассматриваемой работы, которая именно состоит в философском осмысливании геологических явлений, желании автора раскрыть металлогенические особенности эволюции земной коры на основе всестороннего анализа геологических процессов, из которых аккреция и деструкция являются, по мнению Г. А. Твалчрелидзе, ведущими процессами ее развития. Он справедливо отмечает, что указанные два направления развития земной коры трудно рассматривать изолированно, так как они дополняют и сменяют друг друга. По Г. А. Твалчрелидзе, структуры, создающие и разрушающие земную кору, можно представить в виде следующих двух эволюционных рядов: 1) океан — внешняя островная дуга — внутренняя островная дуга — орогенный пояс и платформа; 2) платформа — сводово-глыбовая структура — континентальный рифт — океанический рифт — океан.

Главные рудоносные структуры земной коры, по Г. А. Твалчрелидзе, подразделяются на две крупные группы. К первой группе относятся аккреционные структуры, которые включают геосинклинали (четыре разных типов), орогенные пояса (раннеорогенные и повторного орогенеза) и платформы (древние и молодые). Вторая крупная группа рудоносных структур земной коры охватывает деструктивные структуры, к которым относятся сводово-глыбовые области, рифтогенные структуры и структуры океанического дна (срединно-океанические хребты, трансорогенные разломы, вулканические острова? — А. Ш).

Особое значение Г. А. Твалчрелидзе придает металлогении рифтогенных структур. В эту обширную группу рудоносных структур им включены: 1) авлакогены, перикратоны, передовые прогибы; 2) континентальные рифты; 3) области траппового магматизма. Среди рифтогенных структур им выделяются: рифты складчатых областей и молодых платформ; рифты древних платформ и щитов и синеклизы. Кроме того, к рифтогенным структурам относятся первичные эвгеосинклинали, которые являются как бы связующим звеном между аккреционными и деструктивными структурами, подчеркивающим определенную взаимосвязь в развитии этих структур, их единство и противоположность. Именно в такой общей последовательности рассматривается в книге металлогения главных структур земной коры: сначала складчатого-геосинклинальные области, затем платформы и области тектономагматической активизации. К последним относятся сводово-глыбовые структуры, траппы, рифтогенные структуры и фанерозойские рифтовые зоны. Несмотря на новый подход к анализу металлогении земной коры, прежде всего с позиций выделения глобальных аккреционных и деструктивных рудоносных структур, что является определенным шагом вперед в металлогеническом анализе, главнейшие структуры земной коры, выделяемые ранее, по-прежнему остаются ведущими геологическими (тектоническими)

элементами континентального блока земной коры и их значение в локализации оруденения является определяющим.

Это с очевидностью вытекает из интересного труда Г. А. Твалчрелидзе, в котором справедливо подчеркивается, что «металлогенический анализ, независимо от масштаба глобального или регионального, лишь в том случае позволит получить результаты научного и прикладного значения, если будут решены три проблемы: закономерности размещения полезных ископаемых во времени и в пространстве, а также геологические условия формирования полезных ископаемых. Если размещение месторождений устанавливается методами тщательного анализа (формационного, палеогеографического, структурного и т. д.), то выяснение условий их формирования — проблема петрологическая, рудно-геологическая, литологическая. В связи с этим исследования в области металлогении носят комплексный характер» [135, с. 153]. Г. А. Твалчрелидзе полагает, что анализ металлогенических особенностей континентального блока Земли свидетельствует о наличии периодических всплесков активности процессов рудообразования, разделенных длительными безрудными периодами; это еще раз подтверждает существование общих металлогенических эпох. Вслед за В. И. Смирновым Г. А. Твалчрелидзе подчеркивает, что металлогенические эпохи приурочены к этапам пульсации Земли. С периодами растяжения, когда возникают рифтогенные структуры и глубокие геосинклинальные прогибы, связано бурное проявление глубинных базальтоидных магм, продуктивных на различные металлы (хром, никель, платина, железо, титан, свинец, цинк). Периоды сжатия, соответствующие трансформации молодого гранитно-метаморфического слоя земной коры, сопровождаются формированием месторождений «гранитной линии» — олова, вольфрама, молибдена, урана, редких элементов и др.

Г. А. Твалчрелидзе приходит к выводу, что периоды растяжения Земли более продуктивны в металлогеническом отношении, чем периоды смятия. Сводово-глыбовые области, по его мнению, знаменуют собой зарождение процессов растяжения, ведущих к деструкции континентальной коры, с чем, по-видимому, связана и высокая металлогеническая активность этих структур.

Выше отмечалось, что проблемы тектоники и металлогении, тектоники и эндогенного рудообразования представляют собой сложный комплекс вопросов, очень важных для правильного понимания природы, характера размещения рудных месторождений в структурах земной коры. Эту особенность взаимосвязи названных дисциплин подчеркнул В. И. Смирнов [116], рассмотрев такие классические черты истории формирования земной коры, как цикличность, стадийность, направленность геологических процессов, которые наиболее «активно» влияют на региональные закономерности размещения месторождений. В работах [115, 117] он дал характеристику металлогеническим циклам земной коры, показав, что под металлогеническим циклом понимается геотектоническая история рудных областей, охватывающая как геосинкли-

нальный, так и последующий платформенный этап геологического развития регионов.

Касаясь важного вопроса металлогенических эпох, В. И. Смирнов [115] полагает, что металлогенические эпохи — понятие достаточно гибкое, так как они в разных регионах различны и не обладают повсеместными строго фиксированными границами как во времени, так и в пространстве. «Металлогеническая эпоха и металлогенический цикл применительно к большинству металлогенических областей являются универсальными только по типу геологического процесса, но отнюдь не по строгой их фиксации во времени и в пространстве» [115, с. 16]. В. И. Смирнов [115] подчеркнул важное значение представлений о стадийности эндогенного рудообразования в геосинклинально-складчатых зонах, которые, как известно, являются основным содержанием известных металлогенических схем Ю. А. Билибина, В. А. Кузнецова, Г. А. Твалчредидзе, металлогенической школы ВСЕГЕИ и др. Он привел интересные данные по длительности развития стадий во времени в разные геологические эпохи, показав их резкие различия. Так, если в каледонскую эпоху ранняя, средняя и поздняя стадии развития геосинклиналей проявлялись (суммарно) около 350 млн. лет, то для альпийской зоны ранний цикл развития геосинклиналей охватывает менее 100 млн. лет. Кроме того, В. И. Смирнов отмечал, что соотношение трех стадий геосинклинального развития неравнозначно по времени. Самой длительной является собственно геосинклинальная стадия, охватывающая 50—70 % времени геосинклинального этапа; самой непродолжительной является инверсионная, соскладчатая стадия, на долю которой приходится 5—15 % времени развития геосинклинали. Однако эта стадия является очень продуктивной в отношении формирования рудных концентраций разных типов и металлов.

В развитии земной коры В. И. Смирнов видит две главные особенности, определяющие общую направленность процессов рудообразования. Первая из них обусловлена сокращением геосинклинальных площадей и встречным разрастанием платформ от древних геологических эпох к молодым, а вторая — уменьшением роли базальтоидного магматизма по мере перехода от древних к юным геосинклинальным системам.

В незначительной степени, что достаточно показательно, вопросы общей металлогении были затронуты в докладах на 27 сессии Международного геологического конгресса. Важное значение для освещения некоторых вопросов общей металлогении имел доклад В. И. Смирнова [117], посвященный периодичности рудообразования в геологической истории. В. И. Смирнов подчеркнул особую роль геосинклинального режима для эндогенного рудообразования, указав, что значительная часть эндогенных месторождений оказывается сосредоточенной в пределах геосинклинально-складчатых систем.

В истории формирования земной коры В. И. Смирнов выделяет одиннадцать тектоно-магматических и металлогенических эта-

пов: гренландский (5000—3800 млн. лет), кольский (3800—2800), беломорский (2800—2300), карельский (2300—1800), готский (1800—1500), гренвильский (1500—1000), байкальский (1000—600), каледонский (600—400), герцинский (400—250), киммерийский (250—100), альпийский (100—0). Примечательно, что, по мнению В. И. Смирнова, все этапы (кроме гренландского) в развитии проходят две стадии: на ранней стадии формируется комплекс базальтоидных пород мантийного происхождения, а на поздней — комплекс гранитоидов корового происхождения и связанных с ними характерных рудных месторождений.

«Таким образом, в рамках металлогенических этапов выделяются две группы эндогенных рудных месторождений: более ранняя — базальтоидная и более поздняя — гранитоидная. Типоморфным базальтоидным месторождениям, как известно, принадлежат глубинные образования, среди которых выделяются магматические месторождения титаномагнетитов, хромитов, платиноидов, и приповерхностные образования, для которых характерны колчеданные месторождения. Типоморфные гранитоидные месторождения объединяют группы пегматитов, альбититов, грейзенов и гидротермальных месторождений плутоногенного и вулканогенного классов» [117, с. 3]. В. И. Смирнов полагает, что соотношение гранитоидного и базальтоидного магматизма за все время формирования земной коры качественно не менялось, происходило лишь изменение количественных соотношений и усложнение вариаций их составов. По мнению этого исследователя, генетические группы эндогенных месторождений в соответствии с устойчивым характером магматизма в истории земной коры не испытывали изменений, на протяжении всей геологической истории намечаются только некоторые количественные сдвиги. Последнее связано с тем, что на ранних этапах геологической истории преобладает базальтоидный магматизм, а на поздних гранитоидный, поэтому и рудные месторождения базальтоидной серии преобладают в древние периоды истории развития земной коры, а гранитоидные — на новейших ее этапах [117, с. 9].

В настоящее время широко известно, что месторождения минерального сырья встречаются в главных структурах земной коры неравномерно. Месторождения разных типов и полезных ископаемых проявляются не одинаково также во времени, и развитие их связано с различными по возрасту геологическими формациями. Месторождения одних элементов образуют промышленные концентрации в связи с развитием древних структур, месторождения других элементов характерны только для более молодых по возрасту тектонических элементов.

Важным металлогеническим понятием является понятие о металлогенических эпохах, под которыми понимаются эпохи (крупные отрезки геологического времени) образования рудных месторождений, соответствующие главным периодам геологического развития крупных тектонических элементов земной коры.

Г. А. Гвалчрелидзе [132], изучая процесс развития рудных ме-

сторождений во времени, приходит к выводу, что в этом сложном и далеко еще не изученном процессе намечаются две противоположные тенденции: с одной стороны, устанавливается повторяемость месторождений одних и тех же рудных формаций от одной эпохи к другой, а с другой — отчетливо проявляется тенденция, когда определенные группы рудных месторождений возникают только один раз, не повторяясь в другое время. Он, анализируя возраст рудных месторождений мира, выделил семь металлогенических эпох: архейскую, раннепротерозойскую, среднепротерозойскую, раннерифейскую, позднерифейскую, палеозойскую, мезозойско-кайнозойскую. По его мнению, современный материал о возрасте рудных месторождений свидетельствует о том, что месторождения возникают наиболее часто в периоды, соответствующие главнейшим платформообразующим эпохам, выделенным в истории развития земной коры М. В. Муратовым.

Анализ эволюции рудообразующих процессов по металлогеническим эпохам свидетельствует об определенных изменениях в интенсивности проявления рудных процессов в земной коре, отраженных в развитии преобладающих рудных формаций [37, 132, 157].

По Д. В. Рундквисту [103], примерный ряд последовательного развития месторождений главных рудных элементов в истории геологического развития земной коры (по максимумам их проявления) может быть представлен в следующем виде: Fe, Ti, Pt, Cr, Co, Ni — докембрийские — раннепалеозойские; Cu (?), Zn, Pb, Be, W, Sn — позднепалеозойские — мезозойские; Mo, Bi, Sb, As, Hg, Ag, В, Au (?), U (?) — мезозойские — кайнозойские.

Таким образом, одни элементы обнаруживают тенденцию ко все более интенсивному накоплению и образованию максимума в молодые эпохи (Mo, В, Sb, As, Hg, Ag, Bi), а другим присуща противоположная тенденция — закономерное убывание интенсивности накопления после максимума образования в наиболее древние эпохи (Fe, Ti, Pt, Cr, Co, Ni).

Весьма четко прослеживается и эволюция генетических типов рудных месторождений в истории геологического развития земной коры. В общем виде эта закономерность выражается в следующем: от древних эпох к более молодым наблюдается прогрессивное увеличение числа генетических типов месторождений, при этом месторождения, возникающие во все более поздние периоды развития, становятся сложнее по составу, строению и более индивидуальны по геологическим особенностям и особенностям минерального состава. Одновременно с этим закономерна и специализация генетических типов во времени, когда месторождения пегматитов, собственно магматические и скарновые характерны для более древних, а субвулканические и эпитермальные месторождения для более молодых геологических эпох. Вопросам эволюции рудообразования во времени в связи с анализом общих закономерностей размещения месторождений большое внимание уделяется Д. В. Рундквистом [103, 104, 105], главные выводы исследований которого сводятся к следующим пяти положениям:

а) месторождения каждого металла, каждого вида сырья имеют свои максимумы развития в геологической истории, обусловленные комплексным влиянием факторов эндогенной и экзогенной эволюции; устанавливаются глобальные, региональные и локальные рудоносные эпохи, неодинаковые для разных видов сырья и разных генетических типов месторождений;

б) намечаются два ряда последовательности проявления максимумов накопления руд различного состава — основной, определяющей главную последовательность эволюции (от хрома, титана, железа до сурьмы и ртути), и дополнительный (от редких металлов, олова, вольфрама к сульфидам свинца, цинка, сурьмы, ртути), характерный для блоков земной коры, подвергающихся деформации;

в) максимумы накопления руд определенного состава в различные периоды времени, как правило, представлены различными генетическими и формационными типами, при этом каждая металлогенетическая эпоха характеризуется своим типом руд. Каждый генетический тип, каждая рудная формация имеют главное время появления, свой период максимального развития и свой период затухания или даже исчезновения (например, формации железистых кварцитов, редкометалльных гранитов рапакиви, титаноносных анортозитов и др.);

г) месторождения одного генетического типа, одной рудной формации, появившись однажды, далее неоднократно повторяются в геологической истории; для таких длительно «живущих» формаций устанавливаются закономерно направленные изменения особенностей состава (элементов-примесей) и структуры;

д) «крупные» и «мелкие» максимумы формирования месторождений различных видов сырья и различных формаций, проявляясь неоднократно, но с различной интенсивностью, выявляют периодичность геологической истории.

Д. В. Рундквист [102] отмечает, что при металлогенетическом анализе время учитывается главным образом как фактор относительный и в гораздо меньшей степени как фактор абсолютный, отражающий принадлежность определенных групп месторождений к определенным эпохам рудообразования. Это не совсем верно, так как абсолютный временной фактор совпадает в сущности с эпохами рудообразования, а каждый исследователь ныне знает, что определенным металлогенетическим эпохам свойственны определенные, характерные для них формации рудных образований. Другое дело, и в этом Д. В. Рундквист совершенно прав, что «эпохи рудообразования по длительности могут быть очень различны (от многих до нескольких миллионов лет) и охватывать несколько периодов или укладываться в их «части», приурочиваясь к узким интервалам границ периодов» [105, с. 81].

Многие важные особенности металлогенетической эволюции земной коры и ее главных структурных элементов, подчеркивающие необратимый характер проявления рудных процессов в ходе развития нашей планеты, выявляются при анализе и характеристике

металлогенических провинций. Понятия о металлогенических провинциях и эпохах не новые, однако современный фактический материал позволяет вкладывать в старые представления более глубокое содержание, отражающее уровень знаний сегодняшнего дня. В настоящее время при выделении металлогенических провинций большинство исследователей наряду с типом месторождений, развитых на той или иной рудоносной территории, и их возрастом пытаются учитывать тектонические особенности развития региона и, по существу, на этой основе в первую очередь производить оконтуривание крупных рудоносных площадей, в пределах которых развиты рудные месторождения или одного металла и генетического типа, или нескольких типов и металлов, или сформировавшихся в строго определенный период развития конкретных структур, или проявляющихся на разных стадиях их эволюции.

Единого подхода к выделению металлогенических провинций пока не существует. По нашему мнению, он и не обязателен. Металлогенические провинции — наиболее крупные единицы в региональном районировании рудоносных площадей — могут выделяться на основе различных принципов, однако в настоящее время, как показывает практика металлогенических исследований, при выделении рудоносных площадей такого ранга тектонические условия возникновения месторождения практически всегда учитываются. Как правило, формирование различных металлогенических провинций определяется следующими факторами:

- а) тектоническим типом геосинклинально-складчатых областей, платформ и областей активизации;
- б) их геологическим возрастом;
- в) полнотой проявления стадий развития этих крупных тектонических элементов земной коры;
- г) характером и широтой распространения развитых в их пределах геологических формаций (осадочных, осадочно-вулканических, магматических и др.), свойственных разным стадиям;
- д) глубиной эрозионного среза.

Однако многие исследователи, особенно за рубежом, по-прежнему считают, что под металлогеническими провинциями наиболее целесообразно понимать обширные площади развития месторождений определенных металлов или их групп, окруженные безрудными площадями или другими провинциями.

И. И. Абрамович, И. Г. Клушин и соавторы [125] пришли к выводу, что возникновение крупных и богатых рудных провинций возможно только в условиях длительного существования оптимальных геодинамических регионов в мантии. Они полагают, что геофизические индикаторы неоднородностей в мантии, приводящие к эпохе рудогенеза, интегрально характеризуют глубинные физические условия, от которых зависит масштаб оруденения.

Металлогенические провинции обычно характеризуются строго определенным комплексом рудных месторождений и набором металлов, которые придают им специфический, отличный от других

провинций металлогенический облик. Так, например, известны оловорудные, золоторудные, полиметаллические и другие провинции. для которых характерно проявление указанных месторождений в разные эпохи, с максимальным развитием специализированных на определенный металл месторождений только в одну из них. На это обстоятельство обращал внимание еще ранее С. С. Смирнов [1941 г.], отмечая, что для крупных оловорудных районов всегда характерно проявление разновозрастной оловянной минерализации, на фоне которой только в определенные эпохи возникают крупные промышленные концентрации олова.

Для контрастно выраженных металлогенических провинций с крупными рудными месторождениями весьма характерны явления неоднократного образования месторождений одного металла (особенно типичных для конкретной провинции), дающих «яркую» вспышку в виде крупных промышленных концентраций обычно в узком интервале времени в одну из металлогенических эпох, причем в месторождениях строго определенных формаций.

Природа возникновения металлогенических провинций, причины проявления отдельных групп рудных месторождений только в определенные геологические периоды (эпохи) еще недостаточно ясны. По-видимому, они связаны прежде всего с эволюцией строения оболочек Земли, сложной дифференциацией вещества нашей планеты на всех уровнях тектоносферы, возникновением, а затем переработкой базальтовой и сиалической оболочек под воздействием процессов, происходящих в мантии. Имеются основания предполагать, что образование металлогенических провинций обусловлено первично неравномерным содержанием рудных элементов в различных частях тектоносферы, которые на разных этапах развития главных структурных элементов земной коры вовлекаются в активные процессы дифференциации с образованием базальтовых и гранитных магм, сопровождаемых выделением рудоносных погонов.

В последние годы при объяснении причин возникновения металлогенических провинций отчетливо наметились две крайние тенденции: одна точка зрения связана с признанием ведущей роли мантийных частей тектоносферы в образовании рудных месторождений, другая — с признанием определяющего значения в образовании рудных провинций осадочных и метаморфических пород, из которых заимствуются металлы на разных стадиях развития регионов при проявлении процессов магматизма или при движении горячих терм.

Широкое применение в металлогении и при металлогеническом анализе понятий «металлогеническая провинция» и «металлогеническая эпоха» позволяет более целеустремленно проводить выявление региональных закономерностей размещения рудных месторождений в пространстве и во времени в крупных тектонических структурах земной коры, отчетливее видеть эволюцию рудных процессов в глобальном масштабе на общем фоне геологической истории нашей планеты. Одновременно применение этих понятий при

металлогенических исследованиях имеет и практическое значение, связанное с выявлением времени и места проявления промышленных рудных концентраций, а также получением рекомендаций по направлению поисковых работ на наиболее перспективных площадях в наиболее благоприятных для развития того или иного типа месторождений регионах.

Одной из важных проблем общей металлогении является комплекс вопросов, связанных с представлениями об унаследованности оруденения. Они «смыкаются» во многом с представлениями о регенерации рудных месторождений и в более широком плане — с представлениями о возможном многократном переотложении рудного вещества и его концентрации в виде месторождений. Эти важные для металлогении вопросы, к сожалению, разработаны очень слабо, они носят, как правило, гипотетический характер и не подкреплены достаточно весомыми геологическими наблюдениями и точными лабораторными исследованиями. Не вызывает сомнения перемещение рудного вещества при метаморфизме, миграция отдельных элементов и минералов, т. е. регенерация и преобразование рудных месторождений. Д. В. Рундквист [104] полагает, что для длительно формирующихся рудных полей и районов в общих чертах выдерживается следующий единый ряд преобразований (по нашему мнению, он достаточно спорен): от первично-стратифицированных и сложнодислоцированных метаморфизованных залежей, далее к скарновым контактово-метасоматическим и затем жильным трубообразным, штокерковым месторождениям, связанным с поздними тектоническими процессами. Такая «унаследованность» достаточно иллюзорна, так как она практически не встречается ни в одном рудном районе: это сумма разных месторождений, возникающих в пределах одного металлогенического цикла, одной металлогенической эпохи, а не месторождения, образующиеся «одно из другого». Доказательств последнему практически нет.

Анализируя процессы унаследования в металлогеническом аспекте, Д. В. Рундквист [104] выделяет две группы явлений:

«1. Металлогеническое унаследование, прослеживающееся в ходе неоднократной смены процессов денудации→осадконакопления→метаморфизма→магматизма—вновь денудации и т. д. с последовательным накоплением рудных элементов в геологической истории. В наиболее полном виде этот тип унаследования проявляется в общей истории геологического развития и в пределах систем генетически и пространственно связанных типов зон.

2. Металлогеническое унаследование, проявляющееся при процессах одного циклического ряда — осадконакоплении или ритмичности, вулканизме или многофазном метаморфизме, многофазном или многостадийном формировании интрузий и рудоносных структур. Этот тип унаследования является ведущим при формировании рудных полей и проявляется в интервалах времени, соответствующих десяткам и первым сотням миллионов лет» [104, с. 416—417].

Нетрудно заметить, что такой подход к «металлогеническому унаследованию» носит общий характер и его трудно использовать для прикладных целей. По-видимому, необходимы более детальные исследования этих процессов на примере конкретных рудоносных территорий с применением тонких изотопных исследований, позволяющих достоверно судить о первичных источниках рудного вещества и возможных путях его миграции.

Нельзя не отметить, что в последнее время вновь высказываются представления о том, что рудное вещество фанерозойских месторождений в значительной степени унаследовано от резко геохимически неоднородных древнейших пород земной коры [82]. Однако доказательства этому приводятся, как правило, малоубедительные; они касаются главным образом установления геохимических неоднородностей сиалических и фемических зон архейских кратонов; данных о регенерации рудного вещества, его перемещении из древних пород в перекрывающие их комплексы молодых орогенных зон и областей активизации практически нет. Поэтому проблема унаследованности в металлогении приобретает в настоящее время очень важное значение; она требует постановки специальных научных исследований в эталонных рудных провинциях и районах. Это одна из практически неизученных металлогенических проблем, имеющая непосредственный выход в прикладную геологию.

В заключение отметим, что в последние годы коллективом ГИН АН СССР под руководством А. В. Пейве разработаны новые представления о закономерностях формирования континентальной коры в фанерозое [43, 75, 94]. Авторы считают, что эти представления синтезируют мобилистские идеи в тектонике, достижения в области континентальной геологии, новейшие данные о глубинном строении и результаты геологических исследований дна современных океанов. Иными словами, практически создано новое направление в теоретической геотектонике, пытающееся объединить в единую общую схему, не отвергая идеи о геосинклинальном развитии, современные представления о тектонической эволюции земной коры, ее стадийности и направленности. По этим представлениям сущность геосинклинального процесса заключается в преобразовании океанической коры в кору континентального типа. Предполагается, что завершение формирования континентальной коры связано с проявлением глобальных эпох орогенной тектономагматической активности в пределах геосинклинальных складчатых областей и прилегающих частей древних платформ, в результате которой «возникла новая система структур — сводово-глыбовые поднятия, внутренние впадины и краевые прогибы, несогласно наложенные на структуры складчатых областей» [75, с. 8]. Устанавливаются семь таких эпох тектонической активности: альпийская (олигоцен, миоцен, начало плиоцена), позднемезозойская (поздний мел), раннемезозойская (конец триаса — начало юры), позднепалеозойская (середина карбона — ранняя пермь), ранне-среднедевонская, позднепермская и карельская (в конце раннего

протерозоя). С этими эпохами совпадали процессы активного гранитообразования и гранитизации, а также проявления массового наземного вулканизма. С магматической деятельностью этого периода связан широкий комплекс рудных месторождений.

Отметим, что закономерности размещения месторождений в связи с указанными новыми представлениями еще в полной мере не проанализированы. И пока не ясно, позволят ли эти представления существенно по-новому подойти к металлогеническому анализу регионов или, что более вероятно, они только помогут иной интерпретации некоторых глобальных тектонических явлений, оставив практически без изменения уже выявленные закономерности размещения и формирования месторождений полезных ископаемых.

Так это будет или иначе, но в настоящее время очевидно одно, что указанные новые представления должны быть умело скорректированы с ранее выявленными общими особенностями локализации месторождений в земной коре.

Ниже нами рассматривается металлогения главнейших структурных элементов континентальной земной коры и очень кратко — металлогения океанических впадин. Среди таких элементов выделяются геосинклинально-складчатые области, платформы и области тектоно-магматической активизации; для этих структур будет дана краткая металлогеническая характеристика исходя из представлений традиционной металлогении и рассмотрены вопросы, требующие дальнейшего первоочередного изучения. Кроме того, автор считает целесообразным осветить металлогению таких своеобразных структур земной коры, как срединные массивы и континентальные вулканические пояса, значение которых как крупных рудоносных структур возрастает из года в год. По геологии и металлогении этих структур в последнее время получен новый фактический материал, позволяющий считать эти структуры очень важными самостоятельными элементами континентальной земной коры, изучение которых представляет большой практический интерес.

Металлогения геосинклинально-складчатых областей

Геосинклинально-складчатые области представляют собой наиболее хорошо изученные крупные структурные элементы континентального блока земной коры. Именно при исследовании этих структур были созданы первые широкие геологические обобщения, познаны особенности эволюции осадконакопления и магматических процессов. Анализ этих геологических явлений воплотился в конечном счете в достаточно стройное учение о геосинклиналях, сущность которого в настоящее время хорошо известна каждому геологу.

Учение о геосинклиналях — одно из наиболее ранних геологических научных обобщений. Оно возникло более 100 лет тому назад и в настоящее время успешно развивается, обретая новое содержание и большую конкретность отдельных гипотез.

Важно подчеркнуть, что с геосинклинальным процессом, развитием геосинклинальных структур, а также эволюцией различных элементов геосинклинально-складчатых областей, обычно проходящих сложный путь развития во времени и в пространстве, связаны многочисленные месторождения полезных ископаемых. Это положение в последнее время вновь отчетливо сформулировал В. И. Смирнов. Он пишет: «Хорошо известно, что наиболее существенное эндогенное рудообразование происходит при геосинклинальном режиме. В связи с этим значительная часть эндогенных рудных месторождений оказывается сосредоточенной в пределах геосинклинально-складчатых систем. Такие системы закономерно возникали в ходе развития земной коры, расчлняя историю ее развития на геолого-металлогенические этапы, которые составляют закономерно повторяющиеся отрезки геологической истории, определяющие ее цикличность на фоне общего направленного и необратимого развития земной коры» [117, с. 3]. С развитием геосинклиналей связано широкое проявление магматических процессов, а также формирование многочисленных месторождений. В общем случае геосинклинально-складчатые области представляют собой крупные металлогенические провинции, а их отдельные структурные зоны — рудные или металлогенические пояса.

Геосинклинально-складчатые области, как правило, имеют сложное внутреннее строение, обусловленное тем, что в их пределах достаточно контрастно выделяется ряд тектонических зон, в которых формируются существенно разные геологические формации. В процессе превращения подвижной геосинклинали в ороген возникает серия вторичных прогибов; наиболее крупные среди них — передовые или краевые прогибы, образующиеся на стыке геосинклинально-складчатых областей и их консолидированных рам. По мнению некоторых исследователей, вдоль краевых швов, на границе заканчивающей свое развитие геосинклинали в консолидированных структурах геосинклинальных рам формируются краевые вулканические пояса.

По набору различных геологических формаций геосинклинально-складчатые области подразделяются на несколько типов, среди которых наиболее отчетливы миогеосинклинали и эвгеосинклинали. Характеристика этих двух контрастных типов геосинклиналей приведена во многих работах. Для эвгеосинклиналей типичны карбонатные, карбонатно-сланцевые и вулканогенные формации и проявление основного и ультраосновного магматизма, для миогеосинклиналей — терригенные, песчанико-сланцевые и флишевые формации и гранитоидный магматизм.

В геологической эволюции каждого геосинклинально-складчатого пояса (области) во времени устанавливаются обычно наи-

более контрастно три этапа, в совокупности образующие единый тектоно-магматический цикл: первый этап связан с преобладанием нисходящих движений и проявлением существенно основных и ультраосновных магм и их дифференциатов; второй этап характеризуется преобладанием поднятий и складчатых движений с проявлением гранитных магм; в третий этап происходит консолидация складчатой области и переход ее в молодую платформу.

Для геосинклинально-складчатых областей характерно строго направленное и в то же время цикличное развитие. Некоторые области характеризуются полициклическим развитием с проявлением двух, реже трех сходных циклов развития на одной территории. Важно отметить, что тождественных по особенностям геологического развития геосинклиналей нет. Обычно отдельные этапы и периоды развития в конкретных геосинклинально-складчатых областях проявляются не полностью, некоторые из них иногда выпадают совсем или значительно редуцированы, что и находит отражение в провинциальных особенностях эволюции каждой конкретно взятой геосинклинально-складчатой области.

Геосинклинально-складчатые области в общем случае характеризуются вытянутыми, линейными очертаниями, что отражено и в рисунке их отдельных тектонических элементов. Изометричная конфигурация геосинклинальных зон встречается значительно реже, обычно в случае мозаично-блокового их строения, когда частные линейные структуры оказываются разобщенными жесткими блоками более древних догеосинклинальных структур. В этом случае иногда наблюдаются торцовые сочленения геосинклинальных прогибов друг с другом по крупным зонам разломов или отдельным жестким блокам, которые они оконтуривают.

Общие принципы регионального металлогенического анализа геосинклинально-складчатых областей впервые были сформулированы в 40-х годах Ю. А. Билибиным [18]. В последующие годы представления этого выдающегося исследователя наиболее полно нашли отражение и дальнейшее развитие в обобщающем труде сотрудников ВСЕГЕИ, посвященном анализу металлогении складчатых областей [85]. Схема металлогенического развития этих структур, разработанная Ю. А. Билибиным и коллективом ВСЕГЕИ, широко известна. Тем не менее кратко остановимся на ее основных положениях.

В основу схемы размещения минеральных месторождений подвижных поясов (геосинклинально-складчатых областей) земной коры положены представления о строго стадийной и направленной эволюции этих структур. В развитии каждой геосинклинально-складчатой области выделяются определенные этапы, которые практически всегда устанавливаются в том или ином виде в каждом подвижном поясе земной коры. Обычно в отдельных регионах одни этапы (и характерные для них геологические образования) развиты полно, другие выпадают совсем, что и придает конкретным подвижным поясам (геосинклинально-склад-

чатым областям) свою специфику и обуславливает определенные различия в их металлогении.

Напомним, что, по Ю. А. Билибину, в развитии подвижных (геосинклинально-складчатых) поясов земной коры устанавливаются пять этапов, каждому из которых присущ строго определенный «набор» осадочных и магматических пород и минеральных месторождений.

Начальные и ранние этапы развития подвижных поясов.

Обычно эти этапы рассматриваются совместно, так как в развитии они тесно связаны между собой и в некоторых регионах между ними трудно провести отчетливую границу. Эти этапы характерны для геосинклинального состояния подвижного пояса. В начальные этапы происходит заложение геосинклинали, сопровождаемое сложными колебательными движениями с преобладанием общего опускания, которое временами сменяется поднятиями; характерны локальная складчатость и образование разрывов. Именно в этой обстановке возникают морские карбонатные, часто рифовые, глинисто-сланцевые и кремнисто-яшмовые, иногда с железистыми кварцитами, формации, с которыми связаны месторождения бокситов, сидеритов, марганца, железистых кварцитов и ванадиеносных сланцев.

С проявлением первых складчатых движений и возникновением крупных разрывов связано формирование осадочно-вулканогенных и вулканогенных формаций, среди которых преобладают спилит-кератофировые, андезито-базальтовые и андезито-дацитовые комплексы. В зонах разломов формируются ультраосновные и основные интрузии, представленные перидотитами, пироксенидами, дацитами, норитами и габбро. Гипербазиты сопровождаются месторождениями хромитов, никеля, асбеста, талька и кобальта; с массивами перидотит-габбровой формации связаны месторождения платины, железа и титана.

Дальнейшее развитие геосинклинали сопровождается возникновением разрывных нарушений, усилением вулканической деятельности и образованием малых интрузий основного, среднего и кислого составов. С малыми интрузиями габбро-плагиогранитовой формации ассоциируют месторождения железа, меди и кобальта, а с комплексом малых кислых (натриевых) интрузий (кварцевыми альбитофирами, плагиогранит-порфирами) — барит-медно-колчеданные месторождения в спилит-кератофировых комплексах.

Начальные этапы сменяются ранними, причем характерно, что в ранние этапы развития подвижных зон (геосинклинально-складчатых областей) в условиях усиления роли разрывных нарушений и при проявлении мощных складчатых движений возникают осадочные и вулканогенно-осадочные формации, крайне сходные с подобными образованиями начальных стадий. Однако интрузивный магматизм в ранние стадии существенно иной: его проявления начинаются с образования малых интрузий габбро-диоритовой и габбро-граносиенитовой формаций, с которыми тесно

связаны медно-железородные месторождения скарнового типа. Становление малых интрузий сменяется формированием крупных батолитовых тел плагиогранитов, диоритов, монцонитов, сиенитов и габбро, сопровождаемых железорудной, медной, молибденовой и вольфрамовой минерализацией. Образование этих батолитов совпадает с периодом первой главной складчатости.

После формирования плагиогранит-граносиенитовых плутонов вновь происходит консолидация подвижного пояса с широким развитием разрывных нарушений, образованием осадочно-вулканогенных комплексов и становлением малых и субвулканических интрузий кварцевых альбитофиров, гранитов, гранодиоритов, которые сопровождаются колчеданной и близкой по типу полиметаллической минерализацией в спилит-кератофировых толщах. Возможно, с этими же интрузиями связаны гидротермальные месторождения ртути, сурьмы, золота и молибдена.

Средние этапы развития подвижных поясов. Эти этапы охватывают период становления складчатого пояса, характеризующийся дифференцированными колебательными движениями, переходящими в мощную складчатость, превращающую складчатый пояс в консолидированную, слабomobilную структуру. Для осадочных комплексов средних этапов особенно характерно развитие флишевых и флишеидных формаций при подчиненном значении осадочно-вулканогенных, песчано-известковых и карбонатных. Формирование мощных песчанико-сланцевых толщ флишеидного типа является одной из характерных черт этого этапа развития геосинклиналей.

Средние этапы знаменуются образованием крупных гранитоидных соскладчатых плутонов (батолитов). Их становлению предшествует образование малых интрузий гранодиоритов, кварцевых диоритов и диоритов (добатолитовых), которые сопровождаются золото-шеелитовой минерализацией, иногда с мышьяком и сурьмой. С крупными плутонами умеренно кислых гранитоидов, которые, как правило, имеют сложный состав и характеризуются многофазным образованием (от кварцевых диоритов, гранодиоритов, плагиогранитов до биотитовых и биотит-роговообманковых гранитов), генетически связаны скарновые главным образом вольфрамовые и молибденовые месторождения. Со второй крупной группой батолитовых интрузий, представляемых крупными плутонами кислых и ультракислых гранитов, ассоциируют грейзеновые и гидротермальные, редкометалльные, обычно комплексные молибден-олово-вольфрамовые месторождения, сопровождаемые бериллиевой, литиевой и реже тантало-ниобиевой минерализацией, образующей в некоторых регионах самостоятельные месторождения.

С проявлением мощной складчатости в средние этапы развития и становлением крупных синорогенных гранитных батолитов геосинклинальные зоны из состояния мобилного складчатого пояса переходят в «слабomobilный складчатый пояс», для которого характерно затухание складчатых движений и усиление роли

разрывных нарушений, приводящих к образованию блоковых структур.

Наступают поздние и конечные этапы развития подвижных (геосинклинально-складчатых) поясов земной коры. Они характеризуются осадконакоплением в наземных условиях и широким развитием континентальных вулканогенных формаций пестрого состава; среди них выделяются молассовые, пестроцветные континентально-лагунные, соленосные и угленосные, карбонатные и карбонатно-терригенные, при этом для конечных этапов главное значение имеют молассовые, андезито-дацитовые и липарито-дацитовые формации. Интрузивный магматизм представлен сложной серией малых, трещинных интрузий (штоков, даек, силлов), различающихся как по составу, так и по характеру ассоциирующего с ними оруденения; характерны специализированные интрузивные комплексы, сопровождаемые в одних случаях золото-молибденовым или олово-полиметаллическим, а в других свинцово-цинковым, ртутно-сурьмяным, флюорит-баритовым и другим оруденением.

Наиболее контрастно в поздние этапы развития проявляются комплекс послебатолитовых золоторудных месторождений жильного типа в связи с малыми интрузиями кварцевых диоритов и гранодиоритов, а также комплекс оловянных месторождений сульфидно-касситеритовой формации и связанная с ними группа свинцово-цинковых месторождений, ассоциирующих с малыми, трещинными интрузиями и толщами кислых эффузивов. На завершающих стадиях поздних этапов формирования складчатых областей возникает серия близповерхностных месторождений, включающая вторичные кварциты, золото-серебряные месторождения и месторождения сурьмы, ртути и мышьяка.

В конечные этапы формируются гидротермальные месторождения так называемого западноевропейского типа, куда входят серебро-кобальт-никелевые и связанные с ними полиметаллические месторождения. Вторая группа (комплекс) объединяет телетермальные месторождения флюорита, барита, свинца и цинка, для которых характерно отсутствие видимой связи с магматическими породами.

Эта схема в первые годы широких металлогенических исследований легла в основу методики составления металлогенических карт, главным принципом которой явилось выяснение принадлежности конкретных геологических образований к тем или иным этапам развития геосинклинали (с последующим отображением их на металлогенической карте соответствующим цветом).

Схема Ю. А. Билибина на определенном этапе развития металлогенических исследований в нашей стране и за рубежом сыграла большую положительную роль. Она позволила впервые систематизировать огромный фактический материал по металлогении геосинклинальных зон и явилась своеобразным трамплином, позволившим перейти в последующие годы к новым металлогеническим обобщениям, развитие которых шло по пути выде-

ления различных металлогенических типов геосинклинально-складчатых областей и отхода от единой универсальной схемы.

Большой вклад в развитие наших представлений об эволюции рудных процессов в различных по особенностям развития геосинклинально-складчатых областях внесли известные труды В. И. Смирнова, М. И. Ициксона, Г. А. Твалчрелидзе, В. А. Кузнецова, И. Г. Магакьяна и многих других. Эти исследователи, используя новый фактический материал, а также учитывая геологические особенности структурных элементов, не только пошли по пути детализации схемы Ю. А. Билибина, но и поставили перед собой трудную задачу выделения различных металлогенических типов геосинклинально-складчатых областей и установления их характерных признаков.

Наиболее полно эта тенденция в развитии металлогенического анализа получила воплощение в исследованиях В. И. Смирнова [110, 115].

В. И. Смирнов [110] выделяет в истории превращения мобильных геосинклиналей в относительно стабильные складчатые области три стадии: а) раннюю, отвечающую периоду прогибания; б) среднюю, соответствующую периоду главных фаз складчатости; в) позднюю, связанную с полным затуханием геосинклинального режима. Проанализировав особенности проявления эндогенного оруденения в различных геосинклиналях по стадиям их развития, он пришел к выводу, что главное значение для их металлогенической характеристики имеют два следующих обстоятельства: интенсивность магматизма ранней собственно геосинклинальной стадии их развития и характер тектонического режима средней стадии в период главных фаз складчатости по схеме обращенного или необращенного превращения геосинклиналей в складчатые области. С учетом этих обстоятельств В. И. Смирнов [110, 115] выделяет четыре самостоятельных различных типа геосинклинальных зон. Он доказал, что металлогения каждого типа может быть дифференцирована по особенностям проявления оруденения в пределах определенных тектонических элементов, среди которых им были выделены как наиболее характерные следующие типы структур: а) геосинклинальные рвы; б) внутренние зоны; в) срединные массивы; г) периферические зоны; д) геосинклинальные рамы; е) пограничные разломы. Каждая из этих структур характеризуется строго специфическим набором рудных месторождений, различным в геосинклиналях разных типов [110].

Г. А. Твалчрелидзе [1972 г.] в более поздних работах для целей регионального металлогенического анализа расчленяет геосинклинальные зоны на ряд главных типов. Среди эвгеосинклиналей он выделяет четыре типа: офиолитовые, вулканогенные, терригенные и сланцевые; все эти типы геосинклиналей расположены во внутренних зонах геосинклинальных систем, но характеризуются различными осадочными, магматическими и рудными

формациями. Так, офиолитовые эвгеосинклинали характеризуются интенсивным геосинклинальным магматизмом ультраосновного и основного состава, сопровождаемым месторождениями хрома и титаномагнетитов; для вулканогенных эвгеосинклиналей типичны медно-колчеданные, платиновые, скарново-магнетитовые, золоторудные и иногда полиметаллические месторождения, ассоциирующие с раннеорогенным базальтоидным магматизмом и геосинклинальным вулканизмом. Сланцевые эвгеосинклинали с мощным проявлением геосинклинального вулканизма в сланцевых толщах характеризуются колчеданно-полиметаллическим и медно-пирротиновым оруденением; терригенные эвгеосинклинали с отложениями монотонных песчанико-сланцевых толщ и развитым гранитоидным магматизмом сопровождаются характерными пегматитовыми, грейзеновыми и жильными месторождениями олова, вольфрама, молибдена, а также свинца, цинка, урана и золота.

По мнению Г. А. Твалчрелидзе, эндогенная металлогения миогеосинклиналей проявлена слабо в виде небольших месторождений полиметаллов, сурьмы и ртути. Таким образом, Г. А. Твалчрелидзе также пошел по пути более дробной металлогенической характеристики геосинклиналей, выделения среди эвгеосинклиналей нескольких типов, при этом он подразделил геосинклинали с терригенными, песчанико-сланцевыми формациями на две группы, резко отличающиеся друг от друга набором рудных месторождений.

Наиболее четко металлогения доорогенного этапа эвгеосинклиналей охарактеризована В. И. Смирновым [114]. Анализируя варианты доорогенной металлогении, он отметил чрезвычайную трудность расшифровки этих процессов, так как они являются продуктами самой ранней стадии геологического цикла, на которые накладываются все последующие стадии геосинклинального и платформенного этапов. Он показал, что все образования доорогенного магматизма и металлогении формируются только на ранней стадии геосинклинального развития.

В. И. Смирнов [114, 115] намечает четыре возможных варианта формирования офиолитовых поясов с характерной для них орогенной металлогенией: а) в геосинклинальных трогах, зарождающихся на континентальной коре; б) в геосинклинальных прогибах, возникающих на океанической коре; в) в зонах раздвигов континентальной коры на гипербазитовом основании; г) в зонах Беньофа. Он считает, что фактическому геологическому материалу по конкретным офиолитовым поясам в большей степени соответствует модель заложения и развития эвгеосинклиналей в связи с глубинными структурами типа зон Беньофа. Он показал, что доорогенные офиолитовые комплексы существенно отличаются от магматических пород дна современных океанов (!!! — А. Щ.).

Проблема образования офиолитовых поясов эвгеосинклиналей и их рудоносности остается все еще весьма спорной по многим

позициям. А. В. Пейве и его сотрудники [94] полагают, что офиолитовые комплексы во всех без исключения складчатых зонах являются аллохтонными и располагаются внутри крупных тектонических покровов, представляя собой тектонические горизонтальные пластины океанической коры, часто интенсивно переработанные и измененные. Такое понимание природы офиолитовых комплексов, конечно, требует и совершенно новых принципов выявления закономерностей размещения связанных с ними полезных ископаемых.

Проблема образования и рудоносности офиолитовых поясов выходит за рамки вопросов доорогенной металлогении геосинклиналей и превращается в самостоятельную научную проблему, связанную не столько с гипотезой новой глобальной тектоники, сколько с принципиально иным анализом характера и масштабов горизонтальных тектонических движений внутри консолидированных блоков литосферы, выводящих в верхние слои тектоносферы по зонам разломов пластины офиолитов. Этот процесс по масштабам не одинаков во времени и его интенсивность меняется от более древних эпох к молодым. Уже это одно обстоятельство позволяет настоятельно относиться к применению принципа актуализма при изучении офиолитовых комплексов древних складчатых зон и дна современных океанов. Если это действительно так, то проблема офиолитовых поясов и их металлогении приобретает новое звучание и требует всестороннего, прежде всего тектонического, обоснования принципиально новой природы возникновения офиолитов и связанного с ними оруденения в долгоживущих (пологих?) зонах региональных разломов. Возможно, в этих случаях мы имеем дело с принципиально новым тектоническим режимом, не имеющим ничего общего ни с геосинклинальным, ни с режимом «тектоники плит».

В связи с проблемой офиолитов и рудоносностью палеомантии необходимо привлечь внимание читателя к малоизвестному исследованию [46], посвященному рассматриваемым вопросам. В этой интересной работе ее авторы приходят к важным выводам о том, что в состав офиолитов входят кроме спилитов, диабазов, гипербазитов и габброидов также неразрывно связанные с гипербазитами их эффузивные аналоги. Если это действительно так, а фактический материал в работе достаточно убедительный, то говорить о тектонической природе гипербазитов в ряде районов Тихоокеанского пояса не приходится. Авторы полагают, что офиолиты и коматиниты Тихоокеанского региона имеют различный возраст и формировались в зонах рифтогенеза в раннем кембрии, девоне, перми, позднем триасе — ранней юре, раннем мелу и позднем мелу — палеогене. Авторы доказывают, что спилиты, диабазы, коматиниты, гипербазиты и габброиды офиолитовых парагенезисов являются родственными образованиями; они формируются за счет подкорового субстрата тектоносферы. Эти образования следует считать продуктами селективного плавления субстрата верхней мантии, а иногда и сплошного плавления с последующей

ликвацией расплавов. Это позволяет считать парагенезисы офиолитов в качестве индикаторов состава верхней палеомантии.

Анализ показывает, что верхняя палеомантия Тихоокеанского пояса была неоднородной, латерально зональной. В ее пределах устанавливаются зоны (площади), обогащенные железом, титаном, кальцием, марганцем, цинком, кобальтом, оловом, и зоны, обедненные этими элементами, но обогащенные магнием, хромом, никелем, медью. С. С. Зимин и соавторы [45, 46] считают, что эволюция первично неоднородной по составу палеомантии в Тихоокеанском поясе шла в направлении обогащения магнием, хромом, никелем и кобальтом за счет обеднения ее легкоплавкими элементами, такими как железо, серебро, ртуть, цинк, свинец, олово и др., которые, по-видимому, в условиях рифтовых зон большей частью рассеивались. В более поздние стадии, например островных дуг и орогенных поясов, в условиях полузакрытых структур легкоплавкие элементы, наоборот, испытывали тенденцию к концентрации, образуя широкий спектр эндогенных месторождений и крупные рудные провинции. Предполагается обогащение первичной палеомантии оловом, цинком, свинцом и другими металлами, что в соответствующих условиях привело к концентрации этих элементов в виде месторождений, в особенности в районах с развитием дифференцированных магматических серий, а также контрастных формаций. Построения авторов интересны тем, что они выполнены на фактическом материале по советской части Тихоокеанского рудного пояса, но оказались сопоставимыми с наблюдениями по другим регионам мира. Во всех случаях зоны развития офиолитов с коматиитами оказываются приуроченными к деструкционным структурам типа рифтов, образующимися в процессе расширения земной коры.

Среди геосинклинально-складчатых областей устанавливаются моно- и полицикличные со сложной, несколько раз проявляющейся однотипной минерализацией. В. И. Смирнов [110, 115], анализируя особенности металлогении полициклических геосинклинально-складчатых областей, выделяет среди них три группы: а) полицикличные пояса с ограниченным развитием ранних циклов (Урал); б) полицикличные пояса с ограниченным развитием поздних циклов (Забайкалье и Монголия); в) полицикличные пояса полного развития (Кавказ).

Для полициклических геосинклинально-складчатых областей характерно последовательное смещение в пространстве магматизма и рудообразования в процессе их развития, при этом повторяемость магматических и металлогенических событий происходит в такого типа структурах только при условии повторяемости стадий геологического развития. В. И. Смирнов подчеркивает, что «если при миграции складчатости закладываются новые геосинклинальные трюги, то в них на смену отжившему или отживающему вулканизму тыловых трюгов начнут формироваться новые вулканогенные комплексы пород и ассоциированные с ними колчеданные месторождения» [110, с. 53].

Особенности металлогении полициклических областей детально рассмотрены на примере Алтае-Саянской провинции В. А. Кузнецовым [63], которым отчетливо показано бициклическое развитие Горно-Алтайской геосинклинальной области.

Изучение и выявление полициклических геосинклинально-складчатых областей встречают определенные трудности, что связано прежде всего с надежностью документации геологического возраста рудоносных формаций. Достоверность определения возраста формаций влияет в первую очередь на формирование представлений о неоднократном проявлении сходных рудных месторождений.

В настоящее время совершенно очевидно, что одна из главных задач, которую следует решать при анализе металлогении геосинклинально-складчатых областей,— это объективный анализ особенностей развития данных структур, и в первую очередь выделение определенных, конкретных для каждого региона стадий их развития, документируемых специфическими комплексами осадочных, магматических и рудных формаций. Анализ развития конкретных геосинклинально-складчатых областей должен быть лишен догматизма, сводящего эволюцию складчатых зон к обязательным, присущим всем областям стадиям развития.

Как было подчеркнуто ранее, именно отсутствие такой гибкости со стороны последователей основоположника советской металлогении Ю. А. Билибина, предложившего пятичленную схему деления тектоно-магматического цикла, привело к резкой (порой излишне резкой) критике этой схемы.

Сложность познания особенностей развития конкретных геосинклинально-складчатых областей состоит прежде всего в том, что развиваются они не стандартно, каждая имеет свои характерные черты развития, при этом отдельные стадии развития часто выпадают или проявляются в редуцированном виде. Наиболее часто это присуще начальным и заключительным стадиям развития тектоно-магматического цикла. Примером таких областей, развивающихся по разному плану, с проявлением различных стадий, служат изученные автором разновозрастные складчатые области Западного Забайкалья [157].

Изучение металлогении геосинклинально-складчатых областей разных типов и их отдельных тектонических элементов способствовало развитию в последние годы важных исследований по выделению и всесторонней характеристике различных генетических групп формационных и структурно-металлогенических зон. Эти работы, выполненные в последние годы большим коллективом ВСЕГЕИ под руководством Д. В. Рундквиста [62, 102], внесли крупный вклад в познание общих металлогенических закономерностей развития структур земной коры, позволили более полно и широко осуществить «корреляционные» построения при изучении рудоносных структур разных регионов.

Как отмечалось нами ранее, в последние годы в связи с изучением металлогении геосинклинально-складчатых областей

возникли новые вопросы, дальнейшее исследование которых должно способствовать развитию и углублению представлений о металлогении этих структур. К таким вопросам относятся более глубокое изучение металлогении активизированных рам геосинклинально-складчатых областей и частично связанный с этой проблемой вопрос о вулканических поясах и их металлогении.

Металлогения активизированных рам геосинклинально-складчатых областей. Одним из интересных вопросов металлогении геосинклинально-складчатых областей является познание закономерностей размещения эндогенных месторождений в консолидированных структурах их обрамления, активизированных наложенными тектоническими процессами в результате развития геосинклиналей. Речь идет о металлогении так называемых зон (или областей) отраженной тектоно-магматической активизации. В общей проблеме металлогении геосинклинально-складчатых областей эти вопросы изучены еще очень слабо. Между тем полученный за последние годы фактический материал позволяет говорить о необходимости более полного и всестороннего изучения процессов отраженной тектоно-магматической активизации, с которыми оказываются связанными важные в практическом отношении рудные месторождения.

Исследование явлений отраженной тектоно-магматической активизации переплетается с изучением вулканических поясов и их металлогении, а также времени, природы и места проявления этих своеобразных наложенных вулканических структур. Поэтому в настоящее время исследование металлогении активизированных рам геосинклинально-складчатых областей приобретает еще более широкое значение, позволяет иначе, чем это представлялось еще недавно, подойти к анализу металлогении крупных регионов, не привлекавших должного внимания исследователей с позиций выявления в их пределах новых типов месторождений.

Области отраженной тектоно-магматической активизации возникают обычно в жестких бортовых частях геосинклиналей, образуя сравнительно узкие — до 100—150 км шириной — зоны (области), вытянутые вдоль простираения геосинклинальных трогов.

Особенности металлогении активизированных зон такого типа впервые охарактеризованы В. И. Смирновым [110]. Им было показано, что в бортах некоторых геосинклиналей наряду с месторождениями предшествующих эпох известны месторождения сингенетичные и синхронные оруденению, возникающему в пределах геосинклинали на разных стадиях ее превращения в складчатую область. Среди таких месторождений встречаются хромитовые в связи с шовными, дайкообразными интрузиями дунит-перидотитового состава (Родопский, Анатолийский, Иранский срединные массивы), реже небольшие олово-вольфрамовые месторождения пегматитового и гидротермального типов, связанные с плутонами гранитоидного состава, которые формируются в момент проявления главных фаз складчатости.

Наиболее широко в пределах областей отраженной активизации проявляются месторождения, возникающие в поздние стадии геосинклинальных зон. К ним, в частности, относятся молибденовые и медно-молибденовые месторождения, а также связанные с ними золоторудные и полиметаллические, ассоциирующие с трещинными интрузиями гранодиоритового состава (Забайкалье, Горный Алтай, Родопский и Кокчетавский срединные массивы и др.).

В. И. Смирнов [110] отмечает, что магматизм и оруденение в активизированных бортах геосинклиналей распространяются на различные расстояния. Мощность зоны распространения оруденения, подчеркивает он, не зависит от размеров геосинклиналей и лежит в сравнительно узких пределах от 35 до 65 км. Такая приуроченность месторождения к узким, вытянутым вдоль бортов геосинклиналей зонам, крайне характерна для областей отраженной активизации и резко отличается от изометричных областей развития магматизма и оруденения, свойственных областям автономной активизации.

Определенный вклад в изучение областей (зон) отраженной (сопряженной) тектоно-магматической активизации внесен коллективом ВСЕГЕИ [88]. Среди таких областей обосновано выделение двух подклассов: пограничных и удаленных, занимающих разную геолого-структурную позицию и обнаруживающих ряд различий в наборе геологических формаций, морфотектонических особенностях и металлогении. На основе анализа преобладающего участия в строении областей активизации тех или иных структурно-формационных комплексов произведено их расчленение на плутоногенные, вулканогенные, метаморфогенные и седиментогенные структурные типы.

Процессы отраженной тектоно-магматической активизации относительно локальны и всегда связаны с явлениями, происходящими в смежных геосинклиналях, а рудные месторождения, возникающие в связи с этими процессами, в большинстве случаев сингенетичны и синхронны проявляющимся в складчатых областях. Как отмечалось нами [157], тектонические движения, вызывающие и сопровождающие отраженную активизацию, проявляются только в верхних горизонтах земной коры и с глубинными процессами, происходящими в мантии, очевидно, не связаны.

Для рудных месторождений областей отраженной тектоно-магматической активизации всегда характерна их связь с трещинными приповерхностными интрузиями и локализация самих рудных тел в четких зонах тектонических нарушений. В областях отраженной тектоно-магматической активизации рудные месторождения практически всегда приурочены к непротяженным рудным зонам (20—25 км), которые часто располагаются вдоль разломов, поперечных бортовой части геосинклинальных прогибов. Намечается, что наиболее благоприятная обстановка для локализации крупных месторождений создается в районах пересечения крупных продольных и поперечных менее масштабных текто-

нических нарушений. В таких узлах пересечения разломов обычно и сосредоточены рудоносные интрузии, в ряде регионов имеющие кольцевое строение.

Краткие выводы

1. Металлогенический анализ геосинклинально-складчатых областей с традиционных позиций выдержал проверку временем. Несомненно, что за прошедшее со дня опубликования работ Ю. А. Билибина по металлогении время советскими исследователями достигнуты крупные успехи в деле познания природы геосинклинального процесса и геосинклинальных структур, их классификации, выделения рудоносных и рудных формаций, структурных и структурно-металлогенических зон. Представления с геосинклинальным процессе развития земной коры и «геосинклинальной» металлогении не только правомерны и прошли испытания временем, но и получили дальнейшее развитие.

2. Установлено, что геосинклинально-складчатые области, являясь крупными металлогеническими провинциями, развиваются всегда строго направленно от ранних стадий заложения геосинклинальных трогов до возникновения складчатой области и ее превращения в молодую платформу. Известны моноциклические и полициклические области; в конкретных регионах некоторые стадии развития редуцированы или проявляются «в эмбриональном» развитии. Эти особенности находят отражение и в проявлениях рудных процессов, что позволяет выделить несколько металлогенических типов геосинклинально-складчатых областей. Одинаковых по характеру геологического и металлогенического развития геосинклинально-складчатых областей нет; каждая конкретная складчатая область имеет свои специфические провинциальные черты, выявление которых особенно важно для целей металлогенического анализа конкретных регионов.

3. Важное значение для выявления специфических металлогенических особенностей имеет морфология геосинклинальных областей: мозаично-блоковая или линейная; она во многом влияет на характер проявления различных типов месторождений.

4. Определяющее значение для металлогении геосинклиналей имеет характер субстрата, на котором они закладываются, и прежде всего тип земной коры: континентальный или океанический.

5. В последние годы выполнены крупные исследования по выделению на современной фактической основе характерных типов структурно-металлогенических зон, присущих разным стадиям развития геосинклинально-складчатых областей.

6. Для локализации оруденения большое значение имеют блоковое строение геосинклиналей и поперечные к общему структурному плану последних глубинные разломы и кольцевые структуры.

Все это вместе взятое требует более индивидуального, не-

стандартного подхода к изучению металлогении геосинклинально-складчатых областей, вносит в традиционную металлогению геосинклиналей существенные дополнения и коррективы.

Металлогения платформ

В последние годы в нашей стране и за рубежом [71, 86, 165, 169] достигнуты определенные успехи в познании металлогении древних платформ, разработке методических приемов выявления закономерностей размещения месторождений в их пределах. Тем не менее с сожалением приходится отмечать, что металлогения платформ, прежде всего в пределах Советского Союза, изучена менее полно, чем геосинклинально-складчатых областей, несмотря на значительные достижения в нашей стране в изучении древних щитов. Это, по-видимому, связано с несколькими причинами, и прежде всего с тем, что платформы — крупнейшие структуры континентальной земной коры — не всегда подвергались детальному металлогеническому анализу как единые, целостные структуры значительными научными коллективами, и, во-вторых, с отсутствием общего подхода к тектоническому районированию этих глобальных структур [71]. Так или иначе, но эти два обстоятельства в определенной степени затормозили оценку перспектив платформенных территорий СССР, и прежде всего их кристаллического основания, в недрах которых мы вправе ожидать многих новых месторождений.

Напомним, что под платформами обычно понимаются относительно устойчивые по сравнению с геосинклинально-складчатыми областями крупные консолидированные блоки земной коры, имеющие двухъярусное строение. Нижний ярус, или фундамент, образован геологическими формациями разновозрастных, обычно древних (архейских или протерозойских) складчатых областей, а верхний — относительно спокойно залегающими осадочными, местами вулканическими породами, слагающими осадочный (осадочно-вулканогенный) чехол.

Нами рассматривается металлогения только древних платформ, под которыми понимаются платформы, сформировавшиеся до байкальской складчатости.

Основы металлогенического анализа платформ были заложены Ю. Г. Старицким [127, 128], который пришел к выводу, что все древние платформы развиваются по единому плану, причем в отличие от геосинклинально-складчатых зон они эволюционируют не циклично, а строго направленно. В развитии каждой платформы Ю. Г. Старицкий [128] выделяет три характерных для всех платформенных структур этапа развития. Он полагает, что между этапами развития платформ и этапами эволюции геосинклинально-складчатых областей существуют принципиальные различия; по длительности проявления этап развития платформ

соответствует всему тектоно-магматическому циклу складчатой области, в то время как этапы развития складчатой области являются только частью цикла и в общих чертах повторяются от цикла к циклу, тогда как каждый этап развития платформ имеет свои особенности, не повторяющиеся в истории развития платформенных сооружений. Указанные этапы разделены периодами интенсивных тектонических движений, когда происходит перестройка структурного плана платформ; к этим же максимумам тектонических движений приурочены всплески платформенного магматизма и оруденения.

Следует особо подчеркнуть, что этапы развития платформ выделяются им только для осадочного чехла, тогда как особенности и отличия в развитии фундамента платформ практически не рассматриваются. По мнению Ю. Г. Старицкого, первый этап в развитии платформ характеризуется преобладанием континентального режима, образованием осадков в локальных впадинах и медленным осадконакоплением. Этот этап на большинстве платформ охватывает время от раннего протерозоя до начала палеозоя. В некоторых регионах по периферии платформ в конце первого этапа возникают крупные прогибы, в которых образуются сложные по составу карбонатные и эвапоритовые толщи. Второй этап в развитии платформ Северного полушария начинается проявлением длительных, медленных отрицательных движений, что приводит к возникновению на платформах крупных эпиконтинентальных морей, в пределах которых формируются карбонатные, частично терригенные и угленосные формации. По времени этот этап охватывает практически весь палеозой до начала или середины мезозоя. Ю. Г. Старицкий отмечает, что на платформах Южного полушария и Индостана процессы континентального угленакопления начались только в позднем палеозое, тогда как в раннем палеозое осадкообразование на платформах не происходило. Наконец, третий этап, охватывающий мезозой и кайнозой, связан с резкой дифференциацией тектонических движений на платформах, что, с одной стороны, приводит к возникновению поднятий и, с другой — к образованию глубоких впадин, заполненных терригенными и (или) карбонатно-терригенными, нередко угленосными отложениями. Этапы развития различных платформ обычно близко совпадают по времени, особенно для платформ одного полушария.

На каждом этапе развития платформ возникают структуры разных порядков: поднятия, впадины, валы, мульды, крупные флексуры и т. д. В последнее время все с большей очевидностью вырисовывается важная роль в развитии платформ крупных блоков и региональных тектонических нарушений. Все это вместе взятое с учетом развития различных геологических формаций в пределах этих структур, в том числе в первую очередь рудных формаций, позволяет выделять исследователям в пределах чехла платформ разновозрастные структурно-металлогенические зоны разных типов.

Такой подход к анализу металлогении чехла платформ долгие годы определял «главную линию» выявления закономерностей размещения месторождений в структурах их чехла. В общем случае шло противопоставление особенностей развития чехла платформ и геосинклинально-складчатых областей: полностью отрицалась возможность циклического развития чехла платформ, подчеркивался строго направленный путь их эволюции. Это не отражалось в значительной степени на металлогеническом анализе платформ, но накладывало определенные ограничения на сопоставление особенностей развития чехла платформ в различные геологические эпохи и определенным образом сказывалось на возможностях проведения достоверных аналогий.

Важно было установить, действительно ли имеются столь серьезные различия в общем плане развития платформ и геосинклинально-складчатых областей, как это предполагает Ю. Г. Стаицкий.

Как показали в последние годы Н. С. Малич и Е. В. Туганова [71] на примере глубокого металлогенического анализа Сибирской платформы, эта крупнейшая платформенная структура Земли развивается полициклично, что привело к существенному изменению прежних представлений. Было показано, что в чехле Сибирской платформы отчетливо выделяются образования девяти тектонических этапов, разделенных структурными перестройками. В течение каждого тектонического этапа, охватывающего крупный отрезок времени (до 600 млн. лет), возникали осадочные, вулканогенно-осадочные и магматические формации, образующие формационные ряды (циклы), приуроченные к определенным структурно-формационным областям.

Такие представления об истории развития чехла платформы и возможностях структурно-формационного районирования платформы по отдельным этапам привели к новым выводам о металлогении платформ и позволили по-новому проанализировать металлогенические особенности развития платформ. В первую очередь это было связано с тем, что металлогенический анализ чехла платформ оказался основанным на структурно-формационном и палеотектоническом принципах; это в свою очередь позволило выделить палеоинергенные области, провинции и зоны. При таком подходе, как подчеркивают Н. С. Малич и Е. В. Туганова [71, с. 12], основная трудность заключалась в том, что на Сибирской платформе на протяжении девяти этапов ее развития происходило неоднократное наложение разнотипных и разновозрастных металлогенических провинций и зон. Было установлено, что закономерности проявления полезных ископаемых во времени определяются особенностями развития стадий каждого этапа, а пространственные закономерности — генетическим типом структурно-формационных областей. Кроме того, при металлогеническом анализе чехла Сибирской платформы было показано, что на закономерности размещения полезных ископаемых в чехле (особенно эндогенных месторождений) оказывает подчас

существенное влияние блоковое и глубинное строение платформ, и их фундамента в частности [71]. Указанные авторы полагают, что металлогенический этап в развитии платформ — это отрезок времени (100—400 млн. лет), совпадающий с одним тектоническим этапом развития платформы, в течение которого происходит последовательное формирование «жесткой триады» рудоносных геологических формаций, проявляющихся последовательно в рамках одного этапа: осадочных, эндогенных, кор выветривания; металлогенический (минерагенический) этап состоит из отдельных минерагенических эпох.

Исследованиями последних лет [71, 128] выявлено очень важное обстоятельство, что тектонические циклы, выделяемые в развитии геосинклинально-складчатых областей, четко различаются и на Сибирской платформе. Так, по Н. С. Маличу и Е. В. Тугановой, каждому докембрийскому тектоническому циклу (карельскому, байкальскому) геосинклинально-складчатых областей отвечают по два платформенных этапа. «Каждому фанерозойскому тектоническому циклу в обрамлении (каледонскому, варисскому, герцинскому) на платформе отвечает один этап, состоящий из двух подэтапов. Начальный этап платформы отвечает геосинклинальным этапам — в обрамлении, поздний — орогенным этапам» [71, с. 164].

Изложенное выше имеет большое теоретическое значение, так как устанавливает непосредственные связи в развитии платформ и их складчатого обрамления, показывая синхронность процессов на платформах и в геосинклинально-складчатых областях, подчеркивая единство развития разнотипных структур континентального блока земной коры. Важно отметить, что на Сибирской платформе однотипные рудоносные и рудные формации проявлялись неоднократно (т. е. полициклично) на определенных стадиях развития сходных структурно-формационных областей. Установлено несколько эпох образования сходных осадочных и металлогенических рудоносных формаций.

Детальный металлогенический анализ Сибирской платформы, выполненный в последние годы с составлением комплекса металлогенических карт [71], позволяет допустить, что особенности металлогенического развития этой структуры, и прежде всего чехла платформы, характерны и для других платформенных сооружений земной коры. Предварительный анализ этого вопроса показывает правомерность таких заключений.

Значительно более сложным является вопрос металлогенического анализа докембрийского фундамента платформ и их щитов. В этом направлении в последние годы также достигнуты определенные новые результаты, прежде всего связанные с изучением древних щитов и оруденения зеленокаменных поясов. Однако все еще окончательно не решен вопрос: какие принципы применять при металлогеническом анализе докембрийских областей, возможно ли здесь использование известных принципов и методических приемов, применяемых при анализе фанерозойских геосин-

клинально-складчатых областей? Практика последних лет вполне подтверждает ранее высказанное мнение о том, что металлогенический анализ докембрийских областей должен основываться на принципах, применяемых для более молодых складчатых структур, однако с неременным учетом специфики широко проявившихся в докембрии процессов метаморфизма и, что особенно важно, специфики развития особых для докембрия тектонических структур и их объективного районирования. Немаловажно отметить и другое обстоятельство, позволяющее применять при металлогеническом анализе докембрийских областей принципы металлогенического анализа, используемые для структур более молодых зон. Это обстоятельство обусловлено тем, что В. С. Домарев [1970 г.], проведя сопоставление докембрийских и постпротерозойских рудных формаций, показал, что специфические метаморфические месторождения в докембрии не столь уж разнообразны, значительная часть рудных месторождений относится к таким же генетическим образованиям, как и месторождения постпротерозоя.

В общем случае изучение металлогении фундамента платформ связано с познанием особенностей металлогении раннего докембрия. Д. А. Великославинский, Ю. М. Соколов и В. А. Глебовицкий [1970 г.] вслед за Н. Г. Судовиковым [129] главной проблемой металлогении докембрия считают исследование закономерностей образования и размещения формаций метаморфогенных месторождений полезных ископаемых. По их мнению, эта проблема должна рассматриваться на основании тщательных геологических исследований и проведения анализа в следующих направлениях: а) к какой осадочно-вулканогенной или магматической фации или формации принадлежат подвергшиеся метаморфизму вмещающие месторождения породы; б) в какой фации метаморфизма они метаморфизованы; в) при каком типе регионального метаморфизма возникла метаморфическая фация или группа фаций, приведшая к возникновению парагенетической ассоциации метаморфических пород, которую можно назвать метаморфической фацией; г) последовательность наложения метаморфических процессов (полиметаморфизм). Такая схема изучения рудных процессов в докембрии в общих чертах правильна, но в ее основе должны находиться принципы металлогенического анализа геосинклинально-складчатых областей неогля с учетом особенностей эволюции метаморфогенного рудообразования в докембрийских метаморфических поясах.

И. Г. Магакьян [67] при металлогеническом анализе платформ рекомендует различать три следующих главных периода: 1) период (периоды) осадконакопления, вулканизма и метаморфизма мощных вулканогенно-осадочных толщ, накапливающихся в древнейших (архейских и протерозойских) бассейнах; 2) период (периоды) консолидации, замыкания областей накопления осадков и многократного внедрения интрузивных масс гранитоидного и частью основного и ультраосновного состава; 3) период платформ-

менного режима с позднейшими разломами (вплоть до альпийского возраста) и внедрением вдоль них трещинных интрузий основного и ультраосновного, щелочного и гранитоидного составов [67, с. 17]. Первые два периода связаны с формированием фундамента платформ, который обычно сложен метаморфическими образованиями, возникающими в результате развития древних геосинклинально-складчатых областей и наложения последующих процессов регионального метаморфизма на различные геологические формации, сформировавшиеся в процессе этого развития.

Опыт советских исследователей показывает, что к металлогеническому анализу фундамента платформ применимы общие принципы, используемые при анализе геосинклинально-складчатых областей, с обязательным учетом в каждом конкретном регионе особенностей развития и проявления процессов регионального метаморфизма, сопровождаемых образованием метаморфогенных месторождений. При всей сложности металлогенического анализа докембрийских метаморфических комплексов фундамента платформ в настоящее время нет оснований говорить о необходимости принципиально иного подхода к выявлению закономерностей развития древних геосинклинально-складчатых областей. Эти принципы в основе остаются прежними, сходными с применяемыми при металлогеническом анализе структур фанерозоя, однако факторы регионального метаморфизма и ультраметаморфизма с сопровождающими эти процессы явлениями метасоматоза приобретают при анализе металлогении областей развития докембрия совершенно особое значение.

Интересные представления о металлогении докембрия изложены в крупной коллективной монографии под редакцией К. О. Кратца [87], посвященной основам металлогении метаморфических поясов докембрия. В этой сложной работе рассматривается комплекс проблем, охватывающих основные принципы металлогенического анализа метаморфических поясов, характеристики рудных формаций докембрия, приводятся металлогенические обзоры некоторых регионов страны. Нет необходимости пересказывать содержание монографии, однако важно отметить, пожалуй, один важный вывод работы о существовании в докембрии так называемых металлогенических импульсов. Авторы монографии полагают, что эндогенное оруденение в докембрии формируется «в процессе непродолжительных сравнительно со временем зон и их групп импульсов тектоно-магматической активности, которые в зависимости от масштаба вовлечения в движение масс литосферы, монотонности или разнообразия геохимического спектра и генетических групп месторождений подразделяются на глобальные, межконтинентальные, внутриконтинентальные и региональные» [87, с. 239]. По мнению авторов, проявление металлогенических импульсов эндогенной активности совпадает с рубежами геохронологической шкалы докембрия: 3500; 3000 ± 100; 2600 ± 100; 2300 ± 100; 1900 ± 100, 1400 ± 50, 1050 ± 50, 630—680 ± 20, 570 ± 20 млн. лет. Авторы полагают, что процессы мета-

морфического рудообразования определяются длительностью метаморфического цикла, который по геохронологическим данным составляет 50 млн. лет, а длительность образования рудных месторождений, связанного с регрессивной стадией метаморфического цикла, соответственно будет меньше. В работе аргументируется закономерная повторяемость и необратимость явлений метаморфического рудогенеза в эволюции земной коры, и новое понятие «импульс эндогенной активности» отражает эволюционную направленность процессов метаморфического рудообразования.

Важно подчеркнуть, что в работе [87] отмечена определяющая роль глубинных процессов, глубинного петрогенезиса в металлогенической специализации метаморфических комплексов (поясов). В ней однозначно (но с новых позиций) показано, что процессы регионального метаморфизма и ультраметаморфизма, ведущие к образованию месторождений, неразрывно связаны с особенностями геотектонического положения и режимом развития докембрийских подвижных областей.

Очень важное значение имеет правильная интерпретация специфических тектонических структур докембрия, которые действительно отличаются рядом существенных особенностей от структур неогей, хотя в ряде случаев имеют и черты явного сходства (например, троговые, рифтовые структуры). Этот вопрос особенно важен при анализе металлогении платформ с достаточно мощным чехлом, когда познание докембрийских структур сопряжено со значительными сложностями. В связи с этим кратко остановимся на некоторых принципиальных вопросах структурного районирования фундамента платформ. Освещение этого вопроса в значительной степени облегчено интересным исследованием А. В. Сеницына [109], в котором подчеркнута необходимость районирования щитов по единому принципу с выделением как главных тектонических единиц архейских кратонов (включающих гранитоиды основания и зеленокаменные прогибы) и разделяющих их нижнепротерозойских подвижных поясов и перикратонных прогибов. Эти структуры, в особенности последних групп, очень важны в металлогеническом отношении. С ними связана широкая гамма прежде всего рудных месторождений [44, 87].

Особое металлогеническое значение приобретают так называемые перикратонные мульды, развивающиеся как мелководные заливы бассейнов подвижных поясов на примыкающих архейских кратонах. С этими структурами ассоциируют уникальные месторождения золото-урановых конгломератов, которые, к сожалению, еще не выявлены в нашей стране.

А. В. Сеницын [109] отчетливо показал настоятельную необходимость выделения для целей металлогенического анализа докембрийских щитов и кристаллического субстрата платформ четырех крупных категорий тектонических структур: архейских кратонов и в их пределах архейских зеленокаменных трогов, раннепротерозойских подвижных поясов и одновозрастных с ними пе-

рикратонных мульд. Сочетание этих структур в пространстве позволяет увидеть практически на всех щитах единый тектонический рисунок докембрийских областей, их своеобразную архитектуру. Она выражается в том, что эти области имеют характерное блоково-петельчатое строение, когда архейские кратоны в виде крупных овалоподобных поднятий (блоков) окружены раннепротерозойскими складчатыми поясами; при этом весьма благоприятными для локализации эндогенного оруденения и проявления разломов периода наложенной тектоно-магматической активизации являются области сочленения кратонов с протерозойскими поясами (зоны обрамления кратонов).

В последние годы внимание советских исследователей было привлечено к изучению рудоносности архейских зеленокаменных поясов и их геологии [40, 44], были проанализированы вопросы золотоносности поясов [44], выделены различные типы зеленокаменных поясов докембрия. В частности, Э. Б. Наливкина [44] устанавливает два типа поясов: первый представлен раннепротерозойской офиолитовой ассоциацией, второй связан с разломами рифтовых зон среднего протерозоя. Первый тип поясов характеризуется платиновым оруденением в связи с дунит-пироксенит-габбровой формацией, второй — медно-никелевым оруденением в ассоциации с габбро-верлитами. Здесь уместно отметить общее положение о том, что металлогенические проблемы вулканогенного литогенеза в докембрии охватывают два главных направления: первое из них связано с задачами изучения месторождений полезных ископаемых, непосредственно сопровождающих вулканогенные образования; второе относится к процессам формирования месторождений в бассейнах седиментации под влиянием вулканической деятельности [44]. Безусловно, изучение докембрийского вулканизма в связи с проблемами металлогении зеленокаменных поясов архея и протерозойских подвижных зон в настоящее время приобретает особое значение. В этой связи отметим, что для архейских зеленокаменных поясов все в большей и большей степени обоснованно высказываются соображения о первичном накоплении в них золота в результате гидротермально-осадочной деятельности, связанной со становлением рудовмещающих вулканогенных толщ.

Таким образом, подчеркнутая выше необходимость единого подхода к структурно-тектоническому районированию докембрийских щитов и фундамента платформ открывает определенные новые перспективы для металлогенического анализа этих структур, так как позволяет в первую очередь более обоснованно (и эффективно) использовать принцип аналогий при проведении сопоставлений закономерностей размещения месторождений в областях развития докембрия. Это обстоятельство крайне важно для анализа металлогенических особенностей докембрийских областей нашей страны, так как позволяет увидеть общие черты в развитии последних и других платформ (Африканской, Бразильской и др.), в пределах которых, как известно, сосредото-

чены крупные рудные провинции и районы с месторождениями неизвестных в нашей стране типов.

В последнее время вопросы закономерностей размещения и поисковые критерии метаморфогенных месторождений рассмотрены в коллективном исследовании «Метаморфогенное рудообразование в докембрии» под редакцией Я. Н. Белевцева [1986 г.]. В работе подчеркивается, что главная закономерность в размещении метаморфогенных месторождений на докембрийских щитах состоит в том, что подавляющее их большинство приурочено к подвижным зонам кристаллического фундамента щитов, где они размещаются среди метаседиментационных и метавулканических пород зеленосланцевой и амфиболитовой фаций метаморфизма и значительно реже среди пород гранулитовой фации. Наиболее благоприятными для проявления оруденения, в особенности месторождений железа, меди, цинка, золота и урана, являются структурно-формационные зоны протерозойского возраста с кластогенными, хемогенными и осадочно-вулканогенными породами в древних геосинклиналях.

По мнению этих авторов, размещение месторождений находится в прямой зависимости от состава вмещающих пород и интенсивности их метаморфизма и ультраметаморфизма; отмечается (что достаточно спорно.— А. Ш.), что зоны гранитизации осадочно-вулканогенных или осадочных толщ благоприятны для образования железорудных скарнов, титаномагнетитовых, медно-никелевых, полиметаллических и многих других месторождений.

Важное значение для локализации оруденения в докембрийских щитах имеют зоны сочленения тектонических блоков, к которым часто приурочены интенсивно смятые, метасоматически измененные породы, сопровождаемые редкоземельной и радиоактивной минерализацией.

В последние годы в Советском Союзе было уделено повышенное внимание изучению докембрийских троговых структур [39, 40], в особенности в пределах Байкало-Амурского региона, где установлен широкий спектр таких структур: от архейских зеленокаменных поясов, узких протерозойских подвижных зон, вложенных в архейские орогены, до протоплатформенных впадин и прогибов областей протоактивизации. В. И. Казанский [39] показал, что Байкало-Амурский регион представляет собой выдающуюся металлогеническую провинцию мира, где сосредоточены указанные выше структуры раннего докембрия, которые, однако, в отличие от других регионов значительно переработаны более поздними геологическими процессами. Последнее обстоятельство позволяет применять метод аналогий к докембрийским рудоносным структурам с определенными ограничениями.

При изучении Байкало-Амурского региона и его докембрийских структур получен также интересный и новый материал о рудоносности древних разрывных нарушений, их важной роли в формировании докембрийских рудных формаций [39]. Это положение является справедливым и для других районов развития

докембрия. В частности, Е. М. Крестин для Курско-Воронежского кристаллического массива показал, что размещение оруденения и потенциально рудоносных магматитов контролируется зонами резких изгибов, сочленения и пересечения разломов различных порядков. Иными словами, и для докембрийских рудных провинций характерна локализация и контроль оруденения от месторождений до рудных зон и районов разрывными нарушениями, что при всей специфике геологического развития в докембрии сближает условия формирования прежде всего эндогенных месторождений докембрия и неогей. В этом, очевидно, состоит одна из общих закономерностей проявления эндогенных месторождений в земной коре, которую отражает диада геологических явлений: разломы + оруденение. Важно отметить, что при изучении рудоносных разломов в различных регионах применялись новые методы их изучения и была показана вертикальная зональность разломов с присущей разным зонам различной минерализацией [23, 139].

Подчеркнем, что докембрийская эпоха имеет исключительное металлогеническое значение, так как рудные месторождения докембрия заключают в себе более 90 % всех железных руд, более половины мировых запасов урана, возможно, золота, а также крупные концентрации никеля, меди, марганца, свинца, цинка и других металлов; известно, что докембрийские металлогенические провинции представляют собой крупные рудоносные территории. Выделяются три типа провинций: а) связанные с системами протерозойских складчатых поясов (Катангская, Воронежско-Украинская и др.); б) в гранитизированных блоках архейд с наложенными протоорогенными прогибами (Алданская, Трансвааль); в) сложные по строению провинции, в которых сочетаются ядра архейских сооружений с протерозойскими складчатыми зонами и структурами тектоно-магматической активизации (Австралийский щит). Важное металлогеническое значение имеют зоны сочленения различных тектонических блоков, в том числе «тектоно-метасоматические» зоны наложенной древней активизации.

Основные черты металлогении щитов достаточно полно охарактеризованы Т. В. Билибиной [19, 20]. Рассматривая щиты как фрагменты докембрийских складчатых областей, составляющих фундамент древних платформ, она устанавливает в их геологическом строении четыре следующих допалеозойских структурно-формационных комплекса, выделение которых необходимо для металлогенического анализа этих структур: архейский (более 2800 млн. лет), раннепротерозойский (более 1900 млн. лет), среднепротерозойский (более 1600 млн. лет), позднепротерозойский (более 600 млн. лет). Этим комплексам присущи и определенные группы месторождений [20, с. 53]:

1) метаморфические, ультраметаморфические и осадочно-метаморфические, типичные главным образом для металлогенических эпох раннего докембрия и раннего протерозоя (железо, кианит, корунд, марганец, колчеданные руды), месторождения пег-

матитов, а также пневматолито-гидротермальные, связанные с процессами ультраметаморфизма (флогопит, мусковит, литий, бериллий, олово, тантал, ниобий);

2) осадочно-метаморфизованные, связанные с накоплением молассоидных геологических формаций в среднем протерозое (золото, уран, медь, никель, кобальт, железо);

3) магматические, связанные с ультраосновными интрузивными формациями ранне- и среднепротерозойских эпох (медь, никель, кобальт, платина, хром, титан, железо);

4) гидротермальные и гидротермально-метасоматические (жильные, метасоматические залежи, включая грейзеновые, минерализованные тектонические брекчии), связанные в различных геологических обстановках как с гранитоидным или щелочными интрузивными и вулканогенно-интрузивными комплексами, так и с процессами метаморфизма (золото, олово, вольфрам, свинец, цинк, серебро, ртуть, сурьма, флюорит, барит, горный хрусталь).

Особую роль в рудообразовании играет протерозойский период, во время которого образуются крупные месторождения осадочных, осадочно-вулканогенных и осадочно-гидротермальных месторождений железа, марганца, золота, меди и полиметаллических руд. Важное значение для образования редкоземельных и урановых месторождений на щитах имеют процессы кремний-калиевого метасоматизма, возможно связанные, по мнению Т. В. Библиной [20], с поздними стадиями ультраметаморфизма. Она подчеркивает, что общей и характерной закономерностью размещения рудных месторождений на щитах является сочетание литологических и структурных факторов, особенно разрывных нарушений глубинного заложения.

Для Украинского, Балтийского и Алданского щитов, а также докембрийских массивов (Воронежского, Белорусского и Енисейского) установлены общие эпохи геологического развития и сходные типы геотектонических режимов, определяющих появление и сходных групп месторождений [19, 20]. Наиболее контрастно выделяются следующие геологические эпохи: архейская (2300—2600 млн. лет), раннепротерозойская (1900 млн. лет), среднепротерозойская (1600 млн. лет) и позднепротерозойская (более 600 млн. лет); тектонические режимы: прогеосинклинальный, протогеосинклинальный, протоорогенный, платформенный. Как особый тектонический режим выделяются процессы тектоно-магматической активизации, проявляющиеся на Алданском щите в мезозое, на Балтийском щите в позднем протерозое — палеозое и на Украинском щите в позднем протерозое — палеозое и в мезозое.

Для щитов и массивов Русской и Сибирской платформ характерен сложный комплекс месторождений от метаморфогенных до осадочных. Ведущими металлами являются железо, никель, медь, титан, подчиненными — свинец, цинк, олово, вольфрам, тантал, ниобий; характерны неметаллические полезные ископаемые: флогопит, мусковит, нефелин, апатит и каменный уголь.

В архее, в прогеосинклинальный этап развития земной коры, формируются метаморфогенные месторождения железа, слюдяных пегматитов, флогопита, графита, корунда, кианита. Важную роль играют процессы ультраметаморфизма в образовании железных руд и флогопита. В раннем протерозое в прогеосинклинальных зонах в поздних прогибах формируются крупные месторождения железистых кварцитов (Кривой Рог, КМА), определяющие металлогенический облик этой эпохи. Месторождения меди, никеля, кобальта, хрома, золота, молибдена и других встречаются практически на всех щитах, но имеют подчиненное развитие. Важное промышленное значение имеют месторождения горного хрусталя. Металлогения среднего протерозоя отличается от предыдущих эпох тем, что происходит формирование месторождений в условиях консолидации складчатых структур и развития глыбовых движений. Для этой эпохи характерны медь, никель, титан, ванадий, золото, молибден, высокоглиноземистые руды и слюды. Для месторождений обычна связь с магматическими формациями. В мобильных частях протоорогенных зон возникают осадочные концентрации меди, реже свинца.

Позднепротерозойская — палеозойская и мезозойско-кайнозойская металлогенические эпохи на щитах древних платформ характеризуются интенсивным проявлением процессов тектоно-магматической активизации со всем набором характерных месторождений, возникающих в областях активизации. Для первой эпохи в связи с процессами активизации характерно формирование сложных щелочных-ультраосновных комплексов с карбонатами, сопровождаемыми месторождениями железа, редких земель, флогопита (Кольский полуостров).

Важной особенностью эндогенных месторождений щитов, независимо от их возраста, является их контроль разрывными нарушениями, неоднократно проявляющимися в геологическом развитии этих структур. Обычно рисунок расположения разломов определяет размещение рудных районов, которые, как правило, возникают на их пересечении.

На щитах и массивах выделяется значительное число рудных формаций, каждая из которых имеет свои характерные особенности локализации в конкретных структурах.

Наиболее детальное сравнительное сопоставление металлогении платформенных областей мира было произведено Ю. Г. Старицким [127, 128], проанализировавшим особенности развития и общие закономерности проявления четырех платформ: Южно-Африканской, Индийской, Северо-Американской и Сибирской. Им было показано, что в пределах каждой платформы выделяются два сопоставимых между собой цикла магматизма: первый характеризуется главным образом основным составом пород, а второй — более пестрым, от ультраосновных до кислых и щелочных. По мнению Ю. Г. Старицкого, магматизм на различных платформах и связанное с ним оруденение крайне однотипны.

Наиболее контрастно на платформах выделяются представители трех магматических формаций: основной (трапповой), щелочно-ультраосновной и трахибазальтовой. Как подчеркивает Ю. Г. Старицкий, несмотря на ограниченность числа магматических формаций, характерных для платформ, объемы магматических масс этих формаций превосходят или равны таковым в складчатых областях.

Сложная трапповая формация является наиболее характерным представителем магматических образований на платформах. С этой формацией связано формирование многочисленных и различных по минеральному составу месторождений полезных ископаемых. К таким месторождениям в первую очередь относятся ликвационные медно-никелевые Норильского района Сибирской платформы и Южной Африки. Такие месторождения обычно связаны с небольшими интрузиями, состав которых отличается повышенной магниальностью. В траппах почти на всех платформах известны магматические проявления самородной меди. С трапповой формацией связано также широкое проявление железорудной минерализации. Для этой группы весьма характерны месторождения так называемого ангаро-илимского типа, представленные сложными трубками взрыва, к которым приурочены магнетитовые руды, как локализующиеся в самих трубках, так и образующие пластовые залежи, отходящие в стороны от трубок и возникающие при замещении карбонатных горизонтов. Такие месторождения известны на юге Сибирской платформы (Коршуновское, Илимское, Луч и др.) и в пределах платформенных сооружений Северной Америки (Варвик, Френч-Крик и др.).

Кроме такого типа месторождений на платформах проявлены небольшие титаномагнетитовые месторождения в траппах, а также своеобразные месторождения самородного железа, сопровождаемые никелевой, платиновой, кобальтовой и иной минерализацией (р. Курейка, Сибирская платформа). Одной из характернейших групп месторождений, связанных с траппами, являются месторождения исландского шпата, практически известные на всех платформах: Сибирской, Индийской, Африканской, Северо-Американской. Эти месторождения образуют обычно целые районы или провинции внутри областей развития траппов и приурочены, как правило, к крупным зонам разломов.

В том случае, когда траппы контактируют с пластами углей, иногда возникают месторождения высококачественного графита, подобно известным на Сибирской и Северо-Американской платформах. Ю. Г. Старицкий [127] отмечает, что на Китайской и Индийской платформах на контакте траппов с доломитами образуются месторождения хризотил-асбеста.

Для трапповых формаций, которые обычно проявляются на платформах неоднократно, независимо от времени их возникновения, как правило, характерна приуроченность к двум основным типам структур: а) внутриплатформенным зонам относи-

тельного погружения и их периферии (синеклизы, авлакогены); б) краевым частям перикратонных опусканий.

Со щелочно-ультраосновой формацией связано проявление на платформах широкого комплекса полезных ископаемых. С характерными для платформ сложными многофазными кольцевыми интрузиями основных — щелочных пород ассоциируют карбонатитовые месторождения редких земель, фосфора, урана, реже флюорита. Со сложными по строению и составу интрузиями субформации нефелиновых сиенитов связаны крупные апатитовые месторождения, а также месторождения нефелина, являющегося источником получения алюминия. С этими же интрузиями ассоциируют редкоземельные месторождения.

Наконец, особую и крайне характерную для платформ группу магматических пород и месторождений образуют алмазонасные кимберлиты, представленные кимберлитовыми дайками и трубками взрыва. Крупным кимберлитовым провинциям, которые характеризуются проявлениями ультраосновного и щелочно-ультраосновного магматизма, свойственно специфическое концентрически-зональное строение [Милашев В. А., 1974 г.]. В центральных частях таких провинций обычно развиты более древние кимберлиты (возникшие при максимальных температурах и давлениях); в средней зоне формируются относительно более молодые кимберлиты (средние температуры и давления), а в периферических зонах — самые молодые кимберлиты (минимально возможные давления и температуры). Кимберлитовое трехзональное ядро провинции обрамляется окраинной, периферической зоной, в пределах которой формируются карбонатиты, массивы щелочных и щелочно-ультраосновных пород. Такие зональные кимберлитовые провинции формируются около 250 млн. лет, что определяется по разнице возрастов кимберлитов в пределах разных зон.

Все образования различных магматических формаций платформ и связанные с ними месторождения, по мнению Ю. Г. Старикова [127], строго контролируются положением тектонических нарушений, которые, как правило, приурочены к границам крупных структурных элементов как внутри платформ, так и в зонах ее обрамления на сочленении с геосинклинально-складчатыми областями.

Необходимо отметить, что в осадочном чехле платформ известны крупные месторождения; это в основном фосфоритовые, железорудные, марганцевые и медные месторождения седиментогенного типа. Образование этих месторождений происходило неоднократно, оно связано с рядом эпох. Так, на Сибирской платформе выделяются три эпохи образования меденосных формаций, семь эпох накопления фосфоритов, четыре эпохи накопления осадочных железных руд и т. д.

Металлогения платформ все еще остается изученной недостаточно. До сих пор нет единой сводной работы по геологии и металлогении всех платформенных сооружений Земли; по существу,

нет и единой металлогенической классификации платформ. Возможно, это обусловлено тем важным обстоятельством, что, несмотря на определенное сходство, каждая платформа, каждый щит столь индивидуален по геологическим и металлогеническим характеристикам, что, по существу, представляет собой самостоятельную по особенностям развития металлогеническую единицу. Нельзя не отметить и того, что в последние годы в пределах щитов все больше и больше выявляются месторождения, характерные для областей тектоно-магматической активизации (редкометалльные карбонатиты, флюоритовые, касситеритовые и др.), что позволяет высказать предварительные соображения о возможности их принадлежности к собственно платформенным образованиям.

Краткие выводы

В последние годы в изучении металлогении платформ и их щитов, а также в тектоническом районировании этих структур для целей металлогенических исследований наметились определенные новые тенденции и достижения:

— показано полициклическое развитие чехла платформ и тесная временная взаимосвязь в эволюции чехла платформенных структур и геосинклинально-складчатых областей обрамления платформ;

— установлено в пределах территории Советского Союза важное металлогеническое значение докембрийских зеленокаменных поясов;

— значительное внимание уделено изучению рудоносности докембрийских троговых структур, прежде всего Байкало-Амурского региона. Однако при этом под троговыми структурами понимается широкий комплекс отрицательных структур в общем случае раздвигового типа — от архейских зеленокаменных супра-кратальных поясов до грабенов областей протоактивизации;

— проведены важные металлогенические сопоставления платформ и их щитов Советского Союза и других регионов;

— более детально изучены древние, докембрийские рудоносные разломы и показано их важное металлогеническое значение;

— показано, что платформы и их щиты являются ареной развития процессов тектоно-магматической активизации, в связи с которыми возникают крупные рудные районы с наложенными на платформенный субстрат месторождениями;

— наконец, важным является практически полное признание в докембрийских областях нашей страны тех же групп тектонических структур, что имеют развитие на других щитах и платформах мира: архейских кратонов, включенных в них архейских зеленокаменных поясов, протерозойских подвижных зон, обычно петельчато окаймляющих кратоны, и протерозойских перикратонных прогибов. Каждая из этих структур характеризуется своей специфической металлогенией, что позволяет проводить

важные и более обоснованные аналогии между регионами СССР и зарубежными территориями. Последнее имеет большое практическое значение.

Металлогения областей тектоно-магматической активизации

Еще 5—7 лет тому назад эта проблема вызывала дискуссии. Тогда еще казалось, что представления о негеосинклинальных подвижных структурах земной коры или областях тектоно-магматической активизации могут войти в «привычное русло» стандартных металлогенических схем, признававших формирование рудных месторождений только в связи с развитием геосинклинальных зон и платформ. Сегодня немногие исследователи еще пытаются одиноко противостоять получившим широкое развитие в нашей стране и за рубежом взглядам о самостоятельном значении процессов тектоно-магматической активизации, ведущих к образованию крупных рудных месторождений и провинций.

В последние годы появились новые исследования по процессам тектоно-магматической активизации [88, 137, 149]; эти явления устанавливаются во многих регионах, при этом важное значение имеет широкое выявление областей развития процессов протоактивизации в протерозойских складчатых областях, на платформах и их щитах. Процессы активизации рядом исследователей рассматриваются в новых аспектах. Так, например, Г. А. Твалчрелидзе [135] при широком анализе металлогении земной коры выделяет области тектоно-магматической активизации в особую категорию структур, объединенных общей для них деструктивной природой. Он полагает, что полное развитие процессов тектоно-магматической активизации приводит к рождению океанической коры, а промежуточные структуры — сводово-глыбовые поднятия и рифты способствуют потере монолитности земной коры, утонению, раздвигу и деструкции всего континентального блока.

Под областями тектоно-магматической активизации он понимает крайне широкий ряд геологических структур, что далеко не всегда оправданно. На это обстоятельство обратил внимание Д. И. Горжевский [36], подчеркивая неправомочность включения в этот ряд следующих различных по природе структур: сводово-глыбовых областей, траппов, архейских зеленокаменных поясов, авлакогенов, чехлов платформ, древних и молодых платформ, рифтовых зон континентов и океанов. Такой набор структур, как справедливо отмечает Д. И. Горжевский, не только различен по своей тектонической природе, но и не может быть объединен единой чертой принадлежности к деструктивным и активизационным структурам.

Нами в настоящее время процессы тектоно-магматической активизации, происходящие в пределах континентальной коры, связываются с явлениями, происходящими в мантии и накладывающимися на коровые образования, коровые структуры [158]. В связи с этим, возможно, правильнее было бы рассматривать области тектоно-магматической активизации в особой группе тектонических структур Земли, связанных с эволюцией мантии и обусловленных ее развитием. Однако наиболее контрастно эти структуры проявляются в условиях консолидированной континентальной земной коры, и к анализу особенностей проявления месторождений областей активизации в полной мере применимы принципы традиционной металлогении. Именно поэтому краткое обобщенное рассмотрение металлогенических особенностей областей тектоно-магматической активизации производится в настоящей главе работы.

Анализ современной геологической литературы показывает, что и сейчас, так же как 7—10 лет тому назад, большинство исследователей под процессами тектоно-магматической активизации понимают сложный комплекс наложенных тектонических и магматических явлений, ведущих к структурной перестройке платформенных и консолидированных складчатых сооружений и происходящих в послеплатформенную континентальную стадию развития земной коры независимо от развития геосинклинальных прогибов. Наложенный характер процессов тектоно-магматической активизации и их развитие на консолидированных структурах являются той общей и главной их особенностью, которая выделяет эти процессы в особую группу и позволяет, употребляя, казалось бы, неопределенный термин «тектоно-магматическая активизация», характеризовать специфические геологические процессы, отличные от происходящих в складчатых областях.

Рассматриваемые области тектоно-магматической активизации адекватны областям активизации в понимании М. С. Нагибиной, областям автономной активизации по ранней терминологии А. Д. Щеглова, областям «дива» по Чен Гоа [152], В. Л. Массайтису и Ю. Г. Старицкому, «эпигоналям» по терминологии Ю. Б. Комарова и П. М. Хренова, сводово-глыбовым и глыбовым областям в понимании Г. Ф. Мирчинка, Д. И. Горжевского, Е. Л. Карповой, В. П. Козеренко, Г. А. Твалчрелидзе и других. Напомним, что для этих структур характерны следующие главные особенности [51, 157]:

— наиболее контрастное проявление в послеплатформенную континентальную стадию развития земной коры на жестком консолидированном субстрате разновозрастных складчатых областей, платформ и крупных срединных массивов (с выведенными на поверхность структурами древнего фундамента);

— наличие самостоятельных тектонических элементов (вулканических впадин, приразломных угленосных депрессий, зон долгоживущих разломов и рифтовых зон), для которых типичны наложенный характер, практически полная независимость

в развитии от структур субстрата и специфические геологические формации;

— проявление на площади разновозрастных и разнотипных структур (платформ и складчатых областей, разновозрастных складчатых областей, срединных массивов и складчатых областей и т. д.);

— формирование во многих регионах на значительном удалении от разновозрастных геосинклиналей;

— широкое проявление щелочных основных магм и устанавливаемая общая эволюция магматических продуктов от кислых к основным; всегда трещинный субвулканический характер интрузивных тел и их тесная связь с вулканитами; интенсивное проявление магматизма в центральных частях областей активизации в удалении от геосинклиналей;

— характерный разрез тектоносферы; резкое уменьшение сиалического слоя за счет увеличения базальтового при общей незначительной мощности земной коры и относительно малых глубинах залегания мантии;

— интенсивные гравитационные депрессии и отрицательные изостатические аномалии; высокие тепловые потоки; повышенная сейсмичность, характеризующаяся мелкофокусными землетрясениями;

— специфический комплекс эндогенных месторождений, характерных только для данных структур, и наличие месторождений — индикаторов процессов тектоно-магматической активизации.

Совокупность указанных главных признаков и позволяет выделять области активизации в самостоятельную категорию региональных тектонических структур негеосинклинального ряда и не рассматривать процессы тектоно-магматической активизации в качестве завершающих образование складчатых зон, отождествляя их с орогенными или поздними и конечными этапами развития последних [94, 156].

Металлогения областей тектоно-магматической активизации детально охарактеризована в ряде работ [88, 157]. Как было показано, эти области представляют собой крупные рудные провинции, в пределах которых сосредоточены многие уникальные по масштабам эндогенные месторождения. Отмечалось, что процессы активизации охватывают различные по геологическому строению и истории развития структуры. Они наиболее отчетливо проявляются на площадях древних складчатых областей, имеющих протерозойский или палеозойский возраст (Западное Забайкалье, Тянь-Шань, Восточная Монголия, Восточный Саян и др.), срединных массивов с выведенным на поверхность докембрийским складчатым основанием (Родопский, Чешский, Бурейнский, Центральнофранцузский и др.) и на территориях некоторых древних платформ и их щитов (Африка, Бразилия, Канада, Алдан и др.).

В развитии областей активизации наиболее отчетливо уста-

навливаются две самостоятельные стадии, каждой из которых соответствуют определенные наложенные структуры, отражающие специфику тектонического режима. В первую стадию обычно возникают наложенные пологие прогибы, выполненные континентальными вулканогенно-обломочными формациями. Они образуются в связи с возникновением крупных разломов, придающих субстрату, на котором закладываются эти структуры, блоковое строение. Обычно такие прогибы имеют изометричную форму; слагающие их толщи в целом слабо дислоцированы, хотя в них наблюдаются характерные явления «приразломной» складчатости. С образованием таких структур связано проявление трещинных, часто субвулканических интрузий различного состава, сопровождающихся разнообразной минерализацией. Интрузии обычно многофазны и их становление тесно переплетается с вулканическими излияниями. Такие структуры широко развиты в областях активизации Западного Забайкалья и Восточного Саяна, Кураминской зоны Тянь-Шаня и Восточной Монголии, а также в пределах Чешского, Верхнерейнского, Родопского, Буренского, Уссури-Ханкайского и Восточно-Монгольского срединных массивов.

В областях активизации платформ и их щитов эта стадия выражена неотчетливо и практически отсутствует; ее проявление намечается в виде небольших покровов кислых и щелочных эффузивов, которые предшествуют становлению сложных интрузивно-вулканогенных комплексов, например на Африканской платформе (Западная Африка, плато Джос и массив Аир) и Алданском щите. В эту стадию, по-видимому, возникают крупные поля щелочных эффузивов в зоне Великих разломов Восточной Африки.

Вторая стадия активизации характеризуется возникновением «наложенных терригенных впадин», выполненных грубообломочными континентальными угленосными отложениями. Эти структуры обычно обрамлены крупными зонами долгоживущих тектонических нарушений. Иногда это вытянутые вдоль разломов депрессии, разобщенные поперечными перемычками-поднятиями, сложенными породами фундамента; в этих случаях возникают гирлянды впадин (Забайкалье, Бразилия, Китай). Иногда—более крупные межгорные прогибы, имеющие изометричную форму (Алдан, Западная Африка и др.). Общие особенности таких структур—их наложенный характер и независимость развития от структур субстрата, а также тесная связь с разрывными нарушениями, грубообломочный характер выполняющих их толщ и значительная мощность последних.

В областях активизации с развитием таких структур проявлены небольшие по размерам и сложные по составу основные щелочные интрузии; в завершающие периоды активной жизни впадин и обрамляющих их разломов в некоторых регионах происходят значительные излияния базальтов. «Наложённые терригенные впадины» известны в областях активизации складчатых зон (Тянь-Шань, Западное Забайкалье, Скалистые горы и др.),

срединных массивов (Родопский, Чешский, Восточно-Монгольский, Буреинский и др.), платформ (Африканская, Индийская) и их щитов (Туарегский, Алданский, Канадский и Бразильский).

Не во всех областях активизации проявляются обе стадии: обычно в областях активизации платформ и их щитов первая стадия в форме «наложенных вулканогенных прогибов» выпадает, хотя интрузивный магматизм, свойственный данной стадии и проявляющийся в виде сложных интрузивно-вулканогенных комплексов, выражен очень отчетливо (Африканская платформа, Алданский щит и др.).

Области тектоно-магматической активизации представляют собой, как правило, крупные рудные провинции и районы, где каждой стадии активизации свойствен специфический комплекс эндогенных месторождений, включающий сложную гамму рудных образований. Наиболее пестрый спектр месторождений возникает в первую стадию активизации. Здесь известны оловоносные, вольфрамоносные и молибденоносные грейзены, высокотемпературные гидротермальные оловорудные и вольфрамовые месторождения, редкоземельные карбонатиты и альбитизированные колумбитоносные граниты, среднетемпературные оловянные, вольфрамовые, молибденовые и золотые месторождения, для которых обычно формирование в несколько стадий при интенсивном проявлении в некоторых случаях сульфидного оруденения, а также полиметаллические, медные, урановые и месторождения так называемой пятиэлементной формации. Для этих месторождений характерна тесная связь с небольшими трещинными интрузиями пестрого состава; часто отмечается локализация месторождений в полях развития дайковых пород (Джидинское вольфрамовое месторождение в Забайкалье, полиметаллическое месторождение Пршибрам в Чешском массиве, полиметаллические месторождения Кураминской зоны Тянь-Шаня, некоторые урановые месторождения Канадского щита — Эльдorado и др.).

Во вторую стадию активизации во всех регионах формируются месторождения эпитермального типа, представленные флюоритовыми, баритовыми, полиметаллическими, золоторудными, вольфрамовыми, урановыми, сурьмяными и марганцевыми месторождениями. Флюоритовые месторождения в пространстве тесно связаны с комплексом субвулканических основных щелочных интрузий, характеризующихся большим сходством, несмотря на значительную пространственную разобщенность областей активизации. Такие интрузии выявлены в Западном Забайкалье, Родопском и Чешском массивах, Южной и Западной Африке, Канаде и Бразилии. Для других месторождений связь с магматическими породами менее очевидна.

Эндогенные месторождения областей активизации тесно пространственно связаны с наложенными структурами; это особенно характерно для эпитермальных месторождений второй стадии активизации, которые располагаются обычно в обрамлении наложенных угленосных депрессий (Забайкалье, Родопы, Монголия

и др.). В Чешском и Буреинском срединных массивах устанавливается приуроченность оловорудных месторождений к впадинам, выполненным вулканогенными толщами; в Родопском массиве к сходным структурам тяготеют полиметаллические месторождения. В Западной Африке в пределах наложенных меловых впадин Южной Нигерии сосредоточены свинцово-цинковые месторождения и т. д.

Ведущий фактор локализации эндогенных месторождений активизированных областей — тектонический, значение его всегда остается главным. В ряде регионов большую роль играют благоприятные литологические факторы контроля, которые в сочетании со структурными определяют размещение богатых руд (Тянь-Шань). Роль магматического фактора в размещении и локализации месторождений областей активизации менее универсальна и характерна главным образом для редкометалльных месторождений первой стадии активизации, связанных с трещинными рудоносными интрузиями. В случае ассоциации месторождений с дайковыми полями, что особенно характерно для полиметаллических и реже редкометалльных месторождений первой стадии активизации, протяженные дайки иногда служат благоприятными рудо-локализирующими и рудоэкралирующими структурами (Пршибрам, Чехословакия; Кураминская зона Тянь-Шаня).

Для многих областей активизации характерно линейное размещение месторождений, контролируемое обычно зонами долгоживущих разломов, вдоль которых месторождения, как правило, группируются в отдельных рудных зонах, районах и узлах. Иногда в областях активизации возникают крупные наложенные рудоносные структуры или рудные пояса. Они не характерны для областей активизации срединных массивов, где оруденение локализуется обычно в рудных районах, имеющих изометричную форму, или в локальных рудных зонах, и весьма типичны для областей активизации складчатых зон и платформ. Такие рудные пояса протягиваются более чем на 1000 км при ширине 200—300 км. К ним относятся Джидинский молибден-вольфрамовый пояс Забайкалья, оловорудный пояс Западной Африки и олововольфрамовый пояс Южного Китая. Весьма отчетливо выделяются флюоритоносные рудные пояса Забайкалья (Нерча-Хилокский) и Восточной Монголии; намечается выделение крупного пояса флюоритовых месторождений в прибрежных районах Бразилии. Протяженный пояс ртутно-сурьмяных месторождений устанавливается в активизированных структурах на юге Китайской платформы. В Восточной Африке выделяется крупнейший пояс редкоземельных месторождений, приуроченный к зоне Великих разломов. Менее значительны по размерам рудные пояса с полиметаллической минерализацией (Прибайкалье, Тянь-Шань).

Формирование областей активизации и связанных с их развитием эндогенных месторождений в различных регионах происходит в разное время. Наиболее широко распространены в областях активизации мезозойские и кайнозойские месторождения. Позд-

непалеозойские месторождения известны в активизированных областях некоторых складчатых зон и платформ. К ним, в частности, относятся редкоземельные месторождения Саян и зоны Великих разломов Восточной Африки. В областях активизации Восточно-Азиатского сегмента Земли эндогенные месторождения возникают в основном в юрско-меловое время (Алдан, Монголия, Китай).

Вторая стадия активизации и связанные с ней эпипермальные месторождения в большинстве случаев проявляются в позднем мелу — раннем палеогене. Такой возраст, в частности, устанавливается для флюоритовых и полиметаллических месторождений второй стадии активизации Западной Африки, которые залегают в отложениях мела, а также для эпипермальных месторождений срединных массивов Западной Европы. Процессы тектонической активизации киммерийского возраста и связанные с ними рудопроявления в последнее время установлены на западном склоне Украинского щита. Здесь в связи с зонами молодых разломов проявляются полиметаллы, флюорит и барит.

Кайнозойские области активизации с присущим им набором эндогенных месторождений имеют более ограниченное развитие. К ним относятся Родопский срединный массив, Южный Тянь-Шань и, по-видимому, Скалистые горы в США.

В последние годы многие исследователи приходят к выводу о том, что процессы тектоно-магматической активизации характерны не только для молодых, но и для древних эпох. Важно подчеркнуть, что процессами активизации обусловлено возникновение докембрийских региональных зон щелочного метасоматоза, а также, возможно, зон формирования метаморфогенных пегматитов в связи с линейными полями приразломных мигматитов.

Крупные исследования, посвященные изучению процессов тектоно-магматической активизации на обширной территории юга азиатской части СССР, были выполнены большим коллективом сотрудников ВСЕГЕИ [88]. Этим коллективом на основе проведенного сравнительного структурно-формационного и палеотектонического анализов в соответствии с более ранними представлениями было установлено широкое проявление на территории юга азиатской части СССР и прилегающих зарубежных районов грандиозных по своим масштабам процессов тектоно-магматической активизации, приведших к возникновению разнотипных и разновозрастных сводово-глыбовых и блоковых подвижных структур негеосинклинального ряда — областей тектоно-магматической активизации. Наличие определенной периодичности в формировании внегеосинклинальных плутоногенных, вулканогенных и осадочных образований и признаков определенной ритмичности в развитии сводово-глыбовых и блоковых дислокаций позволили выделить в пределах юга азиатской части СССР следующие крупные эпохи тектоно-магматической активизации: ранне-среднепалеозойскую, средне-позднепалеозойскую, позднепалеозойскую, раннемезозойскую, позднемезозойскую. В работе приведены

данные, свидетельствующие о том, что эти явления имели место и в древние этапы истории развития рассматриваемой территории.

В последние годы много сделано для выявления процессов тектоно-магматической активизации в складчатых областях, где эти явления ранее практически не устанавливались. Так, например, с новых позиций пересмотрена геология Алтае-Саянской складчатой области, где выявлены основные особенности формирования и металлогении активизированных зон. Установлено, что Алтае-Саянская область, завершив собственно геосинклинальное развитие на рубеже силура и девона и закончив в девоне орогенную консолидацию, в конце палеозоя — в мезозое подверглась интенсивным процессам тектонической активизации. Последние отчетливо выражаются в возобновлении блоковых движений по зонам глубинных разломов, которые привели к регенерации этих разломов и к проявлению в них базальтового и щелочно-базальтового магматизма. Характерно, что в Алтае-Саянской области наложенные структуры относятся к типу седиментогенных, а оруденение активизированных зон представлено главным образом эпитермальными месторождениями ртути при подчиненном значении других проявлений (флюорит, барит и др.).

Несмотря на значительное сходство металлогенических особенностей разновозрастных областей активизации, развивающихся на различном субстрате, тождественных по набору эндогенных месторождений активизированных областей нет. Каждая из этих структур при общем подобии отличается характерными чертами металлогении [157]. В областях активизации, которые развиваются в одну стадию, месторождения часто несут признаки рудных образований обеих стадий. Это особенно отчетливо выражается в проявлении в таких месторождениях интенсивной флюоритовой минерализации, которая, однако, подчинена главному, чаще всего полиметаллическому, оруденению (Кураминская зона Тянь-Шаня, Прибайкалье, Алдан).

Эндогенные месторождения первой и второй стадии активизации характеризуются близким набором элементов. И в тех, и в других ведущее значение имеют свинец, цинк, серебро, золото, фтор, марганец, реже барий и стронций. В то же время такие элементы, как олово и вольфрам, молибден, висмут и медь, характерны только для месторождений первой стадии активизации, в которых образуют крупные концентрации. Эндогенным рудным процессам второй стадии свойственны сурьма и ртуть, практически не образующие больших концентраций в месторождениях первой стадии, и в значительно большей степени фтор, барий и марганец. В урановых и полиметаллических месторождениях первой и значительно реже второй стадий активизации иногда широко развиты никелевая и кобальтовая минерализация, фиксируемые в арсенидах и сульфоарсенидах.

Следует подчеркнуть, что наличие флюоритовых месторождений служит надежным индикатором процессов тектоно-магматической активизации [157].

Эндогенные месторождения областей активизации обладают рядом характерных генетических особенностей, обусловленных их формированием на незначительных глубинах в условиях крайне небольшого внешнего давления, в ряде случаев, очевидно, соответствующего атмосферному. Общим для многих месторождений является их образование в несколько стадий минерализации. Для месторождений областей активизации характерно более раннее проявление редкометалльных стадий (вольфрамовых, оловянных, молибденовых) по отношению к золотому, медному и полиметаллическому оруденению.

На специфический характер строения тектоносферы в областях активизации и участие в их развитии глубинных, мантийных частей указывает необычный порядок проявления магматизма в областях активизации, обратный той направленности, которая устанавливается на платформах и в геосинклинальных зонах. Процессы магматизма здесь начинаются с формирования более кислых пород и заканчиваются образованием щелочно-основных пород. Повышенная щелочность основных магм в областях активизации указывает на их более глубинное происхождение по сравнению с геосинклинальной и платформенной магмами.

Проявление магматизма в областях активизации не ограничивается узкими зонами; наиболее интенсивно он проявляется в удалении от геосинклиналей, в центральных частях активизированных областей. Особенно это характерно для эффузивов трахиандезитовой формации, излияния которых захватывают центральные районы областей активизации. Примером могут служить трахибазальты Центральнофранцузского массива, Западной Африки, Витимского плоскогорья и других регионов.

В разных областях активизации магматизм различных стадий резко неодинаков по интенсивности и характеру проявления. В некоторых областях активизации магматизм в первую стадию не проявляется или проявляется без развития вулканических формаций. В этом отношении показательно проявление молодых оловоносных интрузий в Западной Африке, которые формируются на жестком докембрийском субстрате без предварительного образования наложенных впадин, выполненных вулканическими образованиями. Однако следует подчеркнуть, что становлению оловоносных гранитоидов всегда предшествуют излияния кислых лав, которые в «эмбриональном виде» отражают общую для многих областей активизации особенность, заключающуюся в тесной ассоциации оловоносных гранитов с кислыми эффузивами.

О связи эндогенных рудных месторождений областей активизации с глубинными процессами свидетельствуют и некоторые геохимические их особенности, в частности присутствие в рудах ряда месторождений таких элементов, как никель и кобальт; в ферберитовых месторождениях округа Боулдер (Колорадо) устанавливаются кроме этих элементов повышенные содержания хрома; те же элементы характерны и для сопровождающих оруденение интрузий.

Обращает на себя внимание концентрация в рудах месторождений областей активизации марганца и углерода; последний элемент входит главным образом в состав различных карбонатов, которые очень широко развиты в месторождениях второй стадии активизации; кроме того, он фиксируется в битумах, которые устанавливаются в рудах некоторых месторождений. Эти, казалось бы, незначительные факты косвенно также подтверждают возможность связи процессов активизации с глубинными процессами, происходящими или в верхней мантии, или на ее границе с базальтовым слоем.

Сложная проблема металлогении областей тектоно-магматической активизации охватывает широкий круг вопросов. Одним из них является вопрос о возможной связи телетермальных месторождений с процессами тектоно-магматической активизации. Известно, что многие телетермальные полиметаллические месторождения образуют зоны, располагающиеся на периферии активизированных областей среди осадочных комплексов, слабо затронутых тектоническими движениями, синхронными процессами активизации.

Другим важным вопросом, относящимся к металлогении активизированных областей, является определение понятия о западноевропейском типе месторождений. Ю. А. Билибин [17], рассматривая металлогенические особенности Западной Европы, обратил внимание на своеобразный комплекс рудных месторождений, характерный для этого региона и представленный серебро-свинцово-цинковыми, серебро-кобальт-никелевыми, сидеритовыми, гематитовыми и марганцевыми рудами, а также месторождениями барита, флюорита, сурьмы и ртути. Эти месторождения он объединил в особый западноевропейский тип минерализации, противопоставив его уральскому и восточноазиатскому типам. По мнению Ю. А. Билибина [17], месторождения западноевропейского типа формируются после перехода орогена в платформенное состояние и нередко проникают в горизонтально лежащие породы верхнего структурного яруса, перекрывающие более раннюю складчатую структуру.

Как стало ясно только теперь, Западная Европа является характерным регионом, в котором развиты эндогенные месторождения послеплатформенной, континентальной стадии развития земной коры, проявляющиеся здесь в связи с процессами тектоно-магматической активизации. Именно поэтому Западная Европа нами рассматривается как своеобразный эталон регионов, где процессы активизации и сопровождающие их эндогенные месторождения проявляются весьма интенсивно.

Металлогения активизированных областей представляет собой сложную, комплексную проблему, многие аспекты которой требуют дальнейшей разработки и детализации.

Подчеркнем большое прикладное значение проблемы металлогении активизированных областей, позволяющее с новых теоретических позиций подходить к перспективной оценке крупных

регионов, выявлять и предсказывать новые типы месторождений в пределах, казалось бы, уже хорошо изученных площадей [88].

В заключение следует отметить, что в последние годы коллективом сотрудников ИГЕМ АН СССР было привлечено внимание к металлогении сквозных рудоконцентрирующих структур или линейных элементов, а также концентрических структур [79, 136, 140, 143]. Выше была дана краткая характеристика этой проблемы. Однако в связи с новыми материалами, и прежде всего с прошедшим в 1986 г. Всесоюзным совещанием по сквозным рудоконцентрирующим структурам, следует остановиться на некоторых особенностях этого направления металлогенических исследований.

Необходимо отметить, что в этой проблеме вырисовывается ряд взаимосвязанных аспектов, из которых по крайней мере три имеют наиболее важное значение. Первый аспект связан с изучением (и признанием) важной роли глубинных (сквозных) систем нарушений, проникающих в подкоровые области литосферы; второй аспект касается изучения и признания особого характера магматических ассоциаций рудоконцентрических структур и их важной роли для выделения рудоносных участков в пределах линейных систем дислокаций и в тектонических узлах.

Третий аспект связан с вопросами геометризации, излишней геометризации линейных сквозных рудоконцентрирующих структур, попытками доказать существование строгого шага между такими структурами, образующими четкую сетку широтных и меридиональных линейных элементов, отвечающих структурному плану докембрийского фундамента. Во многих работах проявление сквозных рудоконцентрирующих структур связывается с процессами тектоно-магматической активизации; по существу, эти структуры представляют собой выражение последних, а поэтому, возможно, более правильно не рассматривать их как совершенно особую группу геологических явлений, считая сквозные системы нарушений с характерной узловой концентрацией магматических и рудных образований одной из сторон сложного комплекса процессов тектоно-магматической активизации консолидированных структур. В этом случае сквозные рудоконцентрирующие структуры (тектонические нарушения, разломы), их изучение органически вписываются в общую проблему областей тектоно-магматической активизации как неотъемлемая часть познания характера и эволюции глубинных (сквозных) рудоносных разломов.

Важным является и другая сторона проблемы рудоносности сквозных систем нарушений, связанная с признанием важной роли подкоровых мантийных зон литосферы в генерировании магматических продуктов и рудоносных флюидов, поступающих в верхние этажи сквозных систем. Это справедливое заключение перекликается с определенными положениями нелинейной металлогении [158].

В то же время настораживает точка зрения некоторых приверженцев рудоконцентрирующих сквозных структур о том, что в их пределах максимальные рудные концентрации возникают только

когда сквозные разломы пересекают региональные металлогенические (коровые) зоны соответствующего типа [100, с. 31]. В этом случае практически отрицается роль глубинных источников рудного вещества в формировании месторождений.

Таким образом, металлогения сквозных рудоконцентрирующих структур или металлогения линеаментов, по нашему мнению, является только одной из сторон изучения региональных рудоносных структур, которыми и являются глубинные рудоносные регионы, особенно контрастно проявляющиеся в областях тектономагматической активизации.

Другим, относительно новым вопросом при анализе металлогении прежде всего областей тектономагматической активизации является возможность выявления неизвестных ранее закономерностей размещения месторождений при изучении концентрических структур разного рода. Ранее этому вопросу нами уделено определенное внимание [157]. С тех пор в этой проблеме наметились новые тенденции, нашедшие прежде всего отражение в работах [79; Василевский М. М., 1982 г.].

И. Н. Томсон и соавторы [79] наиболее обстоятельно рассмотрели эту проблему, показав определенные возможности использования концентрических структур для изучения их рудоносности и металлогении. Они обратили внимание на определенную связь линеаментов и концентрических структур, полагая, что эти элементы составляют протоструктурный каркас планеты, который «оживал» в различные эпохи тектономагматической активизации. Авторы считают, что различные концентрические структуры играют специфическую металлогеническую роль и с ними связаны разнообразные геологические формации.

В проблеме металлогении концентрических структур, наиболее контрастно выраженных в сводово-глыбовых областях активизации, много спорных и еще не решенных вопросов; не ясны соотношения первичных, докембрийских концентрических структур субстрата с концентрическими структурами более молодых эпох, характер связей оруденения с концентрическими структурами и т. д. Авторы работы [79] справедливо отмечают, что эти вопросы все еще дискуссионны, однако главная задача — привлечь к ним внимание исследователей и способствовать их разрешению. Такая постановка вопроса не вызывает возражений.

Одновременно с указанным исследованием М. М. Василевский [1982 г.] рассмотрел главным образом на примере вулканических поясов структурные неоднородности земной коры линейного и центрального (концентрического) типов в связи с их рудоносностью и показал важное, по его мнению, значение кольцевых структур для локализации оруденения. При этом он считает, что концентрические структуры любого типа (от региональных до локальных) являются структурами разрушения, возникающими главным образом при воздействии глубинных эндогенных сил (взрывов) на поверхностные структуры земной коры.

Так или иначе, но несомненно, что кольцевые структуры играют важную роль в локализации оруденения [79], однако до настоящего времени еще окончательно не поняты многие вопросы генезиса разных концентрических структур, их связь с эволюцией структур земной коры и их влияние на образование последних, а также генетические связи и причины приуроченности оруденения к этим структурам. Все еще нет глубокого анализа рудных образований, их формационных и генетических особенностей, связанных с концентрическими структурами и линеаментами. В настоящее время только констатируется факт приуроченности оруденения к этим структурам, без рассмотрения самих отличительных особенностей рудных месторождений, связанных с этими структурами. В то же время выявление таких особенностей чрезвычайно важно для понимания характера оруденения, локализуемого в этих своеобразных структурах, прогресс в изучении которых во многом связан с внедрением в геологию, и в частности в металлогению, дистанционных, в том числе космических, методов исследований.

Несомненно одно, что изучение металлогении линеаментов и концентрических структур разных масштабов может привести к выявлению новых закономерностей в размещении месторождений в структурах земной коры, в особенности месторождений, связанных с эволюцией подкоровых зон литосферы и развитых наиболее широко в областях тектоно-магматической активизации, в том числе трансрегиональных вулканических поясах и их звеньях.

О континентальных вулканических поясах и их металлогении. В последние годы изучению этих структур и связанных с ними месторождений вновь уделяется пристальное внимание [15, 26, 137]. Это обусловлено тем, что в пределах континентальных вулканических поясов в различных регионах мира выявлены новые типы рудных месторождений, открыты новые рудные провинции. В то же время природа этих структур остается до конца не раскрытой. Одни исследователи полагают, что их формирование связано с развитием более молодых геосинклинально-складчатых областей и происходит в пределах жесткого обрамления последних в орогенный этап развития геосинклиналей; другие считают, что вулканические пояса возникают на стыке плит в процессе субдукции и являются структурами-показателями становления континентальной коры.

Существует и иная точка зрения, согласно которой континентальные вулканические пояса рассматриваются как совершенно самостоятельные, независимые от развития геосинклиналей крупнейшие структуры земной коры, связанные с эволюцией мантийных частей литосферы, причем в некоторых регионах (Забайкалье, Казахстан, Дальний Восток) такие пояса действительно формируются на сочленении разновозрастных складчатых областей под зонами глубинных разломов. Такой характер проявления континентальных вулканических поясов позволяет рассматривать

эти структуры в определенной степени связанными с геосинклинально-складчатыми областями, на жестком субстрате которых они развиваются, но как совершенно самостоятельные тектонические элементы, формирующиеся в то же время независимо от геосинклиналей и принадлежащие к особой группе структур тектоно-магматической активизации.

В эту группу в первую очередь входят вулканические пояса, располагающиеся на границе Восточной Азии с внутренними морями Тихого океана. Они практически строго приурочены к береговой линии внутренних морей и протягиваются на тысячи километров от Чукотки до Вьетнама, образуя в совокупности единый Чукотско-Катазиатский (по М. С. Нагибиной и Ю. М. Пущаровскому) трансрегиональный вулканогенный пояс или Восточно-Азиатский вулканический линеамент. Он состоит из ряда поясов и зон, наиболее масштабно выраженных на территории Советского Союза. Вулканические пояса, образующие Восточно-Азиатский вулканический линеамент, в совокупности представляют собой совершенно самостоятельную континентальную структуру западной части Тихоокеанского сегмента Земли. Вулканические пояса этого типа формируются в наземных, континентальных условиях; они являются наложенными образованиями, развивающимися, как правило, на консолидированном жестком субстрате в региональном плане независимо от предшествующих геологических структур. В то же время для отдельных отрезков (звеньев) Восточно-Азиатского линеамента и входящих в его состав вулканических поясов выявлены интересные данные, свидетельствующие об их формировании одновременно с развитием геосинклиналей или несколько позднее, когда создается впечатление, что образование поясов продолжает геосинклинальное развитие и является унаследованным.

Эти факты, как отмечает М. И. Ициксон [50], являются частными случаями и не противоречат представлениям о самостоятельном автономном развитии континентальных вулканических поясов. Ю. А. Косыгин и соавторы [60] указывают, что заложение окраинно-континентальных вулканических поясов происходило вслед за мощными орогенными движениями на континенте. Формирование таких поясов, по-видимому, неразрывно связано с развитием геологических структур ложа Тихого океана и проявлением океанического магматизма; оно отражает особенности эволюции глубинных частей его тектоносферы [16]. Не исключено, что окраинно-континентальные вулканические пояса, сложенные в основном кислыми и средними эффузивами, и поля океанических базальтов представляют собой магматические дифференциаты единого процесса эволюции тектоносферы Тихоокеанского сегмента; они, возможно, возникли в процессе сложной эволюции мантийного вещества на риолитовую и базальтовую составляющие. Здесь необходимо привести интересные новые данные С. С. Зимина [45] о том, что в кислых эффузивах Восточно-Сихотэ-Алинского пояса такие отношения элементов, как Zn/Ni ,

Sn/Co, Sn/Ni, Ag/Ni соответственно в 90, 100, 200 и 1040 раз больше по сравнению с этими отношениями в предполагаемом исходном перидотитовом субстрате (палеомантии), что является дополнительным аргументом с геохимических позиций в пользу генетической связи окраинно-континентальных поясов с подкоровыми зонами литосферы [137]. Рудные месторождения окраинно-континентальных вулканических поясов представлены приповерхностными месторождениями золота, золота и серебра, флюорита, реже ртутно-вольфрамовыми и ртутно-сурьмяными месторождениями. В отдельных звеньях поясов формируются сульфидно-оловянные, полиметаллические и медно-порфиновые месторождения. Их отношение непосредственно к вулканогенным структурам поясов не всегда бывает ясным.

В то же время нельзя не подчеркнуть, что, по-видимому, существует и группа вулканических континентальных поясов, формирование которых происходит в бортовых частях геосинклинальных прогибов в связи с процессами отраженной тектоно-магматической активизации. Возможно, такое их положение соответствует только одной из нескольких благоприятных структурных обстановок, в которых возникают наземные вулканические пояса [76, 77, 98]. П. М. Хренов, А. А. Бухаров и И. В. Гордиенко [1973 г.] достаточно удачно обобщили главные признаки негеосинклинальных вулканических поясов:

а) развитие пояса на гетерогенном (геосинклинальном, или платформенном, или на том и другом) фундаменте, в связи с этим резко наложенный характер структурного этажа пояса на структуры фундамента;

б) значительный перерыв во времени от консолидации фундамента до начала формирования пояса;

в) резкое несогласное положение сходных геологических формаций, слагающих пояс и находящихся в его фундаменте (например, молассовой формации конечных стадий геосинклинальных зон в фундаменте и молассовой формации, слагающей структурный этаж вулканического пояса).

Указанные исследователи считают, что потенциальная рудоносность таких вулканических поясов обусловлена их связью с длительно развивающимися разломами различной глубины залегания, являющимися проводниками и генераторами магм и определяющими условия формирования и движения рудоносных гидротерм.

П. М. Хренов [149] отмечает, что пояса такого типа являются характерными вулканоплутоническими структурами областей активизации, которые возникают как реакция континентальной коры на энергетические процессы, протекающие в мантии. Он предполагает, что металлогеническая специализация негеосинклинальных вулканических поясов зависит от энергии глубинных источников, проницаемости коры и определяется поступлением летучих и рудных элементов из мантии. Пояса, обладающие нестрем спектром магматических формаций, вследствие гетерогенности их

фундамента и благоприятного состава вмещающих их пород отличаются наиболее разнообразным оруденением. Типоморфными для них являются месторождения в приразломных щелочных метасоматитах, апогранитах, скарнах, грейзенах и гидротермалитах. Важное значение имеют щелочные редкометалльные метасоматиты и близповерхностные месторождения золота, серебра и флюорита; эндогенное оруденение ассоциирует преимущественно с магматитами кислого состава повышенной щелочности.

В последние годы металлогении континентальных вулканических поясов уделяется во всем мире повышенное внимание, что связано с открытием в их пределах новых месторождений. Выделены различные типы вулканических поясов [26, 133, 149, 157], разработана подчас сложная их классификация; в этих работах по-разному трактуется их геологическая природа, но тем не менее все исследователи едины в том, что вулканические пояса — это действительно своеобразные рудоносные структуры, с развитием которых связано образование многих крупных месторождений, рудных зон и поясов.

В отечественной литературе в последние годы наиболее полно вопросы металлогении вулканических структур освещены в работах Г. А. Твалчрелидзе [133], П. М. Хренова [149], Р. Б. Умитбаева [137], в коллективных исследованиях казахстанских [76, 77] и дальневосточных геологов [26]. В монографии, посвященной геологии и металлогении вулканических поясов Восточной Азии [26], впервые для этого огромного региона, охватывающего территорию от Чукотки на севере до Яванского моря на юге включая на востоке Японию, Филиппины и внутренние островные дуги, а на западе — весь Дальний Восток СССР, п-ов Корея, Вьетнам и восточные районы Китая, дана широкая картина проявления вулканических поясов разных типов от докембрия до молодых эпох. Работа представляет собой новейшую сводку по металлогении вулканических поясов и содержит ряд важных общих положений по закономерностям проявления рудных месторождений в их пределах.

В связи с этим целесообразно остановиться на главных положениях этой работы. Прежде всего необходимо отметить, что процессы вулканизма очень широко проявились на территории Востока Азии и ее советской части. Они крайне характерны для этого региона и контрастно представлены во все геологические эпохи от докембрия до современной, хотя интенсивность их проявления во времени различна: наибольшее развитие они имеют в мезозое и кайнозое при подчиненном значении в другие эпохи. Продукты вулканизма образуют, как правило, линейные структуры разных порядков, формируя вулканические пояса и зоны и связанные с ними рудоносные структуры, контролируемые разрывными нарушениями.

На территории Востока Азии наиболее отчетливо выделяются несколько следующих типов вулканических поясов, различных по условиям формирования, проявлениям магматизма и оруденения.

I. Геосинклинальные вулканические пояса: а) на океанической коре; б) на континентальной коре.

II. Вулканические пояса островных дуг.

III. Вулканические пояса (зоны) областей тектоно-магматической активизации: а) на геосинклинальном основании; б) на древнем (консолидированном) докембрийском субстрате; в) пограничные (на стыке разнотипных структур); г) транзитные или секущие разнотипные структуры.

IV. Крайинно-континентальные вулканические пояса.

Одной из важных особенностей формирования вулканических поясов Востока Азии независимо от их типа является повсеместная и строгая приуроченность к протяженным зонам разрывных нарушений, которые контролируют и в общем случае определяют их появление. Сказанное относится к поясам любых типов, но особенно отчетливо проявляется в геосинклинальных вулканических поясах, формирование которых связано с деструкцией земной коры. Отчетливо устанавливается пространственная связь островодужных вулканических поясов с современными зонами Беньофа. Важно отметить, что на примере Востока Азии наблюдается развитие в геосинклинальных вулканических поясах ультраосновных эффузивов, что доказывает реальность ультраосновных расплавов, кстати говоря, отвергаемых сторонниками гипотезы тектоники плит. Для вулканических поясов областей тектоно-магматической активизации более характерна приуроченность к локальным тектоническим швам, в особенности на сочленении разнотипных тектонических структур.

Протяженные крайинно-континентальные вулканические пояса отчетливо контролируются региональными разломами сдвигового характера, получившими широкое развитие в зоне перехода от континента к океану. Их связи с предполагаемыми палеозонами Беньофа достаточно иллюзорны, хотя в последние годы упорно доказываются некоторыми исследователями. Характерно, что все разломы, контролирующие положение вулканических поясов, являются глубинными и по геофизическим данным достигают мантийных участков тектоносферы. Несомненно, что разрывы земной коры и процессы вулканизма — неразрывно связанные геологические явления.

В планетарном масштабе вулканические пояса Востока Азии образуют три четко выраженные макрозоны, которые в виде полукольца огибают с запада структуры Тихого океана. Выделяется (от океана к континенту) зона развития в основном кайнозойских вулканических поясов геосинклинального типа, в том числе островодужных поясов. Ее сменяет трансрегиональная зона крайинно-континентальных поясов, формировавшихся в конце мезозоя — начале кайнозоя; далее следует зона развития вулканических поясов областей активизации. Иными словами, от океана к континенту меняется тип поясов и их возраст становится древнее.

Не менее характерно и то обстоятельство, что молодые гео-

синклинальные пояса и окраинно-континентальные пояса, в целом образующие отчетливые дуги по отношению к Тихому океану, приурочены к меридиональным и северо-восточным региональным разрывным нарушениям, тогда как несколько более древние пояса зон тектоно-магматической активизации приурочены к широтным, северо-западным, реже северо-восточным зонам тектонических нарушений. В региональной архитектуре размещения вулканических зон Востока Азии фиксируется сложный рисунок, создаваемый сочетанием концентрически и радиально расположенных по отношению к впадине Тихого океана вулканических поясов.

Вулканические пояса разного типа характеризуются строго определенными металлогеническими особенностями, набором рудных формаций и месторождений. Они являются для Восточной Азии наиболее продуктивными рудоносными структурами, в пределах которых сосредоточены многочисленные рудные месторождения.

Колчеданные месторождения, связанные с геосинклинальными вулканическими поясами, проявляются начиная с протерозоя (Янканское) и до неогена (месторождения типа Куроко). Повторялось формирование в геосинклинальных поясах и хромитовых месторождений, однако они возникали главным образом в мезозойское и кайнозойское время. При этом по генетическим особенностям эта характерная пара рудных образований не отличается от подобных месторождений в других регионах мира.

Рудные месторождения вулканических поясов областей активизации и окраинно-континентальных поясов имеют пестрый спектр рудных элементов и формировались в приповерхностных условиях; для них характерны явления стадийности, телескопирования и появления сложных нестандартных минеральных ассоциаций. Эти месторождения в отличие от связанных с геосинклинальными поясами не повторяются во времени в пределах Восточной Азии, но имеют аналоги в пределах Американской ветви Тихоокеанского сегмента и в некоторых областях тектоно-магматической активизации других регионов (Западная Европа, Средняя Азия).

Особые металлогенические структуры представляют собой пояса островных дуг. Это связано с тем, что в их пределах фиксируются месторождения, минеральный состав которых и геохимические особенности несут признаки рудных образований, развитых в различных вулканических поясах. Это не только телескопирование, но, скорее, как бы «смещение» характерных черт различных типов (групп) месторождений.

Наиболее отчетливо взаимосвязь в развитии континентальных структур с океаническими выражается в развитии трансрегионального Восточно-Азиатского вулканического пояса на границе континента с океаном, формирование которого связано с эволюцией Тихоокеанского сегмента нашей планеты, отражает особенности глубинных частей его тектоносферы и, по-видимому, фикс-

сирует границу консолидированной рамы мобильного ложа Тихого океана в меловое время. Не исключено, что формирование наложенных окраинно-континентальных поясов, начавшееся в мелу, соответствует по времени началу интенсивных базальтоидных излияний на дно океанического бассейна.

Рассмотрение особенностей проявления в пространстве и во времени вулканических поясов и зон разного типа, прежде всего протягивающихся на тысячи километров и пересекающих разнородные структуры субстрата, при этом характеризующихся сходным в общих чертах магматизмом и оруденением, единством и постоянством генеральных направлений в региональных структурах Востока Азии, указывает на то, что основополагающие представления гипотезы тектоники плит в ее крайнем варианте не могут быть применены к огромной территории Востока Азии, для которой невозможно объяснить сложные процессы геосинклинального и континентального вулканизма только путем схождения и расхождения тектонических плит, нырянием одной плиты под другую.

Магматические процессы в пределах Востока Азии, проявляющиеся в различных по типу вулканических поясах и зонах, являются процессами созидательными, они всегда ведут к формированию и увеличению мощности земной коры — и океанической, и континентальной. В этом одна из важных особенностей вулканических процессов на Земле: они отражают непрерывающееся внутреннее развитие нашей планеты, приводящее к наращиванию ее внешней геосферы, а следовательно, увеличивают и объем планеты. Проявление огромных масс вулканического материала в Восточной Азии — именно в зоне перехода от континента к океану — не является случайным; оно связано с развитием Тихоокеанского сегмента Земли, глубинных мантийных частей его тектоносферы. О последнем, в частности, говорят состав вулканических извержений, характер их развития в геосинклинальных и континентальных вулканических поясах и рассчитанный теоретически механизм трещинных извержений.

Магматические породы вулканических поясов отражают состав глубинных частей планеты и свидетельствуют о неоднородном характере их строения, разной геохимической и рудной специализации, причем эта неоднородность строения проявляется по горизонтали и вертикали различных слоев тектоносферы. Важно подчеркнуть, что для многих рудных месторождений вулканических поясов предполагается их связь с мантийными очагами, что наиболее правдоподобно для месторождений геосинклинальных, островодужных и окраинно-континентальных поясов.

Некоторые металлогенические особенности вулканических поясов Восточной Азии как отражение общих процессов рудообразования в земной коре. По существу, каждый из выделенных типов вулканических поясов и зон представляет собой и специализированный металлогенический тип рудоносных структур. Напомним, что для геосинклинальных вулканических поясов, среди

которых выделяются залеженные на океанической и континентальной коре, наиболее характерны: для первой группы — месторождения хромитов, платины, колчеданных руд и в меньшей степени молибдена, меди и золота (?); для второй — главным образом колчеданные месторождения свинца, цинка и меди (?). Для вулканических поясов островных дуг, которые являются своеобразными молодыми поясами, закладываемыми по представлению большинства исследователей на океанической коре, типичны колчеданные месторождения типа Куроко, месторождения молибдена и меди, часто представленные комплексными рудными образованиями медно-порфирирового типа. На островах Курильской гряды в последние годы Е. Д. Петраченко [26] выявлены рудопроявления олова; не исключено, что с палеоостровными дугами на территории Японии связаны комплексные телескопированные олово-вольфрамовые месторождения с полиметаллами и флюоритом.

Широкий спектр месторождений ассоциирует с вулканическими поясами и зонами, возникающими в связи с процессами тектоно-магматической активизации консолидированных структур Востока Азии. Однако ведущие элементы здесь — олово и вольфрам, проявляющиеся в сложных многостадийных гидротермальных, приповерхностных месторождениях, в меньшей степени молибден. Месторождения этих металлов возникают на ранних стадиях процессов тектоно-магматической активизации (как правило, всегда с трещинными субвулканическими интрузиями). На поздних стадиях формируются месторождения сурьмы, киновари, реже вольфрама в сложных комплексных месторождениях, которые на территории советской Восточной Азии редки. С окраинно-континентальными вулканическими поясами связаны своеобразные низкотемпературные месторождения золота и серебра, медно-молибденовые порфирирового типа, реже оловянные и полиметаллические, а в некоторых регионах месторождения плавикового шпата. Такая приуроченность оруденения к различным типам вулканических поясов и зон фиксируется независимо от их возраста. Это позволяет наметить общий эволюционный ряд месторождений, который может быть представлен в следующем виде, начиная от месторождений геосинклинальных поясов.

I. Геосинклинальные пояса:

на океанической коре — Cr, Pt, Pb+Zn, (Mo, Cu, Au?)

на континентальной коре — Pb+Zn+Cu, (Cr)

II. Вулканические пояса островных дуг — Pb+Zn+Cu, (Cr, Mo, Cu, Sn, W(?), Au, F?)

III. Вулканические пояса областей тектоно-магматической активизации — Sn, W, (Mo, Pb, Zn, Cu); Sb, (Hg, F)

IV. Окраинно-континентальные пояса — Au, Ag, Mo+Cu, (Pb+Zn), Sn, F

В скобках показаны месторождения, имеющие подчиненное развитие; однако в некоторых поясах они могут проявляться достаточно широко. Анализ приведенной выше, казалось бы, простой схемы, позволяет сделать ряд общих выводов. Прежде всего

несомненно, что каждому типу вулканических поясов соответствует характерный набор рудных элементов (месторождений), причем наиболее контрастно он проявляется, когда выделяются главные элементы, рудные концентрации которых развиты практически во всех вулканических поясах конкретных типов, где представлены они отдельными крупными месторождениями или рудопроявлениями.

Для геосинклинальных поясов, развивающихся на океанической коре, характерны прежде всего, как это неоднократно отмечалось, хромитовые и платиновые месторождения, при этом важно подчеркнуть, что только для этого типа вулканических поясов типична платина в ассоциации с хромом. Геосинклинальные пояса, развивающиеся на континентальной коре, характеризуются «полиметаллическим обликом» в связи с проявлением месторождений колчеданного типа; другие месторождения имеют подчиненное развитие.

Как выясняется, вулканические пояса островных дуг в металлогеническом (и геохимическом) отношении представляют собой крайне интересные рудоносные структуры. Им свойствен набор элементов (и рудопроявлений), типичных для геосинклинальных и континентальных вулканических поясов. Такая металлогеническая характеристика этих структур делает необходимым рассмотрение некоторых особенностей вулканических поясов островных дуг. В настоящее время большинство исследователей считает, что вулканические пояса островных дуг формируются на океанической коре и в этом случае могут (должны!) рассматриваться как определенная «разновидность» геосинклинальных поясов, закладывающихся на океанической коре. В то же время существует мнение, что фундамент островных дуг гетерогенен и определенные части поясов развиваются на коре континентального типа. Если последнее справедливо, то более понятным становится «пестрый набор» рудных элементов, характерных для этих структур. Возможны и другие объяснения. В частности, более чем вероятно, что «островные дуги» — это понятие только географо-морфологическое, а не структурно-геологическое, и «островные дуги» представляют собой гирлянду островов — реликтов разно построенных блоков, имеющих различный субстрат; общим для них является молодой, но тоже существенно различный в разных частях дуг вулканизм.

Для нас более важным является то, что островные дуги располагаются в непосредственной близости от зон Беньофа, которые глубоко проникают в тектоносферу планеты, а следовательно, могут «вскрыть» ее различные геосферы, генерирующие в земную кору и различные металлы. Этим обстоятельством, по-видимому, в первую очередь объясняется усложненный «телескопированный» характер оруденения вулканических поясов островных дуг, для которых характерны металлогенические особенности (иногда выраженные только эмбрионально) геосинклинальных и континентальных вулканических поясов одновременно.

Вулканические пояса зон тектоно-магматической активизации несут разнообразное оруденение. Важно подчеркнуть, что на Востоке Азии для этих структур являются ведущими месторождения олова и вольфрама, причем это сложные по характеру формирования месторождения, для которых типично образование в несколько стадий минерализации с проявлением обильного сульфидного, обычно медно-свинцово-цинкового оруденения, как самостоятельного, накладывающегося на оловянные и вольфрамовые руды, так и «вплетающегося» в редкометалльный рудный процесс. Оловянное и вольфрамовое оруденение проявляется в несколько стадий минерализации, и его максимальное развитие связано со среднетемпературными ассоциациями. Месторождения молибдена, свинца и цинка редко образуют крупные объекты; для них менее вероятна связь с вулканическими образованиями. Что касается «рудной триады» Sb, Hg, F, то эти элементы в еще меньшей степени ассоциируют с вулканитами; они обнаруживают повсеместную связь с крупными разломами и только в некоторых регионах (Буреинский массив, Юго-Западный Китай) тяготеют к основным щелочным комплексам. Крупные месторождения этих элементов в связи с вулканическими поясами областей тектоно-магматической активизации на Востоке Азии единичны. К ним в первую очередь следует условно отнести известное сурьмяное месторождение Сигуаньшань в Китае. В Советском Союзе небольшие сурьмяно-флюоритовые рудопоявления в полях развития континентальных эффузивов известны на Буреинском массиве.

Для окраинно-континентальных поясов, образующих трансрегиональный Восточно-Азиатский вулканический линеамент, наиболее характерны эпитермальные месторождения золота и серебра, обычно комплексные по составу, возникающие в приповерхностных условиях (как правило, в связи с формированием сложных по строению вулканических кальдер). Однако именно серебро следует определять как типоморфный элемент вулканических поясов этого типа, так как месторождения золота известны и в других поясах. Для некоторых регионов (Китай) типичны медно-порфировые месторождения; в последние годы выявилось самостоятельное значение окраинно-континентальных поясов как особых плавиковошпатовых провинций.

Таким образом, каждая самостоятельная группа вулканических поясов характеризуется типоморфным набором рудных элементов и месторождений. Анализ их проявления в пространстве и во времени позволяет увидеть некоторые общие закономерности в развитии процессов рудообразования, которые свойственны другим структурам земной коры (а не только вулканическим поясам), а также наметить провинциальные металлогенические особенности, характерные для вулканических поясов Востока Азии.

Прежде всего следует отметить, что процессы вулканизма и связанные с ними рудные месторождения проявлялись в этом

регионе неоднократно. Это относится к геосинклинальным вулканическим поясам, с которыми ассоциируют хромитовые и колчеданные месторождения. В пределах Восточной Азии известны протерозойские, мезозойские и кайнозойские подобные образования, причем наиболее представительно развиты кайнозойские рудные месторождения, среди них выделяются миоценовые колчеданные (типа Куроко в Японии) и хромитовые рудопроявления и месторождения Филиппинских островов и Камчатки. На Филиппинских островах известны также мел-третичные колчеданные месторождения, близкие по своим особенностям к типичным месторождениям Куроко.

Оруденение геосинклинальных вулканических поясов полихронно, но наиболее интенсивно оно проявилось в молодых поясах внутренних зон Тихоокеанского сегмента Земли; по генетическим особенностям это сходные в разных регионах месторождения. В то же время для континентальных вулканических поясов и их оруденения наблюдается существенно иная картина, обусловленная тем, что, по существу, эти пояса и их месторождения возникают в геологической истории Восточной Азии только один раз, циклической повторяемости в их образовании нет, хотя отдельные звенья и участки этих структур имеют различный (в пределах одного периода) возраст. Так, все окраинно-континентальные пояса Восточно-Азиатского вулканического линеймента практически формировались в позднем мезозое — начале кайнозоя; аналогичных им других структур на Востоке Азии нет; они известны только в Американской ветви Тихоокеанского пояса, где имеют несколько более молодой возраст (в основном кайнозойский).

Для вулканических поясов областей тектоно-магматической активизации и их оруденения практически повсеместно устанавливается мезозойский возраст; эти процессы на Востоке Азии проявляются только в пределах данной эпохи. В континентальных вулканических поясах выявлены месторождения, которые не известны не только в других структурах, но и не свойственны более ранним эпохам интенсивного вулканизма в других регионах мира вне Тихоокеанского сегмента. К таким месторождениям относятся золото-серебряные, флюоритовые, сульфидно-касситеритовые. Это очень характерная особенность рудных процессов Тихоокеанской провинции Востока Азии.

Другая особенность рудных месторождений вулканических поясов этого огромного региона — усложнение минерального состава месторождений, появление «экзотических минеральных ассоциаций» и формирование месторождений в несколько этапов и стадий, которые часто нарушают «общепринятую» их последовательность. Для молодых месторождений Тихоокеанского сегмента эти геологические особенности типоморфны; именно в них наиболее четко выражены явления телескопирования и совмещения в единых рудных полях и зонах представителей, казалось бы, различных рудных формаций. Например, в месторождениях ок-

раинно-континентальных вулканических поясов известны такие не совсем обычные низкотемпературные ассоциации, как $Au+Ag$; $Ag+F$; $W+Hg$; $W+Sb$; $W+F$; $Sb+Hg+Au$; $Au+Co$. Выше отмечалось, что в неогеновых месторождениях геосинклинальных и вулканических поясов Японских, Курильских и Филиппинских островов наблюдается проявление оруденения в виде «смешанной» минерализации, где, например, не только галенит-сфалеритовые ассоциации неразрывно связаны с халькопиритовыми, оловянными, вольфрамовыми, флюоритовыми рудами (месторождения Акенобе, Япония), но и оловянное и вольфрамовое оруденение возникает в едином рудном процессе позднее полиметаллических руд, отчетливо накладываясь на них, а ферберитовое оруденение тесно связано с поздним флюоритом. На о. Кунашир в единых рудоносных структурах в связи с зеленотуфовыми формациями проявляется низкотемпературное золото-серебряное, медное и свинцово-цинковое с оловом оруденение. При этом оловянная минерализация тесно связана со свинцово-цинковой колчеданного типа и формируется с ней одновременно.

В минерализации вулканических поясов разных типов Востока Азии намечается повторяемость некоторых групп рудных месторождений. Это прежде всего относится к медно-молибденовым месторождениям порфиривого ряда, которые известны в пределах Охотско-Чукотского окраинно-континентального вулканического пояса и в геосинклинальном вулканическом поясе Филиппин. Другой пример — низкотемпературные золото-серебряные месторождения; развитие их устанавливается в тех же принципиально различных группах вулканических поясов. Следует заметить, что генетические особенности месторождений, хотя они и проявляются в существенно разных структурах, крайне сходны.

Это относится и к сульфидно-касситеритовым месторождениям, формирующимся на территории Востока Азии (по-видимому, в связи с развитием вулканических поясов областей тектоно-магматической активизации и окраинно-континентальными вулканическими поясами). Однако этот вопрос нуждается в дальнейшем изучении, так как тектоническое положение Кавалеровского оловянного района в Приморье и Омсукчанского на Северо-Востоке не позволяет сделать однозначное заключение о их принадлежности к структурам окраинно-континентальных вулканических поясов.

Недостаточно выявлена генетическая природа своеобразного ртутно-вольфрамового месторождения Тамватней на севере Камчатки, которое приурочено к молодым (меловым?) гипербазитам. Возможно, что эти образования находятся в парагенетических отношениях и «экзотическое» ртутно-вольфрамовое оруденение связано с поздними стадиями развития кайнозойских офиолитовых (геосинклинальных) поясов (?). В таком случае низкотемпературное вольфрамовое оруденение (с ртутью и сурьмой) в развитии вулканических поясов будет повторяться дважды, ассоци-

ируя с процессами тектоно-магматической активизации и геосинклинальными вулканическими процессами.

Важно отметить, что для всех рудных месторождений вулканических поясов разных типов характерна связь с разрывными нарушениями различных порядков, которые обуславливают локализацию оруденения в пределах рудных полей, зон и поясов. Для региональных рудоносных структур типичен линейный характер размещения месторождений, приводящий к образованию протяженных рудных зон и поясов. Иными словами, Тихоокеанскому сегменту Земли свойственна подчеркнутая ранее общая закономерность в размещении месторождений: линейное, поясовое размещение рудных месторождений, находящее отражение в региональной металлогенической зональности. В пределах Востока Азии четко устанавливается общая трансрегиональная рудная зональность, связанная с размещением вулканических поясов и зон разных типов по направлению от океана в глубь континента; системы вулканических поясов опоясывают с запада структуры океанического ложа, отчетливо подчеркивая и кольцевую (концентрическую) особенность размещения оруденения в Тихоокеанском сегменте Земли.

На это обстоятельство ранее обращали внимание С. С. Смирнов, Е. А. Радкевич и в особенности М. И. Ициксон [50], а также другие исследователи. В настоящее время эта закономерность применительно к оруденению вулканических поясов Восточной Азии выражается в том, что внутренняя зона образована серией геосинклинальных кайнозойских вулканических поясов с месторождениями и рудопоявлениями хрома, (платины), меди и молибдена; свинца, цинка и меди (колчеданные). Далее следует кольцо окраинно-континентальных вулканических поясов, которые имеют более древний — мезозойско-кайнозойский — возраст; для этой трансрегиональной структуры наиболее характерны «эпитермальные» проявления серебра, золота, флюорита, в меньшей степени олова, вольфрама, полиметаллов и меди. Наконец, внешнюю зону образуют вулканические пояса и зоны областей тектоно-магматической активизации с месторождениями олова, вольфрама, молибдена, сурьмы и ртути.

Характерно, что геосинклинальные и окраинно-континентальные вулканические и связанные с ними рудные пояса образуют отчетливо выраженные в планетарном плане концентрические системы, состоящие из отдельных звеньев меридионального и северо-восточного простирания, которые как бы накладываются на более древние широтные и северо-западного простирания вулканические (и рудные) пояса областей тектоно-магматической активизации. Это одна из своеобразных и важных особенностей тектонического и металлогенического развития западного сектора Тихоокеанского сегмента Земли.

Таким образом, металлогенические особенности вулканических поясов Восточной Азии отражают некоторые общие характерные черты проявления рудных процессов в земной коре, и

прежде всего в уникальном по особенностям геологического развития Тихоокеанском сегменте нашей планеты. Как было показано выше, эти особенности связаны с тем, что в пределах геосинклинальных вулканических поясов Востока Азии развиваются месторождения, которые известны в других регионах мира, при этом геосинклинальные вулканические пояса в пределах региона формируются неоднократно. В отличие от них вулканические пояса областей тектоно-магматической активизации и окраинно-континентальные вулканические пояса и связанное с ними оруденение в геологической истории Востока Азии циклично не проявляются.

Указанные группы месторождений часто имеют очень сложный, подчас «экзотический» минеральный состав, наблюдаются явления «повышенной», усложненной стадийности и телескопирования. Для молодых (мезозойских и кайнозойских) вулканических поясов Востока Азии характерны месторождения, которые в других регионах (исключая Американскую ветвь Тихоокеанского сегмента) имеют резко подчиненное развитие.

Особенности металлогении вулканических поясов Восточной Азии, постоянство оруденения, характерного для разных типов поясов, повторяемость во времени процессов геосинклинального вулканизма и оруденения, сложный состав и телескопированность месторождений, появление «экзотических» по минеральному составу руд и т. д., по-видимому, объясняются не только провинциальными особенностями геологического и тектонического строения регионов, но и характером участия в формировании вулканических поясов различных типов специализированных на те или иные металлы разных геосфер планеты.

Вулканические пояса и связанные с ними месторождения могут служить в общем случае достаточно надежными индикаторами состава глубинных частей литосферы, поэтому их изучение должно в первую очередь способствовать выявлению новых закономерностей глубинного строения земной коры и мантии и способствовать установлению причин появления в земной коре крупных рудных концентраций.

В этом плане интересна работа Р. Б. Умитбаева [137] по магматизму и рудным провинциям Охотско-Омолон-Чукотской тектоно-магматической системы, где показаны связи оруденения с магматизмом в пределах Охотско-Чукотского вулканического пояса, а также рассмотрены конкретные особенности магматизма и рудоносности отдельных районов пояса, при этом отмечается, что эти особенности обусловлены спецификой строения и металлогении глубинного субстрата; подчеркивается, что металлогенические зоны, связанные с процессами тектоно-магматической активизации, занимают резко дискордантное положение относительно рудных зон орогенного этапа развития мезозойд. Последнее обстоятельство очень важно, так как показывает, что на Северо-Востоке СССР существуют рудные зоны двух типов: орогенного этапа и этапа тектоно-магматической активизации.

Не менее значительны работы казахстанских исследователей [76, 77], которые связывают с вулканическими поясами разных типов проявление многих рудных месторождений в регионе. Они подчеркивают огромное значение вулканических процессов для формирования рудных месторождений. Прав Г. А. Твалчрелидзе [133], отметивший большое практическое значение исследований по рудоносности вулканических поясов и показавший на примере трех их типов — первично-геосинклинальных, вторично-геосинклинальных и областей тектоно-магматической активизации — основные закономерности размещения в этих структурах месторождений медно-колчеданной и медно-порфировой формаций.

В связи с рассмотрением природы вулканических поясов и их металлогении вновь обратимся к работе Р. Б. Умитбаева «Охотско-Чаунская металлогеническая провинция» [137], в которой обосновано выделение нового типа металлогенических провинций, названных окраинно-континентальными. По тектонической природе они представляют собой области тектоно-магматической активизации, состоящие из неразрывно связанных общностью глубинной природы, магматизма, тектоники и металлогении вулканогенных поясов и перивулканических зон, которые развивались, по мнению Р. Б. Умитбаева, над наклонными глубинными швами типа современных зон Беньофа, причем синхронно с прилегающими к ним со стороны океана эвгеосинклиналями (последнее положение весьма спорно. — А. Ш.). Характерно, что эти структуры несут крупные рудные концентрации. При этом оказывается, что перивулканические зоны являются весьма перспективными для выявления новых групп рудных месторождений. Все месторождения в пределах подобных провинций обычно контролируются зонами нарушений разных порядков, часто в разных сочетаниях с вулканотектоническими структурами (куполами, депрессиями). Р. Б. Умитбаев подчеркивает, что такие металлогенические провинции дискордантны относительно складчатых структур мезозойд Северо-Востока, хотя и не обнаруживают значительного разрыва во времени по отношению к предшествующим орогенным комплексам.

Таким образом, можно отметить следующее: несмотря на определенные успехи в изучении континентальных вулканических поясов и их металлогении, все еще в значительной степени не ясна тектоническая природа этих структур и вполне вероятно, что континентальные вулканические пояса могут оказаться конвергентными. Поэтому предстоит важная задача изучения отличительных — геологических (формационных), тектонических и металлогенических — особенностей этих важных рудоносных структур.

Краткие выводы

1. Представления об областях тектоно-магматической активизации как особой категории негеосинклинальных структур в последние годы получили всеобщее признание в нашей стране и за рубежом. В особенности значительный вклад сделан в изучение явлений протоактивизации; показана большая роль этих процессов в древние периоды жизни нашей планеты.

2. Несомненным стало, что области тектоно-магматической активизации характеризуются специфическими особенностями проявления рудных месторождений и представляют собой крупные металлогенические провинции и районы.

3. Наиболее контрастно процессы тектоно-магматической активизации проявляются в пределах консолидированных структур геосинклинально-складчатых областей, на платформах и их шитах. В последнее время стало очевидным, что эти процессы и связанные с ними месторождения имеют мантийную природу и проявляются параллельно с развитием структур земной коры, а следовательно, могут накладываться на все коровые тектонические элементы.

4. Под областями тектоно-магматической активизации все еще понимается достаточно широкий спектр тектонических структур; по-видимому, более оправданно в состав областей тектоно-магматической активизации включать сводово-глыбовые области и связанные с ними внутриконтинентальные рифтовые зоны, как те, так и другие находящиеся на разных стадиях своего развития.

5. Важное значение для понимания закономерностей проявления рудных месторождений в областях активизации имело понимание истории развития разрывных нарушений, в том числе линейментов [100, 136], а также концентрических структур разного генезиса [79, 101].

6. Области тектоно-магматической активизации все еще изучены недостаточно; одним из слабо исследованных вопросов остается проблема взаимоотношения структур и месторождений областей активизации с орогенными. Детализация критериев выделения этих структур — одна из важнейших задач металлогенических и тектонических исследований [14, 153, 156].

7. По-прежнему остается важной проблема изучения негеосинклинальных континентальных вулканических поясов, их тектонической природы и металлогении, выявления достоверных признаков этих структур, позволяющих их относить в особую категорию областей тектоно-магматической активизации.

Металлогения срединных массивов

Срединные массивы — своеобразные структуры геосинклинально-складчатых областей, характеризующиеся специфическими особенностями металлогении. Нами в отличие от многих

исследователей они рассматриваются как совершенно самостоятельные структурные единицы, по металлогеническим особенностям сопоставимые с неизмеримо большими по размерам платформенными и геосинклинальными структурами. Аргументация этого не бесспорного положения была нами ранее дана в ряде работ [157]. В тех же исследованиях была приведена геологическая и металлогеническая характеристика срединных массивов, а также рассмотрены вопросы развития взглядов на природу этих структур, что в настоящей работе освобождает нас от изложения этих проблем.

Напомним, что под срединными массивами понимаются устойчивые блоки земной коры, располагающиеся в пределах геосинклинальных зон, основание которых сложено докембрийскими метаморфическими комплексами; такие структуры представляют собой, по существу, обломки древних, докембрийских сооружений, сохраняющиеся в виде консолидированных масс на всех этапах геосинклинального развития данного участка земной коры. Такое понятие срединных массивов соответствует представлению В. Е. Хаина [1973 г.] о срединных массивах первого рода.

В пределах нашей страны срединные массивы имеют достаточно ограниченное развитие. Они представлены наиболее широко на Дальнем Востоке. Здесь, в тектоническом рисунке советского сектора Тихоокеанского подвижного пояса, образованного мезозойско-кайнозойскими складчатыми зонами и наложенными на них континентальными вулканическими поясами, развитыми в зоне перехода континента к океану и иногда глубоко вдающимися в материк, срединные массивы выражены очень контрастно. Они отчетливо выделяются среди обтекающих их складчатых структур и служат субстратом для молодых вулканических образований. К таким структурам относятся Ханкайский, Бурейнский, Охотский, Омолонский и Колымский массивы. Специфические геологические, тектонические, геофизические и металлогенические особенности подчеркивают их принадлежность к самостоятельной категории тектонических элементов. В пределах Американской ветви Тихоокеанского пояса срединные массивы имеют ограниченное развитие.

Сопоставление особенностей развития срединных массивов производится обычно со сходными структурами Средиземноморского планетарного подвижного пояса — крупнейшей трансконтинентальной структуры земной коры, в архитектуре которой многочисленные срединные массивы играют большую роль. К сожалению, специальные публикации по срединным массивам Тетиса весьма ограничены, в особенности по металлогеническим проблемам. В то же время металлогенические особенности срединных массивов и типы месторождений, которые в них проявляются, очень специфичны и могут служить в ряде случаев достаточно надежными индикаторами срединных жестких структур. Последнее обстоятельство особенно важно учитывать при изучении срединных массивов Тихоокеанского пояса, так как в последние

годы рядом исследователей предпринимаются попытки «ликвидировать» некоторые срединные массивы как самостоятельные структуры.

В частности, это относится к Колымскому срединному массиву, на наш взгляд, типичной структуре такого рода, металлогенические особенности которой практически однозначно указывают на жесткий, срединный ее характер.

В развитии срединных массивов наиболее контрастно выделяются три крупных периода. Первый связан с образованием кристаллического основания (фундамента) массива; по времени он обычно охватывает архей и протерозой. Вторым периодом неразрывно связан с геосинклинальным развитием областей, в пределах которых располагается тот или иной массив. Влияние геосинклинальных процессов на жесткие срединные блоки, сложенные докембрийскими образованиями, в различных геосинклиналях неодинаково, но повсеместно крайне значительно. Многие массивы испытывали такое воздействие неоднократно под влиянием разновозрастных геосинклиналей (Родопский, Чешский, Буреинский, Таримский массивы). Под влиянием геосинклинальных процессов в пределах срединных массивов возникали многочисленные разрывные нарушения, обуславливавшие образование в теле срединных массивов прогибов, синхронных геосинклинальным. Примером таких прогибов может служить раннепалеозойский Баррандовский прогиб Чешского срединного массива или мезозойский Тьрмо-Буреинский прогиб в Буреинском массиве. В процессе развития геосинклиналей одни срединные массивы сохраняли свою жесткость и устойчивость, испытывая неуклонную тенденцию к воздыманию (срединные массивы Западной Европы, Кокчетавский, Буреинской, Ханкайский, плато Колорадо), а другие под активным воздействием геосинклинального режима приобретали тенденцию к нисходящим движениям. Эти движения наиболее интенсивно проявлялись в инверсионную и орогенную стадии развития геосинклиналей. Третий период в развитии срединных массивов связан с проявлением самостоятельных (автономных) процессов тектоно-магматической активизации, которые фиксируются наиболее отчетливо в срединных массивах с выведенным на поверхность докембрийским основанием.

Известно, что срединные массивы характеризуются развитием в их пределах разнообразной и широко проявившейся эндогенной минерализации. На общем фоне складчатых структур устойчивые срединные массивы выступают как крупные рудоносные структуры, в пределах и вокруг которых концентрируется разнообразное и разновозрастное оруденение.

В планетарном плане многие срединные массивы отчетливо выделяются как своеобразные «очаги минерализации», отличающиеся от смежных территорий наиболее интенсивным проявлением эндогенных месторождений. Это обстоятельство придает металлогеническому анализу срединных массивов большое практическое значение.

Срединные массивы как самостоятельные металлогенические провинции характеризуются рядом специфических особенностей. Главная металлогеническая особенность этих структур состоит в следующем: на площади срединных массивов в ряде случаев пространственно совмещены рудные месторождения, характерные для принципиально различных структур земной коры — платформ, геосинклиналей и областей тектоно-магматической активизации. В фундаменте массивов, сложенном докембрийскими образованиями и в структурном отношении представляющем крупные обломки платформ, известны месторождения, по всем особенностям сопоставимые с рудными образованиями древних щитов. Это главным образом осадочно-метаморфические и пегматитовые месторождения, встречающиеся при резко подчиненном значении гидротермальных рудных образований. С процессами геосинклинального развития земной коры и формированием геосинклинальных прогибов, окружающих срединные массивы, связаны многочисленные главным образом гидротермальные, реже магматические месторождения (иногда платформенного типа). Их возникновение по времени всегда синхронно определенным стадиям развития геосинклиналей, примыкающих к срединным массивам. Наконец, в процессе тектоно-магматической активизации срединных массивов формируются многочисленные гидротермальные месторождения разных типов.

Таким образом, срединные массивы являются единственными крупными геологическими структурами, в пределах которых месторождения указанных выше трех групп встречаются совместно. Эта особенность металлогении срединных массивов придает им особый, специфический облик, присущий только данным структурам земной коры. Это обстоятельство хорошо раскрыл Р. Д. Стоянов [1979 г.] в своей обобщающей монографии, посвященной характеристике одного из типичнейших представителей срединных массивов Средиземноморской альпийской подвижной зоны — Родопского срединного массива.

Срединные массивы характеризуются большим разнообразием генетических типов месторождений, известных в их пределах, что связано с особенностями развития этих структур и их особым тектоническим положением среди складчатых сооружений более молодых геосинклинальных зон. Пестрый спектр генетических типов месторождений, известный в пределах срединных массивов, позволяет проследить эволюцию генетических типов рудных образований во времени и на примере месторождений срединных массивов проиллюстрировать некоторые общие закономерности накопления металлов в истории развития земной коры. Они выражаются в том, что в докембрии и раннем палеозое наиболее широко развиты месторождения железа, титана, платины, хрома, кобальта, никеля, в позднем палеозое и мезозое — меди, цинка, свинца, вольфрама и олова, в позднем мезозое и кайнозое — молибдена, висмута, сурьмы, ртути, серебра, золота (?), бора. При этом одни элементы отчетливо обнаруживают тенденцию к все

более интенсивному накоплению в молодых эпохах (Mo, Cu, Ag, Hg, Sb, В), а другие — к закономерному убыванию интенсивности накопления после максимума образования в наиболее древних эпохах (Fe, Ti, Co, Ni).

Своеобразной и характерной особенностью в металлогении срединных массивов, придающей этим структурам большой практический интерес, является линейное, поясовое размещение оруденения в краевых частях массивов, и прежде всего во внешнем их обрамлении, в зонах долгоживущих крупных разломов, ограничивающих массив от окружающих их геосинклинальных прогибов. В такой структурной позиции возникают многочисленные рудные пояса, нередко протягивающиеся на многие сотни километров. Эти рудные пояса, как правило, весьма контрастно проявлены в общем металлогеническом рисунке регионов и относятся к рудоносным структурам первой категории. В настоящее время устанавливается наиболее отчетливо следующие пять типов рудных поясов: хромитоносные, редкометалльные, золоторудные, ртутно-сурьмяные и с полиметаллической минерализацией. Характеристика этих рудоносных структур приведена в работе [157].

Краткие выводы

1. В последние годы изучение срединных массивов нашей страны шло медленными темпами; несмотря на это, получены новые интересные данные по частным вопросам локализации месторождений в пределах Кокчетавского массива в Казахстане, Охотского, Буреинского и Колымского массивов на Дальнем Востоке. Важен факт проникновения (проявления) гидротермального оруденения разного типа, залегающего в мощных вулканических толщах чехла массивов, в породы их фундамента, что свидетельствует о парагенетических (а не генетических) связях вулканизма и оруденения. Подобные явления перехода рудных тел из вулканических построек в породы нижележащего кристаллического субстрата известны в других районах, например в срединном массиве Колорадо. Они имеют важное значение для правильной оценки вертикального размаха оруденения и говорят о необходимости проведения поисковых работ в породах субстрата под рудными телами верхнего структурного этажа.

2. Необходимо отметить, что в последнее время поставлен вопрос о «ликвидации» Колымского срединного массива; однако с металлогенических позиций эти попытки не правомерны. Так, на принадлежность Колымского массива к срединным структурам указывают следующие металлогенические особенности:

а) широкое развитие сурьмяных и ртутных месторождений, приуроченных к зонам крупных долгоживущих разломов, которые контролируют рудные зоны и пояса на сочленении мезозойских геосинклинальных прогибов и блоков докембрийских и палеозойских пород фундамента массива; последние слагают крае-

вые поднятия срединной структуры (массива), а зоны разломов с ртутно-сурьмяной минерализацией фиксируют внешние юго-западные и северо-западные ее границы;

б) присутствие проявлений хромита, талька, титаномагнетита, никель-кобальтовой минерализации в условно позднепротерозойских основных интрузиях, известных в краевых поднятиях, что свидетельствует о проявлении в массиве специфического оруденения, характерного для пород древнего субстрата;

в) развитие эпитермальной золотой минерализации в связи с палеозойскими континентальными вулканитами, образующими крупный пояс по юго-западному обрамлению массива, что указывает на стабильный, жесткий характер структур, на которых они развивались;

г) локализация в палеозойских слабодислоцированных толщах чехла массива стратиформных свинцово-цинково-флюоритовых месторождений «телетермального типа», приуроченных к рифтогенным постройкам; известно, что такие месторождения возникают в спокойной тектонической обстановке на жестком субстрате практически в платформенных условиях.

Можно указать также на гематитовые и марганцевые месторождения в девонских и пермских отложениях, которые развиты на площади массива и отражают существование платформенного режима в указанные периоды времени. Таким образом, даже краткое перечисление типов минерализации, характерных для территории Колымского массива, свидетельствует о том, что он представляет собой крупную достаточно жесткую стабильную структуру. Подобные месторождения являются типичными для других срединных структур и служат их индикаторами.

3. Представления о металлогении срединных структур не претерпели изменения за последние годы; по-прежнему ранее выявленные главные закономерности размещения месторождений в пределах этих структур отражают объективные особенности развития оруденения. Несмотря на это, металлогения срединных массивов требует в настоящее время дополнительных исследований с привлечением нового фактического материала.

К металлогении Мирового океана

Последние годы ознаменованы крупными достижениями в области познания геологии и рудных процессов Мирового океана. В настоящее время стало возможным говорить о металлогении океанов, имея в виду прежде всего не столько хорошо изученные закономерности размещения в пространстве и во времени рудных образований в океане, сколько типы океанического оруденения и характер их площадного развития на поверхности океанского ложа. Характеристика рудных образований океана приведена в огромном количестве отечественных и зарубежных работ [29, 66, 157], и в связи с этим нами подробно не рассматривается.

Наиболее контрастно на океанском дне выделяются две группы месторождений: железо-марганцевые конкреции и корки и гидротермальные образования сульфидных руд, среди которых устанавливаются массивные руды, концентрации сульфидов в донных осадках и рудоносные рассолы. Кроме того, в различных районах океана известны поля фосфоритовых и баритовых конкреций.

Наиболее значительно по масштабам, по существу, определяя главный металлогенический облик Мирового океана, железо-марганцевое оруденение, сопровождаемое высокими содержаниями никеля, кобальта и меди. По данным А. П. Лисицына [66], запасы железо-марганцевых конкреций на дне океана огромны и достигают 1,7 трлн. т.

В последние годы более глубоко понят генезис конкреций, доказывается их седиментационно-диагенетическое образование из коллоидов в наиболее благоприятных условиях глубоководных депрессий океанского дна. Некоторыми исследователями допускается экстракция рудных элементов при изменении океанических базальтов под воздействием морской воды. Пожалуй, можно говорить о том, что в настоящее время роль эндогенных гидротерм, поступающих по разломам, в образовании конкреций большинством исследователей считается незначительной или отвергается совсем.

Кроме железо-марганцевых конкреций, выстилающих дно океанов, в последнее время марганцевые и железо-марганцевые руды обнаружены в виде корок среди донных терригенных, пелитовых и пирокластических океанических осадков. К таким месторождениям относятся выявленные недавно рудные образования в районе Гавайских островов на глубинах от 1200 до 2400 м; они представлены протяженным марганценосным корково-конкреционным горизонтом, залегающим среди песчаников и туфоалевролитов. Подобные рудные корки установлены на плато Блейк у берегов Северной Америки, в Индийском океане и в других районах. Большое значение имеет установление, причем теперь уже в широких масштабах, на океаническом дне проявлений гидротермального сульфидного оруденения, которое отчетливо приурочено к зонам раздвига земной коры, к зарождающимся и уже «зрелым» рифтовым зонам. Подобные руды выявлены в Восточно-Тихоокеанском поднятии, во впадинах Красного моря и в Срединно-Атлантическом хребте. Эти рудоносные сульфидные образования различны по природе (от рудных гелей, рассолов до массивных сульфидных руд), но все они связаны генетически с рудоносными горячими гидротермальными растворами, поступающими из глубин по разломам в зонах спрединга. Металлоносные осадки и рассолы Красного моря хорошо охарактеризованы [66]. В настоящее время наибольший интерес представляют массивные сульфидные руды, открытые в последние годы в Тихом океане в Галапагосском рифте и хребте Хуан-де-Фука.

Многие исследователи сопоставляют образование сульфидных руд вдоль осей океанического спрединга с колчеданными залежами прошлых эпох, которые формировались в троговых частях эвгео-

синклиналей, и на этом основании, видя общие черты в особенностях формирования руд современных и древних геотермических систем, приходят к признанию положения о тождестве геологических условий их проявления. Между тем новейший фактический материал по рудоносности хребта Хуан-де-Фука в Тихом океане, полученный Дж. Бишоффом осенью 1984 г. (устное сообщение Дж. Бишоффа и неопубликованная его лекция по этим вопросам, прочитанная в 1985 г. в ДВГИ АН СССР) свидетельствует об обратном и не позволяет проводить аналогий между древними колчеданными месторождениями и современными сульфидными рудами в зонах разломов Тихого океана.

Действительно, в зонах спрединга, там, где скорость расширения достигает более 5 см в год, в молодых разломах Восточно-Тихоокеанского и Северо-Атлантического поднятий, вдоль хребта Хуан-де-Фука выявлены в последние годы достаточно многочисленные точки современного сульфидного рудоотложения, связанные с действием так называемых белых и черных курильщиков. В таких зонах раздвига вдоль крупных зон нарушений в базальтах морского дна функционируют высокотемпературные гидротермальные источники, выбрасывающие на морское дно минерализованные растворы, из которых образуются трубообразные тела, напоминающие по форме постройки термитов; их размеры колеблются от 2 до 15 м. Эти тела, полые в середине, сложены различными минеральными образованиями. В случае «белых курильщиков» стенки полых, трубообразных тел сложены кремнистыми соединениями и ангидритом; через центральную полость поступают и курятся белые взвеси минерального вещества. «Черные курильщики» сложены сульфидами, в основном сфалеритом и халькопиритом, при этом внутренняя сторона таких «термитных» построек образована халькопиритом, а внешняя — темным сфалеритом и ангидритом. Со сфалеритом ассоциирует серебро. Температура кипящих гидротерм, представляющих собой смесь рудоносных жидкости и пара, составляет у выхода «черных курильщиков» в хребте Хун-де-Фука 412 °С.

Важно отметить, что «черные» и «белые курильщики» действуют непродолжительно и, что характерно, обычно разрушаются, образуя груды обломков сульфидных руд. Это очень важное обстоятельство, так как если древние колчеданные месторождения были бы подобны рудам «курильщиков», то они всегда должны бы были иметь брекчиевую текстуру руд, что фактически на месторождениях не наблюдается. Имеется больше оснований проводить аналогии между древними колчеданными месторождениями и рудными концентрациями впадин Красного моря, в особенности это правдоподобно для сульфидных стратиформных месторождений свинца и цинка, приуроченных к сланцевым толщам древних палеорифтовых зон (Мегген, ФРГ; Салливан, Канада; Филизчай, СССР; Маунт-Айза, Австралия).

Рассмотренные две крупные группы рудных месторождений представляют собой наиболее характерные для дна Мирового оке-

ана образования. Несмотря на принципиальные различия в генезисе, их общей особенностью является молодой, современный возраст; для сульфидных гидротермальных проявлений намечается отдаленное сходство с колчеданными месторождениями древних эпох; однако оно достаточно иллюзорно.

Следует отметить соображения В. И. Смирнова [112], который, принимая во внимание особенности магматической геологии дна океанов, подчеркнул, что эндогенная металлогения в его пределах может проявиться в форме магматических месторождений хромитовых и титаномагнетитовых руд, а также других месторождений, ассоциирующих с магматическими породами базальтоидного ряда.

Нами ранее отмечалось, что в зонах глубинных разломов и в рифтовых (спрединговых) зонах дна океана могут быть выявлены месторождения фтора. Основанием к этому являются представления о том, что источником фтора являются мантийные перидотиты [168], плавление которых ведет к образованию базальтовых магм; это позволяет предположить, что некоторые районы развития океанических базальтов, в особенности вблизи рифтовых зон, будут характеризоваться повышенными содержаниями фтора [56, 158], которые могут фиксироваться как в породах, так и месторождениях в виде самостоятельных фтороносных (флюоритоносных) осадков, рассолов и гелеобразных масс на дне молодых рифтовых долин. Кроме того, предполагаемое неглубокое залегание мантии в областях развития современной океанической коры позволяет высказать соображения о возможном проявлении алмазоносных кимберлитов в структурах дна океана. Первые сведения об этом уже получены П. Никсоном, который сделал сообщение о том, что на подводном плато Онтог-Джава восточнее Новой Гвинеи при сейсмических исследованиях методом отраженных волн обнаружены трубообразные тела, сходные по характеристикам с вулканическими трубками, которые могут оказаться кимберлитами. Отмечается, что на одном из островов, расположенном на окраине плато, в интрузивных телах альнеитов были обнаружены мантийные включения, аналогичные известным в кимберлитах.

Таким образом, говоря о металлогении океана в широком смысле этого слова, следует прежде всего подчеркнуть, что она определяется мафической группой элементов, из которых ведущее значение имеют железо и марганец с сопутствующими никелем, кобальтом и медью в месторождениях железо-марганцевых конкреций и цинк и медь при резко подчиненном значении свинца и серебра в гидротермальных рудных образованиях разного типа в зонах спрединга.

Правомерно допустить, что океаническая кора, ее структуры таят в себе много еще невыявленных экзогенных и магматогенных месторождений полезных ископаемых разных типов.

Несколько слов о рудных формациях и значении этого понятия для прикладной металлогении

Хорошо известно, что формационный анализ геологических образований получил в последние годы широкое признание; именно на его основе выполнены новые обобщения по истории геологического развития отдельных регионов и всей страны в целом, составлены обобщающие карты осадочных, магматических, метаморфических формаций. И уже стало совершенно очевидным, и ни у кого не вызывает возражений положение о том, что определенные геологические формации и их серии отражают условия тектонического режима их образования. Настойчиво внедряются в практику геологических исследований представления о рудных формациях, однако на этом пути встречаются определенные трудности, обусловленные прежде всего неодинаковой трактовкой смысла понятия «рудная формация». Это существенно затрудняет использование данного важного понятия в металлогенических целях при решении практических вопросов, связанных с направлением поисковых работ.

В последние годы вновь усилился интерес к познанию рудных формаций, их значению для решения прикладных задач. В этом плане представляет интерес монография Д. И. Горжевского и др. [37], в которой всесторонне рассмотрена проблема магматических и рудных формаций, показано соотношение этих понятий и проанализированы задачи рудно-формационного анализа. В частности, в этой монографии подчеркивается необходимость дальнейшего изучения рядов и серий рудных формаций и вводится понятие семейства рудных формаций. На основе анализа эволюции проявления рудных формаций во времени авторы приходят к очень важному выводу о том, что в истории формирования земной коры можно проследить появление и постепенное увеличение роли различных рудных формаций одного и того же полезного ископаемого [37, с. 208]. Это положение иллюстрируется рядом примеров; в частности, показано, что пегматитовые месторождения олова характерны для докембрия, а сульфидно-касситеритовые — для молодых эпох.

Характеризуя рудные формации, авторы высказывают спорное положение о том, что это понятие не является экономическим. Конечно, «рудная формация» не чисто экономическое понятие, это понятие прежде всего геологическое, но оно содержит глубокий экономический, прикладной смысл, так как месторождения каждой рудной формации характеризуются своими строго определенными промышленными параметрами.

Развитие учения о рудных формациях, по нашему мнению, неразрывно связано с представлениями традиционной металлогении, так как именно Ю. А. Билибин в ряде своих работ обратил внимание на необходимость выделения рудных комплексов, явившихся в сущности прототипом рудных формаций. Он подчеркивал важное металлогеническое значение понятия о рудных комп-

лексах (рудных формациях) и в своих лекциях по металлогении в Ленинградском университете в 1950 г. прозорливо отмечал необходимость классификации рудных образований на крупные группы, устанавливая при этом наиболее контрастные особенности их сходства. Ныне вопрос о выделении рудных формаций не вызывает ни у кого возражений; главные разногласия связаны с объемом понятий, вкладываемых в этот термин. Считая вопрос о рудных формациях и их металлогенетическом значении для решения прикладных вопросов крайне важным и неразрывно связанным с представлениями традиционной металлогении, кратко остановимся на некоторых аспектах этой проблемы.

Напомним, что в настоящее время большинство исследователей под рудной формацией понимают группу рудных месторождений, которые близки между собой устойчивыми минеральными ассоциациями и образовались в близких (сходных) геологических условиях [157]. В. А. Кузнецов и его ученики считают, что месторождения в пределах одной формации должны принадлежать к одному генетическому типу и формироваться в близких геологических условиях [64]. Они отмечают, что их определение не отличается от предложенных ранее Е. Е. Захаровым и Р. М. Константиновым. Напомним, что Е. Е. Захаровым [1965 г.] было выделено 82 рудные формации, в пределах которых рудные месторождения объединялись на основе одинаковых геологических условий залегания, сходной морфологии рудных тел и близких минеральных ассоциаций. Тридцать лет тому назад (тридцать! даже трудно поверить!) нами была показана вся несостоятельность таких классификационных признаков, так как, используя их, можно рудные тела одного месторождения и даже одно тело отнести к различным формациям.

Анализ работ новосибирской школы рудников, возглавляемых В. А. Кузнецовым, показывает, что, широко используя в своих работах понятие «рудная формация», эти исследователи под близкими геологическими условиями в отличие от Е. Е. Захарова понимают не сходство конкретных геологических ситуаций (обстановок), в которых находятся месторождения, а прежде всего сходство тектоно-магматических условий (режимов) проявления тех или иных групп (формаций) месторождений. Об этом, в частности, свидетельствует и классификация эндогенных рудных формаций, предложенная В. А. Кузнецовым [64]. Очевидно, нет необходимости аргументировать положение о том, что сходные (или близкие) геологические условия локализации (по Е. Е. Захарову — залегания) месторождений не могут (не должны) отождествляться с близкими (сходными) тектоно-магматическими условиями (режимами) проявления рудных образований. В первом случае речь идет о сходстве геологического строения конкретных рудных полей и месторождений, во втором — о сходстве тектонических, тектоно-магматических режимов проявления (сходных и по ряду других признаков) месторождений. Геологическое строение месторождений и даже формирование месторождений в близ-

ких геологических условиях это не тектоническая обстановка (режим) их проявления — это существенно различные понятия. Если под «формированием месторождений в близких геологических условиях» прежде всего понимается характер тектонического режима, предопределяющего появление месторождений, то понятие «рудная формация» приобретает более четкий смысл.

Этот вопрос рассматривался нами ранее [157]. Отмечалось, что, уточняя определение В. А. Кузнецова, под рудной формацией следует понимать естественное сообщество рудных образований, объединяемых между собой сходными парагенетическими ассоциациями главных рудных минералов и тектоно-магматическими условиями проявления, а также близкими особенностями развития рудного процесса. Последнее обстоятельство, по нашему мнению, является очень важным, так как отражает специфические черты процессов рудообразования, свойственные месторождениям только определенных формаций. Нетрудно заметить, что это определение очень сходно с представлениями Ю. А. Билибина о рудном комплексе. Напомним (иногда полезно вспомнить светлые мысли наших предшественников и учителей), что под рудным комплексом (рудной формацией) Ю. А. Билибин понимал естественные сообщества или группы рудных месторождений, внутри которых месторождения объединены [157, с. 101]:

а) сходными парагенетическими ассоциациями главных рудных минералов (и металлов), определяющих промышленную ценность месторождений (при наличии постепенных переходов в минеральном составе между возможными крайними типами);

б) сходной тектоно-магматической обстановкой образования и генетической связью со сходными типами магматических пород (или в некоторых случаях отсутствием видимой связи с последними);

в) сходными пределами глубин и температур образования (при наличии непрерывных переходов по глубине и температуре образования между отдельными месторождениями внутри формаций);

г) сходными чертами промышленной характеристики.

Такое определение Ю. А. Билибиным понятия «рудная формация» полностью соответствует современным представлениям; оно подчеркивает два очень важных обстоятельства: во-первых, месторождения одной рудной формации характеризуются (а следовательно, выделяются) рядом признаков, из которых важное значение имеет сходная тектоно-магматическая обстановка образования; во-вторых, каждая формация имеет свою промышленную характеристику. На важность последнего обстоятельства обратил внимание еще С. С. Смирнов [157, с. 100] в своей классификации месторождений олова. Практическое значение выделения рудных формаций в последние годы неоднократно отмечал В. А. Кузнецов [64].

Таким образом, и это следует подчеркнуть, рудные месторож-

дения должны объединяться в рудные формации по ряду признаков, причем важнейший из них — формирование близких по минеральному составу месторождений в сходных тектоно-магматических условиях, определяемых единством тектонического режима, существовавшего в конкретном регионе при образовании месторождений. Это положение приобретает особое значение в настоящее время, когда стало очевидным, что рудные месторождения, известные в различных структурах земной коры, обязаны своим происхождением не только эволюции этих структур: многие из них связаны с развитием глубинных, мантийных частей планеты и проявляются в структурах земной коры независимо от их развития. При этом устанавливается, что коровые и мантийные месторождения могут формироваться одновременно, будучи совмещенными в пространстве в рудоносных структурах земной коры [158]. Это предъявляет особые требования к более детальному изучению тектонических условий формирования месторождений и установлению принадлежности конкретных месторождений к классу коровых или мантийных рудных образований.

Остановимся еще на одном важном вопросе: могут ли быть рудные формации конвергентными, как это полагают в последнее время некоторые исследователи [102], т. е. могут ли возникать в различных тектонических условиях сходные рудные формации. По нашим представлениям, такая постановка вопроса неправомерна в своей основе, так как одним из главных признаков месторождений одной рудной формации, а следовательно, и рудной формации в целом является признак сходства рудных образований по условиям тектонического (тектоно-магматического) режима их проявления. Если считать, что сходные (однотипные) рудные формации возникают в существенно различных тектонических условиях и могут быть конвергентными, то теряется смысл выделения рудных формаций, а само понятие «рудная формация» приобретает при этом совершенно иное значение. Поэтому рудные формации в современном понимании этого термина не могут быть конвергентными: это нонсенс; имеющийся фактический материал противоречит этому. Конвергентными образованиями могут быть отдельные сходные по минеральному составу месторождения и рудные тела, в пределах одной или разных формаций, возникшие в различной геологической обстановке и в разных физико-химических условиях. Сходство таких рудных образований заключается главным образом в близком минеральном составе руд и реже — в сходстве парагенетических ассоциаций. Некоторые рудные формации действительно проявляются в различных типах структурно-формационных и структурно-металлогенетических зон земной коры, однако это относится только к формациям мантийных месторождений, которые формируются независимо от эволюции структур земной коры и отчетливо накладываются на них. Однако это совершенно не свидетельствует о том, что рудные формации являются конвергентными образованиями и их

конвергентность — отражение одного из наиболее общих законов развития минеральных образований [102, с. 395].

Вопрос о конвергентности рудных формаций не праздный; он тесно связан с решением прикладных задач, в частности с направлением поисковых работ. Это обусловлено тем, что признание возможности существования конвергентных рудных формаций практически исключает из рассмотрения важную проблему промышленной характеристики формаций и использования этого признака при прогнозных исследованиях. Конвергентные формации теоретически должны иметь или одинаковые или разные промышленные параметры, а если это так, то во втором случае невозможно выделение месторождений наиболее перспективных формаций.

Действительно, в последние годы формационный анализ рудных образований и их объединение в определенные рудные формации являются одной из важных сторон металлогенических исследований, в особенности при характеристике закономерностей размещения рудных месторождений в конкретных регионах и прогнозной оценке рудоносных площадей. Это связано прежде всего с тем, что в настоящее время стал окончательно очевидным практический смысл выделения рудных формаций, который заключается в признании различной промышленной характеристики разных формаций.

В этой связи В. А. Кузнецов отмечал, что наборы или ряды рудных формаций определяют металлогенический тип рудных районов и провинций, а выделение рядов рудных формаций имеет большое практическое значение, позволяя целеустремленно ориентировать геологопоисковые работы на вероятные, еще не открытые в данном районе рудные формации. Именно это обстоятельство обуславливает необходимость выделения промышленных и непромышленных формаций, понимания под промышленными рудными формациями такие, где отдельные представители обычно имеют крупные параметры в одном или многих рудоносных регионах.

Р. М. Константинов [58] разработал специальные методы для выяснения особенностей, отличающих месторождения промышленных формаций от непромышленных. Нами эти вопросы и характеристика работ В. А. Кузнецова, Р. М. Константинова, Д. И. Горжевского, П. А. Строны и других освещались ранее в специальном исследовании [157]. В настоящее время важно подчеркнуть другое. Рудная формация, как основной классификационный элемент рудных образований, несет большую информацию прикладного значения. Это определяется следующими обстоятельствами:

- 1) каждая рудная формация, объединяющая группу сходных минеральных образований, характеризуется строго определенными промышленными параметрами и имеет определенное промышленное значение;
- 2) наборы или ряды рудных формаций определяют тип рудо-

носных территорий и их изучение позволяет прогнозировать не известные еще на конкретной территории месторождения [64];

3) промышленные рудные формации формируются в условиях строго определенного тектонического режима, который является наиболее благоприятным для проявления крупных (промышленных) месторождений, что позволяет при прогнозных исследованиях на новых территориях выявлять (прогнозировать) сходные геологические обстановки, в которых возможно открытие крупных месторождений;

4) рудные формации не только хорошие индикаторы тектонических режимов, существовавших в момент рудообразования, но они отражают особенности состава и строения тектоносферы конкретных рудных районов, знание которых путем изучения геохимических и геофизических их параметров позволяет проводить аналогии по глубинному строению с другими потенциально рудоносными территориями [64]. В особенности это важно для выявления мантийных месторождений;

5) наиболее крупные по масштабам представители промышленных рудных формаций являются эталонными рудными месторождениями, на которых, как правило, контрастно проявлены вертикальная и (или) горизонтальная зональность и знание особенностей которых имеет большое значение для поисково-оценочных работ в пределах рудных полей и районов, а также при оценке и разведке отдельных месторождений и рудных тел. Фундаментальное изучение таких эталонных месторождений ведущих промышленных рудных формаций имеет большое прикладное значение.

Таким образом, понятие «рудная формация» содержит в себе большую информацию прикладного значения, которую следует использовать прежде всего при прогнозных работах различного масштаба. «Рудная формация» — удачное понятие, в котором одновременно объединяются в настоящее время представления о тектоно-магматических условиях (режиме) образования рудных концентраций в земной коре и их минеральном составе, отражающем специфические черты процессов рудообразования конкретных формаций. Одновременно в это понятие вкладывается информация о промышленной характеристике месторождений. Иными словами, в современном понимании термин «рудная формация» — очень емкое понятие, отражающее важнейшие характерные особенности различных групп рудных образований, в том числе имеющие важное практическое значение. В отличие от этого представления о конвергентных рудных формациях исключают возможность использования понятия «рудная формация» в целях прикладной геологии.

Краткие выводы

1. Отечественная металлогеническая наука, используя представления ведущих исследователей рудных месторождений (В. А. Обручева, Д. И. Щербакова, С. С. Смирнова, Ю. А. Библина, В. И. Смирнова и многих, многих других) об особенностях размещения месторождений полезных ископаемых в структурах земной коры, прошла большой путь, в процессе которого анализ металлогении отдельных регионов и районов привел к созданию обобщающих представлений о металлогении земной коры, общих закономерностях проявления месторождений в пространстве и во времени, были разработаны основы металлогенического анализа, его главные принципы, признающие взаимосвязь всех геологических процессов, обуславливающих формирование и размещение месторождений; при этом предполагалось, что месторождения полезных ископаемых неразрывно связаны только с эволюцией геологических формаций и структур земной коры. Так родилась традиционная (классическая) металлогения, которую можно условно назвать «коровой» металлогенией или металлогенией земной коры [158]. Известный французский геолог П. Рутье это направление металлогенических исследований называет «библинским».

2. Методом классической металлогении изучены закономерности размещения месторождений полезных ископаемых в геосинклинально-складчатых областях, на платформах, областях тектономагматической активизации, срединных массивах, континентальных вулканических поясах. Выделены металлогенические типы этих крупнейших структур земной коры; в их пределах исследована металлогения структур более низких порядков, охарактеризованы разные типы структурно-металлогенических зон. В последние годы показано важное значение в локализации месторождений в структурах земной коры скрытых линеаментов и кольцевых структур. Все это вместе взятое имело и имеет большое значение и служит «компасом» при направлении поисковых работ. Получены первые представления о металлогении Мирового океана.

3. Важное значение имеет применение в металлогении формационного метода анализа геологических образований, развитие учения о рудных формациях и их прикладном значении. Это явилось прямым следствием совершенствования методов традиционной металлогении, что способствовало выявлению новых закономерностей размещения месторождений и их новых типов. Несомненной в настоящее время является связь металлогении с тектоническими процессами, определяющими всю совокупность геологических предпосылок, влияющих на размещение и формирование месторождений независимо от их генетического типа и возраста.

4. Традиционная (классическая) металлогения, ее принципы получили широкое распространение у нас в стране и за рубежом, они прошли проверку временем и показали возможность своего широкого использования для эффективного применения при вы-

явлении закономерностей размещения месторождений в земной коре и решении прикладных вопросов.

5. В то же время при широком анализе закономерностей размещения месторождений в некоторых структурах земной коры, прежде всего областях тектоно-магматической активизации и континентальных вулканических поясах, которые могут рассматриваться как своеобразный тип первых структур, выяснен двойственный характер металлогении и самих структур. С одной стороны, эти структуры возникают на консолидированной земной коре, с другой — отчетливо устанавливается большое значение глубинных, мантийных процессов в их образовании. При этом эндогенные месторождения имеют мантийные источники и накладываются на консолидированные структуры. Такая двойственность, отражающаяся в сочетании коровых и мантийных процессов, определяющих в конечном счете металлогеническое лицо указанных структур, с одной стороны, позволяет рассматривать их металлогению в рамках классических представлений о закономерностях размещения месторождений в земной коре, а с другой — требует более внимательного анализа указанных явлений и их осмысления с новых позиций.

Нелинейная металлогения: ее главная суть и значение. Эмбриональная рудоносность мантии

В предыдущей главе были рассмотрены основные вопросы традиционной (классической) металлогении, показаны значительные достижения советских исследователей в познании закономерностей размещения месторождений в структурах земной коры.

Однако, несмотря на достигнутый прогресс в изучении закономерностей размещения рудных месторождений, многие особенности их проявления в структурах земной коры не получили должного объяснения в рамках традиционных представлений. Почти в каждом даже хорошо изученном регионе известны месторождения, чьи тектонические условия проявления и принадлежность к определенным стадиям развития различных структур земной коры до сих пор остаются предметом острых дискуссий. Не удивительно, что расхождение во взглядах на природу месторождений в ряде случаев отражается на решении вопросов практической геологии, связанных с направлением поисковых работ. Причем это, как правило, относится к крупным по масштабам месторождениям богатых руд, представляющим особый промышленный интерес.

Анализ закономерностей размещения рудных месторождений, тектонические особенности проявления которых не укладывались в стандартные рамки известных металлогенических концепций, позволил по-новому подойти к пониманию некоторых причин локализации рудных месторождений в структурах земной коры. Стало очевидным, что представления традиционной металлогении в настоящее время требуют дополнения и корректировки.

Прежде всего следует отметить, что в последние годы исследователями разных школ и направлений как в нашей стране, так и за рубежом получен новый фактический материал, свидетельствующий о значительно более сложном характере взаимоотношений рудных месторождений со структурами земной коры, чем это предполагалось ранее; доказывается, что многие магматические образования и отдельные группы рудных месторождений связаны с подкорковыми, мантийными оболочками Земли, которые являются источниками специализированных рудоносных магм и рудного вещества. Это наиболее отчетливо устанавливается для хромитовых, медно-никелевых, колчеданных, ртутных, сурьмяных и флюоритовых месторождений [33, 34, 49], некоторых месторождений

олова, вольфрама и бора [9, 10, 48, 49]. В пределах рудоносных структур Тихоокеанского сегмента Земли мантийные источники рудного вещества предполагаются (часто доказываются) для медно-молибденовых, золото-серебряных, «экзотических» ртутно-сурьмяно-вольфрамовых и золото- и серебряно-флюоритовых месторождений. Представления о связи указанных групп рудных образований с подкоровыми оболочками планеты основаны не только на общегеологических (тектонических) данных и анализе пространственно-временных соотношений оруденения с магматическими породами, для которых допускается мантийное происхождение, но в настоящее время они аргументируются результатами «тонких» аналитических и геохимических исследований, в том числе данными изотопного анализа.

Новые интересные материалы о связи рудных месторождений с глубинными зонами Земли получены при изучении Мирового океана: в частности, в молодых рифтовых зонах, развивающихся на океанической коре, открыты осадочно-гидротермальные проявления свинца и цинка — современные аналоги колчеданных месторождений. В тихоокеанских вулканических дугах установлены значительные содержания олова, меди, ртути в некоторых типах мантийных пород и их производных [11]; получены новые данные о рудоносности подкоровых зон [138].

Особенно отчетливо связь эндогенных рудных месторождений с глубинными оболочками планеты — базитовым субстратом земной коры и верхней мантией — проявляется в пределах Тихоокеанского сегмента Земли [26, 31, 76]. Это, по-видимому, обусловлено особенностями глубинного строения сегмента, для многих регионов которого характерны отсутствие гранитного слоя или уменьшенная его мощность, развитие океанической коры и неглубокое залегание мантии, иногда с выведенными на поверхность ее блоками. На это обстоятельство в последние годы обращалось внимание многими исследователями [12, 31, 50, 97, 158].

Особенности размещения рудных месторождений в тихоокеанских регионах часто не укладываются в рамки представлений «традиционной металлогении», так как многие из них проявляются независимо от развития геосинклинально-складчатых областей и платформ и накладываются на них. Сходные ситуации наблюдаются и в других рудных провинциях мира, где определенные группы месторождений, например хромитовые, флюоритовые, ртутные, неразрывно связаны с производными палеомантии. Эти и многие другие данные в совокупности свидетельствуют о том, что определенные группы эндогенных рудных месторождений обязаны своим происхождением не развитию верхней оболочки Земли — земной коре, а процессам, протекавшим на значительных глубинах в мантийных частях планеты, и функционированию подкоровых магматических очагов и их рудоносных дериватов.

Анализ особенностей размещения эндогенных рудных месторождений в земной коре, в особенности значительных по масштабам, показывает, что в настоящее время наряду с «традиционной

металлогенией», занимающейся изучением закономерностей проявления рудных месторождений в связи с эволюцией конкретных структур земной коры, процессами осадконакопления, корового магматизма и метаморфизма, назрела необходимость более глубокого и всестороннего исследования вопросов связи рудных месторождений с подкоровыми зонами Земли и закономерностей локализации «мантийных» месторождений в структурах земной коры. Это направление металлогенического анализа целесообразно назвать «нелинейной металлогенией», подчеркнув этим термином (вслед за другими науками, например нелинейной акустикой и оптикой) отсутствие прямых, линейных зависимостей (закономерностей) между определенными природными явлениями, в данном случае между эволюцией определенных структур земной коры и проявляющимися в их пределах «мантийными» рудными месторождениями.

Иными словами, под «нелинейной металлогенией» нами понимается такое направление металлогенических исследований, которое ставит главной целью выявление закономерностей размещения и формирования в структурах земной коры рудных месторождений, для которых предполагается (устанавливается) их связь с мантийными зонами литосферы. Эти месторождения могут быть названы мантийными, так как главный источник рудного вещества и рудоносных флюидов, а также магматические породы, с которыми они ассоциируют, являются производными подкорового субстрата. Одной из важнейших задач нелинейной металлогении является установление особенностей влияния коровых структур, вещества земной коры, ее разных типов структурно-формационных зон на размещение мантийных месторождений в структурах земной коры, их минеральный состав и морфологию (структурный тип).

Вернемся к вопросу, почему нами применяется термин «нелинейная металлогения», какой смысл вкладывается в это понятие? Тем более, что слово «нелинейность» может восприниматься как противопоставление линейным зонам, линейным, вытянутым структурам, подразумевая металлогению кольцевых или блоковых структур. Однако все обстоит совершенно иначе и понятие «нелинейная металлогения» означает прежде всего нарушение прямых, линейных зависимостей (связей) между определенными геологическими явлениями (величинами), которую можно отобразить на графике прямой линией. Если в соответствии с представлением традиционной металлогении на одной оси показать этапы развития земной коры и характерные для них структуры, а на другой — соответствующие им группы месторождений, возникающие в связи с их развитием, то зависимость между структурами и месторождениями на таком графике будет изображаться прямой линией или будет, иными словами, линейной. В металлогении проявление мантийных месторождений в структурах земной коры нарушает прямую (линейную) зависимость в закономерностях проявления эндогенных месторождений в верхней оболочке

литосферы, так как мантийные месторождения не связаны с эволюцией ее геологических структур и отчетливо накладываются на них. Именно поэтому раздел металлогении, изучающий особенности проявления мантийных месторождений в структурах земной коры, взаимоотношение коровых и мантийных месторождений, влияние земной коры, ее вещества и структур на локализацию глубинных (мантийных) рудных образований, и назван нами нелинейной металлогенией.

Ранее нами отмечалось, что нелинейная металлогения как самостоятельное направление анализа закономерностей размещения рудных месторождений в земной коре характеризуется несколькими главными принципами, которые необходимо учитывать при проведении исследований [158]. Прежде всего для нелинейной металлогении по-прежнему остается ведущим главный принцип научного естествознания, требующий изучения геологических процессов (явлений) в их тесной взаимосвязи и обусловленности. Известный главный принцип регионального металлогенического анализа, сформулированный Ю. А. Билибиным [17, 18] и долгие годы служивший идейной основой современной металлогении, для целей нелинейной металлогении требует определенного уточнения, так как он относится к процессам минерализации, связанным только с геологическим развитием земной коры. Напомним, что этот основополагающий принцип Ю. А. Билибина гласит: «Процессы минерализации, ведущие к возникновению минеральных, и в частности рудных, месторождений, представляют одну из сторон единого и сложного процесса геологического развития земной коры. В своем историческом развитии они теснейшим образом взаимосвязаны с другими сторонами того же процесса, т. е. осадконакоплением, тектоническими движениями (развитием структур), магматической деятельностью и метаморфизмом. Процессы минерализации могут и должны изучаться лишь в своем историческом развитии и в теснейшей взаимосвязи со всеми другими сторонами процесса геологического развития земной коры» [17, с. 13].

Этот принцип, безусловно, верен при изучении коровых месторождений, возникающих в процессе геологического развития (эволюции) земной коры, но при выявлении закономерностей размещения мантийных месторождений с позиций нелинейной металлогении должен быть скорректирован. Последнее связано с тем, что особенности развития структур земной коры и процессы осадконакопления, магматизма и метаморфизма, происходящие в верхней оболочке литосферы и ее формирующие, не определяют появления мантийных месторождений, хотя, несомненно, оказывают на их локализацию и минеральный состав существенное влияние.

Исходя из представлений нелинейной металлогении, главный принцип этого направления следует сформулировать таким образом: «Формирование рудных месторождений является одной из сторон геологического развития тектоносферы и связано с эволюцией различных ее оболочек. Для мантийных месторождений, ко-

которые представляют собой результат развития глубинных, подкоровых слоев, структуры земной коры являются только рудовмещающими, на которые накладываются мантийные рудные месторождения, принимая в дальнейшем участие в сложном процессе геологического развития земной коры (прежде всего в процессах осадконакопления и метаморфизма)». Проявление мантийных месторождений в структурах земной коры носит двоякий характер: с одной стороны, они связаны с подкоровыми зонами тектоносферы и их формирование в земной коре, ее различных структурах и формационных зонах, зависит только от эволюции мантийных магматических очагов или глубинных трансмагматических флюидов, а с другой — структуры земной коры оказывают огромное влияние на размещение мантийных месторождений в благоприятных для оруденения структурах, прежде всего в зонах глубинных разломов. Коровые процессы осадконакопления и магматизма непосредственно не влияют на появление мантийных месторождений и не определяют их первичную геохимическую природу.

Главные положения нелинейной металлогении, составляющие основу анализа размещения мантийных месторождений в структурах земной коры, следующие.

1. Формирование рудных месторождений, являющихся главным предметом анализа нелинейной металлогении, обусловлено процессами, происходящими в подкоровых (мантийных) слоях литосферы. Месторождения могут быть связаны с магматическими дифференциатами мантийных очагов или трансмагматическими потоками глубинных флюидов. Эти рудные образования, именуемые мантийными, возникают в процессе эволюции подкоровых оболочек Земли. Их особенность — независимое от структур земной коры проявление и отчетливо наложенный характер на коровые структуры, представленные различными типами и рангами.

2. Для понимания особенностей нелинейной металлогении важны представления о параллельном характере проявления геологических процессов в земной коре, в первую очередь рудных месторождений, связанных с развитием мантийных рудогенерирующих очагов [7, 9, 10, 138]. Параллельное (одновременное) проявление мантийных магматических и рудных процессов устанавливается в некоторых рудных провинциях и рудных районах в пределах разных структурных элементов земной коры, что свидетельствует о достаточно широких его масштабах. Такой характер проявления мантийных производных в структурах земной коры согласуется с «принципом параллельного развития геологических процессов».

3. Структуры земной коры и образующие их осадочные, магматические, метаморфические и рудные формации, являются для мантийных рудных месторождений только своеобразной «ареной» их проявления.

Размещение магматических и рудных мантийных образований в земной коре подчиняется принципу интерференции, принципу усложнения влияния различных геологических факторов (явлений)

на проявление и локализацию мантийных месторождений. Если при традиционном металлогеническом анализе задача состоит в выявлении связей месторождений только с коровыми структурами, представленными главным образом различными типами структурно-формационных зон, то «нелинейная металлогения» помимо задач установления закономерностей проявления мантийных рудных месторождений в связи с особенностями строения подкоровых слоев тектоносферы одновременно решает задачи «взаимодействия» этих месторождений со структурами земной коры и выявления роли последних в их локализации. Эта сложная проблема требует разработки особых методических приемов и новых «экспресс-способов» изучения глубинного строения рудных районов.

Таким образом, уже в начале своего пути нелинейная металлогения взяла «на вооружение» определенные принципы и представления, которые являются основой ее построений в настоящее время. И только в настоящее время, так как изучение мантийных рудных месторождений, точнее закономерностей их размещения в структурах земной коры исходя из главных представлений нелинейной металлогении только начинается и, несомненно, дальнейшее изучение этой проблемы приведет к новым, порой, очевидно, неожиданным результатам. Следует подчеркнуть, что нелинейная металлогения не противопоставляется другим направлениям металлогенического анализа, и прежде всего «коровой металлогении», изучающей закономерности размещения рудных месторождений, сформированных в результате процессов образования геологических формаций земной коры. Представления нелинейной металлогении в настоящее время признаны далеко не всеми исследователями, во многом они еще, действительно, дискуссионны и поэтому вызывают критические замечания [161].

Для решения многих вопросов нелинейной металлогении, в особенности связанных с пониманием размещения мантийных месторождений в структурах земной коры, большое значение имеет знание признаков мантийных месторождений и характера источников их рудного вещества. В настоящее время накоплен значительный материал по этой проблеме с признанием во многих работах [10, 48, 49, 78, 158] существования реальных подкоровых источников рудного вещества и аргументацией этого положения новым фактическим материалом.

Недавно В. И. Смирнов [115] подчеркнул, что в последние годы резко увеличилась информация о глубинных оболочках Земли, которую необходимо учитывать при расшифровке условий образования эндогенных руд, включая в орбиту анализа данные о подкоровых областях литосферы, и прежде всего о верхней мантии. Такая постановка вопроса полностью соответствует совершенствованию представлений нелинейной металлогении и требует более глубокого подхода, казалось бы, к сугубо теоретической проблеме источников рудного вещества. В ряде работ В. И. Смирнов [115, 116] показал, что по источникам рудообразую-

шего вещества эндогенные месторождения минерального сырья принято разделять на три группы:

1) месторождения с рудообразующим веществом внемагматического происхождения, мобилизованным химически активными горячими водными растворами, фильтрующимися сквозь различные горные породы верхних частей земной коры;

2) месторождения с рудообразующим веществом ассимиляционного происхождения, связанным с полигенной гранитоидной магмой земной коры;

3) месторождения с рудообразующим веществом, поступившим из ювенильной базальтоидной магмы глубинного подкорового происхождения.

Рассматривая третью группу месторождений, В. И. Смирнов отмечает, что подобные месторождения возникают в условиях устойчивого растяжения участков земной коры, которые проявляются наиболее отчетливо на ранней собственно геосинклинальной стадии и в рифтовых зонах. В обоих случаях земная кора в зонах рудообразования имеет незначительную мощность, точнее, по современным данным, в трогах эвгеосинклиналей и в рифтовых зонах практически отсутствует континентальная кора и в виде субстрата проявляется палеокора океанического типа. В указанных зонах широко развиты эндогенные месторождения, тесно связанные с эволюцией базальтоидной магмы, которая возникает в магматических резервуарах нижних слоев базальтового слоя или мантии. К этим месторождениям относятся магматические хромитовые с осмием и иридием в связи с ультраосновными комплексами, платины и титаномагнетитовые в связи с габброидами, а также осадочно-гидротермальные колчеданные месторождения в связи с субмаринными вулканогенными комплексами.

В. И. Смирнов справедливо отмечает, что для первых двух групп месторождений глубинные источники рудного вещества не вызывают сомнений. Для колчеданных месторождений этот вопрос более сложен, однако изучение изотопного состава серы в колчеданных месторождениях различного возраста практически однозначно показывает, что «соотношение изотопов серы в сульфидах большинства колчеданных месторождений отличается узким диапазоном вариаций, приближением к метеоритному стандарту, несколько повышенным количеством тяжелого изотопа и изолированным положением за пределами биогенной серы. Все это однозначно свидетельствует о первичном магматическом, скорее всего, мантийном источнике серы колчеданных месторождений» [11, с. 162].

На платформах В. И. Смирнов выделяет три группы месторождений, для которых он предполагает мантийные источники рудного вещества: медно-никелевые месторождения в связи с траппами, алмазоносные кимберлиты и редкоземельные месторождения в связи с массивами ультраосновных щелочных пород. О глубинном происхождении этих месторождений свидетельствуют данные по изотопному составу серы и углерода и физические параметры обра-

зования минералов и пород. Ранее нами отмечалось, что для рудных месторождений областей тектоно-магматической активизации мы вправе говорить о глубинных, подкоровых источниках рудного вещества [158]. При этом для месторождений Забайкалья это положение аргументировалось результатами изучения состава серы в сульфидах молибденовых, вольфрамовых и флюоритовых месторождений, где гомогенность и близкий к метеоритному состав серы свидетельствуют достаточно определенно о ее подкоровом источнике [158].

В последние годы для многих рудных месторождений разных регионов доказывалась их связь с мантийными источниками. Причем это не только рудные образования, связанные с ультраосновными и основными магмами, но и оловянные, вольфрамовые, молибденовые, золоторудные, ртутные, флюоритовые и другие месторождения, ассоциирующие с кислыми и щелочными породами. Так, В. Л. Барсуков и Д. В. Дмитриев [9, 10] предложили новую модель образования оловоносных диорит-дацитовых и дацит-липаритовых комплексов из мантийного субстрата и показали, что эти рудоносные породы возникли из подкоровых гранатовых пироксенитов, обогащенных рудным веществом.

Недавно группа японских исследователей [168] опубликовала интересный материал по геохимии фтора в базальтах из континентальных и океанических районов. Они проанализировали более 300 образцов различных базальтов и связанных с ними пород из континентальных (Юго-Запад США, Заир, Деканское плато и Южная Африка) и океанических регионов (Гавайи, Срединно-Атлантический хребет между 23° с. ш и 40° с. ш.). Было показано, что из всех главных компонентов этих пород фтор хорошо коррелируется только с K_2O . Содержание фтора обычно увеличивается от толеита к субкалиевому базальту на континентах и от толеита к нефелиниту на Гавайских островах. Предполагается, что фтор первоначально фиксируется во флогопите из верхней мантии, который содержит около 10 % K_2O ; 0,4 % (0,3—0,5 %) F и 4 % H_2O . На основании отношений H_2O/F делается вывод о том, что различные типы базальтовых магм возникли в результате частичного плавления мантийных перидотитов; показано, что они меняют свой химический состав в процессе фракционирования при продвижении к земной поверхности.

Типоморфными месторождениями, для которых доказывалась современными методами связь с мантийными зонами, являются ртутные месторождения, в меньшей степени флюоритовые и ртутно-сурьмяно-вольфрамовые, иногда объединяемые в одну группу эпитермальных месторождений. Вопросы связи ртутных месторождений с мантийными зонами Земли наиболее детально рассмотрены в работах Н. А. Озеровой, В. А. Кузнецова и А. А. Оболенского [78]. Н. А. Озеровой [78] показано, что ртуть неразрывно связана с глубинными частями Земли, о чем свидетельствуют данные о повышенных содержаниях ртути в кимберлитах (до $n \cdot 10^{-4}\%$) и присутствие киновари в трубке Ленинград-

ской. Известно, что в вулканических газах на Гавайских островах ртуть фиксируется в заметных количествах, а сами очаги базальтоидных магм имеют мантийное происхождение.

Предположение о том, что ртуть генерируется верхней мантией, достаточно реально. Об этом свидетельствуют и повышенные содержания ртути в мантийных породах рифтовых зон района Азорских островов и высокие содержания ртути в углистых хондритах [78, с. 37]. Известно, что эти месторождения связаны с зонами глубинных разломов, которые часто проявляются в поясах развития гипербазитовых пород, а также в связи с зонами колчеданных субмаринных месторождений, для которых доказывается подкоровая природа рудного вещества. Н. А. Озерова вслед за В. А. Кузнецовым [78] достаточно убедительно показала, что ртуть имеет мантийное происхождение и проявляется на земной поверхности в связи с процессами дегазации глубинных зон планеты. Допускается, что первичная мантия по составу близка к каменным метеоритам — хондритам. Известно, что уровень содержания ртути в этих породах значителен: среднее $2 \cdot 10^{-4}$ (при кларке $4,5 \cdot 10^{-6}\%$) без учета углистых метеоритов, где содержания ртути еще более высокие.

Во многих районах месторождения ртути и флюорита тесно ассоциируют в пространстве с дайками щелочных основных пород, производными мантийных очагов. А. А. Оболенский [1970 г.] показал, что для таких дайковых комплексов характерны недосыщенность кремнеземом, высокая магнезиальность и щелочность пород при высокой обогащенности CO_2 , F, P_2O_5 , H_2O . Дайки характеризуются многочисленными ксенолитами мантийных пород или их реститами.

В последнее время появились интересные данные о глубинных источниках золота ряда месторождений. Так, например, для золото-сульфидной минерализации Западного Узбекистана, развивающейся среди осадочных пород, месторождений Приамурья и Приморья доказывается по данным изотопного состава серы глубинный (мантийный) ее источник, так как изотопные соотношения серы в сульфидах этих месторождений соответствуют метеоритному стандарту [98]. В. И. Гончаров пришел к выводу о том, что золото-серебряные месторождения, связанные с вулканическими поясами Тихоокеанского рудного пояса, источником рудного вещества имеют мантийную базальтоидную магму, эволюционировавшую при подъеме и в процессе развития периферических очагов вплоть до появления кислых расплавов.

В плане нелинейной металлогении приобретает большое значение исследование М. И. Ициксона [50] по металлогенической зональности Тихоокеанского сегмента Земли, в котором показано, что эволюция магматизма и эндогенной металлогении теснейшим образом связана с процессами формирования глубинной структуры земной коры и верхней мантии и закономерно отражает особенности этих процессов. Здесь следует отметить, что Тихоокеанский сегмент Земли — уникальная структура, одной из особен-

ностей которой является тесное переплетение коровых и мантийных процессов, и именно в этой глобальной рудоносной структуре наиболее отчетливо проявляются все характерные черты нелинейной металлогении, важная роль мантийных процессов в формировании месторождений и нарушение канонизированных представлений классической металлогении.

Изучение «тонких» особенностей мантийных месторождений, их минерального состава и геохимии позволяет выявить крайне интересные признаки, которые прямо, реже косвенно указывают на глубинные источники образования руд. Как интересный пример этого следует упомянуть «ювелирные» исследования минерального состава оловорудных месторождений Приморья и ряда других регионов, выполненные Г. А. Осиповой. В касситеритах этих месторождений были установлены мельчайшие минералы-узники, представленные хромитом, ильменитом, рутилом и анатазом. Детальное изучение хромитов показало, что они близки хромитам из дунитов Южного Крака и Халиловского массива (Урал). Г. А. Осипова и соавторы [86] считают, что источником хрома, титана и ванадия в оловянных рудах не могут быть коровые граптоиды, с которыми многие исследователи генетически связывают оловянные месторождения сульфидно-силикатной формации. Они полагают, что хром и другие рудные элементы связаны с верхней мантией и транспортируются со значительно больших глубин, чем очаги коровых гранитоидов.

Говоря о «тонких» признаках мантийных месторождений, следует отметить результаты изучения турмалинов из различных групп оловорудных месторождений. В частности, Н. В. Гореликовой [35] было установлено, что для турмалинов оловянных месторождений Комсомольского и Кавалеровского районов, для которых допускается их связь с мантийными источниками, устанавливаются повышенные содержания Cr, V, Ni, Ti, Mn наряду с Sn, тогда как турмалины из месторождений касситерит-пегматитовой формации характеризуются другим парагенезисом микроэлементов: Ta, Nb, Sc, Ga, Sn, Be. Для турмалинов месторождений касситерит-кварцевой формации характерен такой парагенезис микроэлементов: Sc, Ga, Sn, V. Представляется не случайным присутствие в турмалинах месторождений Дальнего Востока таких элементов, как Cr, Ni, Ti и V — характерных элементов мантийных зон. Исследованиями показано [35], что парагенезис сидерофильных и халькофильных элементов в турмалинах из грейзенов Приморья и Комсомольского рудного района свидетельствует о фемическом профиле минерализации в этих районах и глубинном источнике рудного вещества.

Следует отметить, что в последние годы в ряде работ доказывается важное значение отношения K/Rb для понимания связей оруденения с различными магматическими источниками. Н. В. Гореликовой получены результаты, свидетельствующие о том, что индикаторные отношения в магматических породах и гидротермалитах Комсомольского оловорудного района и Приморья выше

типичных коровых и ниже базальтовых, причем более высокие значения характерны для гидротермалитов Приморья, что указывает на значительные (мантийные?) глубины зарождения оловяносных магм. Здесь интересно обратить внимание на то, что в другом оловорудном регионе — Восточном Забайкалье, где широко развиты высокотемпературные касситерит-кварцевые месторождения, из их числа всегда выделялось по минеральному составу и характеру проявления в трубке турмалинизированных взрывных breccий месторождение сопки Большой в Шерловогорском рудном районе. Оказалось, что для турмалинов этого месторождения характерны максимальные значения Ni и Cr, а значения индикаторного отношения K/Rb указывают на глубинные источники магматических пород.

Рассматривая некоторые особенности мантийных месторождений, аргументацию их связи с подкоровыми слоями литосферы, следует остановиться на взаимоотношениях этих месторождений с магматическими породами. В этом плане важными являются результаты исследований В. Л. Барсукова и др. [11, 25] по геохимии мафических пород различных структурно-тектонических зон океанов, в особенности новые данные по металлоносности мантии и выяснению уровней концентрации рудных элементов в мантийных породах. Этими исследованиями установлен неоднородный характер содержаний олова, меди, ртути в базальтах и глубинных ксенолитах вулканов Сьерре (Атлантика) и Солт-Лейк (Тихий океан). В то же время содержания этих элементов в некоторых типах мантийных пород и их производных оказались близкими к их средним содержаниям в земной коре. Это относится также к таким элементам, как серебро и золото, что было доказано для основных пород островных дуг Филиппинского бассейна, которые характеризуются в неизменных разностях метеоритным значением ^{34}S , указывавшим на мантийный характер их образования. Отсюда вытекает очень важный вывод о различной металлоносности мантийных пород и их потенциальной рудоносности на указанные элементы.

Одним из важных аргументов в пользу активной рудоносности мантийных пород являются результаты изучения древних и молодых коматиитов, с которыми ассоциирует пестрый спектр рудных месторождений. Как считают многие исследователи, коматииты — типичные образования мантийных зон. С ними в различных регионах оказываются связанными никелевые, платиновые, медные, сурьмяные и золоторудные месторождения. С. С. Зимин [45, 46] на примере Тихоокеанского пояса отчетливо показал значительную рудоносность интрузивных офиолитов и их вулканогенных эквивалентов. Он приводит интересные данные по корреляции рудных элементов мантийного профиля (Ni, Cr, Co, V, Cu) с ультраосновными породами, габбро и коматиитами на Северо-Востоке СССР, подчеркивая мантийный характер этих магматитов; он отмечает неоднородность строения палеомантии на Востоке СССР.

Вопросы внутреннего строения Земли рассмотрены в интересной и достаточно сложной работе Н. Л. Добрецова [38]. Из многих выводов этой работы для целей теоретической металлогении и развиваемых нами представлений о нелинейной металлогении особенно важными являются два вывода. Первый заключается в том, что исходя из модели гравитационной дифференциации внешние оболочки планеты не являются постоянными, они во времени меняют свой состав и строение, а следовательно, и свою геохимическую и металлогеническую специализацию, которая не остается для конкретных участков тектоносферы и ее отдельных геосфер всегда постоянной на протяжении геологической истории Земли. Второй вывод связан с доказательством возможности образования в мантии средних и кислых магм, в первую очередь в зонах перехода континентальной коры в океаническую.

Естественно предположить, что для средних и кислых мантийных магм характерен и свой специфический комплекс рудных элементов, близкий коровым магмам верхних оболочек планеты (Sn, W, Mo, Au, Ag). Этот вывод находит практическое подтверждение при конкретном изучении рудных провинций Востока Азии и рудоносности вулканических поясов разных типов этого региона [26]. Добавим, что Л. В. Таусон [130] рассмотрел геохимическую природу и металлогению латитовых серий базальтоидных пород, с которыми в пределах Тихоокеанского сегмента Земли связаны многочисленные рудные месторождения, и показал их связь с мантийными источниками и высокую потенциальную рудоносность.

Таким образом, в настоящее время уже имеется значительный фактический материал о том, что источниками рудных веществ и рудоносных магматических пород служат подкоровые, мантийные оболочки планеты. В связи с этим нельзя не упомянуть некоторые интересные зарубежные исследования, в которых доказывается связь гранитов и оруденения с подкоровыми зонами литосферы. Так, А. Рутенберг и Л. Файф [179] в провинции Нью-Брансуик (США) выделяют мантийные граниты, с которыми ассоциируют месторождения молибдена, меди, свинца и цинка. Д. Ватсон [184] подчеркивает возможность связи месторождений олова, бора и фтора с кислыми интрузиями глубинного происхождения.

Большой интерес представляет работа сотрудников ИГЕМ АН СССР [48], обобщившая многие важные вопросы проблемы источников рудного вещества, приобретающей в настоящее время первостепенное значение для металлогении. По мнению ее авторов, новый фактический материал позволяет с достаточной уверенностью прийти к заключению о существовании следующих главных источников рудного вещества [48, с. 20].

А. Подкоровые источники

- I. Первичная мантия. Толейтовые магмы континентальных областей
- II. Истощенная мантия. Толейтовые магмы океанических областей
- III. Обогащенная мантия. Щелочная и кимберлитовая магмы

- I. Магматические. Известково-щелочная магма. Силлическая магма
- II. Внемагматические

Такое подразделение источников рудного вещества на крупные группы, конечно, в достаточной мере условно, но вместе с тем оно отражает в общем виде большую сложность и многогранность в соотношениях мантийных и коровых образований, служащих источниками рудного вещества, в особенности если принять во внимание реальную возможность «смещения» источников рудного вещества и различные пути его мобилизации. Во всяком случае в настоящее время совершенно очевидно, что проблема источников рудного вещества имеет большое значение для решения металлогенических проблем, ибо познание источников и условий мобилизации рудного вещества с учетом комплекса геолого-тектонических ситуаций проявления месторождений открывает новые пути для выявления общих закономерностей размещения месторождений в структурах земной коры. При этом появляется возможность на основе физико-химических данных (изотопного анализа, изучения состава флюидов, температур и давлений, при которых формируются месторождения и т. д.) более корректно выявить коровую и мантийную природу рудного вещества.

О связи рудных месторождений с неоднородностями в мантии в последние годы появились интересные публикации. К ним, например, относится уже упоминавшаяся работа Д. Ватсона [184], который настойчиво проводит мысль о связи ряда рудных месторождений с неоднородностями в подкоровых оболочках. К таким месторождениям он относит месторождения хрома, платины, никеля, а также олова и урана; для последних Д. Ватсон допускает коровые источники, которые, однако, начинали «функционировать» только при воздействии летучих, поступавших из подкоровых (мантийных) очагов. Он подчеркивает, что впервые идея о связи хромитовых месторождений и их масштабах в зависимости от нижележащей мантии была выдвинута С. Ангессером в 1974 г. На примере Южной Африки он показал, что в течение 1,5 млрд. лет хромитсодержащие интрузии локализовались в структурах силлической коры, расположенных над мантийной областью, обогащенной хромом. Возможно, допускает Д. Ватсон, что мантия была аномально обогащена кислородом, который определял поведение хрома во время частичного плавления или дифференционной кристаллизации рудоносных мантийных магм. Д. Ватсон указывает также на возможность существования «никелевых» неоднородностей в мантии, предопределяющих положение сульфидных никелевых месторождений. При этом он ссылается на территорию Канады, где располагаются месторождения никеля, заключающие в себе более половины мировых запасов этого металла. Д. Ватсон высказывает предположение, что мантия геохимически неоднородна в масштабе сотен километров, причем геохимические аномалии уже харак-

терны для архейской мантии и они существовали в течение 1—2 млрд. лет.

Д. Л. Андерсон [167] подчеркнул неоднородность строения мантии как в латеральном направлении, так и по радиусу планеты. По его мнению, самая нижняя мантия обогащена кальцием и алюминием и обеднена марганцем по сравнению с остальной мантией, причем примитивная глубокая мантия обогащена, кроме того, тугоплавкими рассеянными элементами: вольфрамом, ванадием, ниобием, стронцием, редкоземельными элементами, ураном и торием. Так как в мантии этот тугоплавкий материал менее плотен, чем ферромагнетизальные силикаты, он будет подниматься до тех пор, пока фазовые изменения и потеря фракции с низкой температурой плавления не создадут равновесие плотности. Существует много сейсмических признаков того, что самые нижние 200 км мантии контрастно неоднородны.

Как хорошо известно, о составе глубинных слоев литосферы или мантийного субстрата мы можем судить главным образом по косвенным признакам. В немногих случаях устанавливается, что породы мантии выходят на земную поверхность в палеорифтовых зонах или слагают некоторые острова и обнажаются в глубоководных желобах в Тихом океане. Как правило, о составе мантии мы судим по глубинным включениям (ксенолитам мантийных пород) в продуктах вулканических извержений современных и палеовулканов, ксенолитам в кимберлитовых трубках и дайках, результатам экспериментальных исследований и, наконец, по составу метеоритов и получаемой в последние годы принципиально новой информации о химическом, минералогическом и изотопном составе вещества планет Солнечной системы, прежде всего Луны, Марса и Венеры [8, 74]. Эта данные в совокупности однозначно показывают, что верхняя мантия неоднородна по составу, причем эта неоднородность фиксируется как на глубину, так и по площади.

Известно также, что в основных и ультраосновных породах, для которых предполагается их мантийное происхождение, гетерогенность проявляется в наличии (в крупных объемах пород) каплевидных выделений рудных минералов [7, 73, 145]. Большинство исследователей полагает, что экстракция рудного вещества из мантии, концентрация его в промежуточных магматических очагах обусловлена воздействием на вещество мантии флюидных потоков [145]. Флюиды в мантийных породах фиксируются по результатам изучения газовых и газовой-жидких включений в первичных пороодообразующих минералах. Так это или иначе, однозначно утверждать в настоящее время еще нет должных оснований: наши представления о составе, строении и эволюции глубинных частей планеты находятся в стадии различно аргументированных гипотез. Тем не менее уже сейчас не вызывает сомнений факт расслоенности глубинных зон Земли и их неоднородность по горизонтали и радиусам планеты. В. Л. Барсуков [8] полагает, что наиболее важные особенности строения и состава оболочек Земли

были заложены еще в догеологический и раннегеологический периоды, а вся фанерозойская история — это лишь дальнейшее развитие тех особенностей состава и строения, которые формировались на заре существования Земли и предопределили всю ее дальнейшую геохимическую и рудную эволюцию.

Иными словами, в настоящее время уже накоплен значительный фактический материал о связи рудных месторождений с мантийными, глубинными частями нашей планеты. Можно говорить по крайней мере о семи крупных группах эндогенных месторождений, для которых достаточно убедительно аргументируются представления о их связи с глубинными мантийными источниками рудного вещества. К таким мантийным месторождениям относятся следующие: хромитовые, медно-никелевые, колчеданные, некоторые оловянные и вольфрамовые, молибденовые и медно-молибденовые (главным образом порфирирового типа), золото-серебряные, ртутные, сурьмяные и флюоритовые «эпитермального» типа.

Кроме того, мантийные источники вещества доказываются для алмазонасных кимберлитов и редкоземельных карбонатитовых месторождений. Практически все мантийные месторождения связаны с зонами растяжения и крупными разломами в континентальной земной коре. Отметим, что в гидротермальных месторождениях, для которых предполагаются мантийные источники вещества, главные элементы переносятся в виде комплексных сложных соединений в водных растворах или флюидах. Монометалльные формы переноса рудных элементов, как правило, более характерны для коровых месторождений, прежде всего оловянных, вольфрамовых, молибденовых, золоторудных и др.

Из анализа минерального состава месторождений эмпирически устанавливается в мантийных месторождениях частое присутствие кобальтовых минералов или проявления кобальтового оруденения в виде самостоятельных рудопроявлений в рудных полях мантийных месторождений. По геологическим данным кобальт является индикатором рудных месторождений мантийного происхождения. Это обстоятельство подтверждается интересными исследованиями Л. И. Когарко [55] по отношению Ni/Co в магматических расплавах. Л. И. Когарко рассчитаны коэффициенты распределения никеля и кобальта в минералах, а также отношения Ni/Co в выплавляемых из пород мантии магмах. Оказывается, что первичные магмы, являющиеся результатом плавления мантии, характеризуются отношением Ni/Co, варьирующим от 2,2 до 7,6, при этом отношения Ni/Co становятся надежными показателями мантийного происхождения магм. Поэтому, очевидно, можно считать на основании совокупности геологических и геохимических данных, что кобальтовая минерализация в золоторудных, оловорудных, арсенидных ртутных, борных, реже вольфрамовых и серебряных месторождениях — явление не случайное, не экзотическая рудная ассоциация, а закономерный признак связи оруденения и магматических пород с мантийными зонами.

Для рассматриваемых мантийных гидротермальных месторождений олова, вольфрама, молибдена, свинца, цинка и других металлов обычно характерно образование в несколько стадий минерализации, причем наиболее продуктивными оказываются средне-температурные стадии. Особенность таких месторождений состоит в многократном проявлении ведущего оруденения: от высокотемпературных до низкотемпературных стадий. Так, например, в вольфрамовых и оловянных мантийных месторождениях устанавливается проявление оловянной и вольфрамовой минерализации в ходе единого рудного процесса, начиная от пегматоидных образований через среднетемпературные олово- или вольфрамо-полиметаллические образования к низкотемпературным рудам, представленным халцедоновидным кварцем и флюоритом и рудными минералами. В некоторых мантийных месторождениях фиксируются процессы телескопирования оруденения, точнее, образования комплексных по составу руд, представленных минеральными агрегатами ряда стадий. Примером такого месторождения являются комплексное олово-вольфрамо-медно-свинцово-цинково-флюоритовое месторождение Акенобе (Япония), в одностадийных рудах которого присутствует касситерит, вольфрамит, галенит, сфалерит, халькопирит и флюорит.

Сходную «комплексность» руд отмечал В. И. Гончаров для близповерхностных месторождений золота и серебра в Охотско-Чукотском поясе. Для руд месторождений обычно характерны брекчиевые, кокардовые текстуры, в особенности если месторождения приурочены к трубкам взрыва, эксплозивным брекчиям и жерлам вулканов. Руды нередко несут следы колломорфного строения. Часто оно затушено процессами их последующей перекристаллизации, хотя внимательное изучение таких образований всегда позволяет выявить характерные следы таких текстур и структур. Следы колломорфного строения характерны даже для жильного кварца, в особенности в приповерхностных золото-серебряных и флюоритовых месторождениях. Отчетливо видна перекристаллизация таких колломорфных агрегатов в оловоносных рудах Приморья. Эти процессы интересны прежде всего потому, что они отражают генетическую природу рассматриваемых месторождений, и их образование на небольших глубинах, в условиях малых давлений, возможно в полостях, сообщающихся с поверхностью, когда истинные рудоносные растворы переходят при быстрой смене давления и потери летучих в коллоидные. Во всяком случае в мантийных месторождениях следы колломорфного строения руд значительно более часты (если не сказать, что они наиболее характерны), чем в рудах других типов.

Характерной особенностью некоторых мантийных месторождений являются процессы зональности, устанавливаемые в пределах рудных тел, месторождений и рудных полей. Для рудных тел месторождений наиболее типична обратная вертикальная зональность, когда наиболее высокотемпературные рудные ассоциации ранних стадий минерализации размещаются на верхних горизон-

тах рудных тел, а менее высокотемпературные и более поздние руды — на нижних горизонтах. Примеры этому хорошо известны. Они могут быть продемонстрированы на оловорудных месторождениях Кавалеровского рудного района Приморья, Джидинского рудного района в Забайкалье, рудных месторождениях Карамазара (Средняя Азия) и др. В то же время эта зональность проявляется на фоне прямой горизонтальной рудной зональности, возникающей вокруг сопровождающих оруденение рудоносных массивов. Как показывают последние данные, интрузии служили путями проникновения рудоносных флюидов и гидротерм и одновременно источниками тепла, способствующего процессам рудоотложения. На ряде мантийных месторождений известны случаи, когда рудные тела продолжают ниже выклинивающихся «репкообразных» магматических тел или стратовулканов, с которыми предполагалась генетическая связь оруденения.

В региональном плане все группы мантийных месторождений связаны с крупными зонами разрывных нарушений, которые имеют различную природу. Как правило, это глубинные разломы, проникающие на многие десятки километров в глубину литосферы. В случае раздвига земной коры с образованием глубинных разломов и рифтовых зон возникают хромитовые и разных типов колчеданные месторождения. Характерно, что такие разломы имеют наибольшую протяженность, а рудные образования прослеживаются по всей длине их развития. Разломы, проявляющиеся в консолидированных структурах платформ и областей тектоно-магматической активизации, имеют, как правило, более четко выраженные интервалы с оруденением определенного типа, когда месторождения и рудные районы локализуются на пересечении разломов разных рангов или на пересечении разломами разнотипных структур. В этих случаях, действительно, вырисовывается как бы очаговый характер размещения оруденения, который более правильно называть, по нашему мнению, «ожерельным», подчеркивая тем самым «нанизывание» на главные разломы прежде всего редкометалльных гидротермальных месторождений.

Как правило, к мощным разломным зонам, ограничивающим блоки или самостоятельные геологические структуры, и к разломам типа краевых швов мантийные месторождения не приурочены, или приурочены редко. И рудные поля и сами месторождения обычно локализуются в оперяющих главные разломы нарушениях. Это общая особенность размещения рудных месторождений, и здесь нет каких-либо исключений для месторождений мантийного класса. Многие мантийные месторождения, прежде всего золото-серебряные, оловянные, полиметаллические, реже флюоритовые, связанные с палеовулканическими поясами, тяготеют к вулканокупольным структурам или, реже, к кольцевым рудоконцентрирующим структурам [101]. Зоны разломов, в которых локализуются рудные поля или отдельные мантийные месторождения, как правило, секут складчатые структуры земной коры, иногда они наследуют положение древних разрывных нарушений, хотя это

не является строго обязательным. В складчатых областях, пожалуй, наиболее благоприятная структурная обстановка для локализации мантийных месторождений возникает на сочленении рудоносных разломов с блоками докембрийского субстрата или при присутствии последнего в основании наложенных структур, для которых предполагается их возникновение в связи с активизацией мантийных участков тектоносферы. Это отмечалось нами ранее при анализе металлогенических особенностей областей тектономагматической активизации. Указывалось, что в развитии этих областей отчетливо устанавливаются две стадии, каждой из которых соответствуют определенные наложенные структуры, отражающие специфику тектонического режима [157].

В заключение подчеркнем, что мантийные месторождения разных групп и типов имеют ряд общих особенностей. Прежде всего для них наиболее характерны две группы структурно-геологических обстановок проявления. Эти обстановки, казалось бы, противоположны друг другу, но с учетом единой природы мантийных месторождений принципиальные особенности их проявления в структурах коры оказываются сходными: мантийные месторождения накладываются на коровые структуры вне зависимости от структур субстрата (точнее коровых структур, в которых они проявляются). К таким главным структурно-геологическим обстановкам относятся: а) зоны раздвигов океанической и континентальной коры (троги геосинклиналей и рифтовые зоны); б) области тектономагматической активизации (дейтерогенеза); в) окраинно-континентальные вулканические пояса (в пределах Тихоокеанского сегмента Земли). Эти зоны и области характеризуются уменьшенной мощностью гранитного слоя, волнообразными поднятиями базальтового слоя и мантии. Типично блоковое строение мантийного субстрата, иногда выведенного на поверхность, и «сквозные» колонны разуплотненного вещества, уходящие на глубину 80—100 км.

Для мантийных рудных месторождений помимо их своеобразного, иногда «телескопированного» минерального состава, признаков приповерхностного образования руд в условиях «сброшенного» давления, когда его роль имеет особое значение для формирования месторождений и очевидно возникновения нестандартных и богатых руд, признаками связи месторождений с подкоровыми источниками рудного вещества служат соотношения изотопов серы и ртути, сходные с метеоритными, а также соотношения изотопов стронция и отношение K/Rb , указывающие на мантийную природу месторождений. Кроме того, в рудах таких месторождений практически всегда присутствуют такие маркирующие мантию элементы, как кобальт, хром, никель и титан.

Таким образом, в настоящее время уже имеется значительный фактический материал, свидетельствующий о том, что некоторые, достаточно многочисленные группы рудных месторождений связаны источниками рудного вещества с подкоровыми мантийными зонами; эти месторождения имеют свои характерные признаки и

мы вправе относить их к особому классу мантийных рудных образований.

Ранее нами на основании анализа многочисленных работ по тектонике и металлогении было показано [158], что последовательно-наложенный характер проявления геологических процессов в земной коре в первую очередь определяет специфику не только развития отдельных конкретных структур, но и крупных регионов, тектонический анализ которых приводит к установлению явлений полицикличности, редуцированности и, конечно, выявлению главных специфических черт их развития. Все сказанное относится и к рудным процессам, формированию рудных месторождений в структурах земной коры.

В то же время постепенно накапливающийся фактический материал, прежде всего по особенностям геологического строения и типам рудных районов Тихоокеанского сегмента Земли, вступает в противоречие с вышеизложенными представлениями о ведущем значении направленного, последовательного формирования тектонических структур. Именно здесь, в пределах этой огромной территории отчетливо проявляется одна из важнейших и характерных особенностей развития геологических процессов. Здесь одновременно формируются геосинклинальные прогибы разных типов, окраинно-континентальные вулканические пояса, области тектономагматической активизации, рифтовые зоны, структуры океанического ложа. Причем в некоторых регионах эти структуры формируются практически синхронно, будучи связанными, очевидно, с процессами, происходящими в различных оболочках тектоносферы.

Одним из таких регионов является обширная область сочленения широтных структур Монголо-Охотского пояса с меридиональными структурами пацифид, там где структуры Буреинского срединного массива, разделенные Монголо-Охотским швом, сближаются со структурами Становика и Джугджура. В этой зоне сочленения Тихоокеанских и Монголо-Охотских структур наблюдается практически одновременное формирование мезозойских (позднеюрских) геосинклинальных прогибов, структур тектономагматической активизации (юра и мел) в пределах Буреинского массива, Становика и Алданского щита и наложенных окраинно-континентальных поясов. Не исключено, что на дне Охотского моря и западной окраины Тихого океана в это время происходят подводные излияния и опускание отдельных блоков [26]. Необходимо подчеркнуть, что с указанными структурами связаны и специфические группы рудных месторождений.

Известно, что и в других регионах и рудных провинциях сближенными во времени оказываются тектонические процессы, предопределяющие появление месторождений [14, 153, 164]. Стало очевидным, что многие процессы в земной коре в пределах разных ее тектонических элементов проявляются независимо друг от друга, одновременно или несколько смещенно во времени. Наиболее наглядно это отражено в работах [14, 166].

Значительно сложнее дело обстоит с рудными месторождениями, для которых сравнительно редко устанавливаются случаи синхронного проявления в пределах одних и тех же рудных полей образований разных формаций. Более часто такие явления фиксируются на площади рудных районов, металлогенических зон и провинций, где месторождения оказываются разделенными значительными расстояниями или безрудными территориями. В особенности это относится к мантийным месторождениям. В отличие от других регионов в пределах Тихоокеанского сегмента Земли оказываются достаточно широко развитыми так называемые полиформационные рудные районы и месторождения, в пределах которых совместно проявляются минеральные ассоциации, характерные для рудных формаций (месторождений) разных стадий развития земной коры [58]. Здесь оказываются пространственно совмещенными в одних рудных районах (и даже рудных полях), например, высокотемпературное олово-вольфрамовое оруденение грейзенового типа, характерное для орогенной стадии развития геосинклиналей, и полиметаллическая, ртутно-сурьмяная и флюоритовая минерализация, типичная для областей тектоно-магматической активизации. Например, в известном рудном районе Беттл-Маунтин (Невада, США) высокотемпературные молибденовые месторождения кварцевого типа проявляются в одних рудных полях в пространственной ассоциации со скарнами, сопровождаемыми медным (халькопиритовым) оруденением. Данная минерализация связана с лейкократовыми монзонитами, по-видимому, мелового возраста; устанавливается, что одновременно с этими рудными образованиями формируются свинцово-цинковые и сурьмяные месторождения. В районе Франт-Рэндж (Колорадо, США) полиметаллические и вольфрамовые месторождения тесно ассоциируют с золото-серебряным оруденением. Подобное совмещение в пространстве и во времени представителей разных рудных формаций устанавливается и в других рудных районах западных штатов США.

Следует подчеркнуть, что факты одновременного проявления существенно различных рудных месторождений в пределах одного рудного поля или района давно привлекали внимание исследователей. Примером этому могут служить известные месторождения Рудных гор в Центральной Европе, где в единых рудных полях образуются практически одновременно минеральные образования многих рудных формаций: от высокотемпературных олово-вольфрамовых образований грейзенового и кварцевого типов до полиметаллических и флюорит-баритовых жил. В настоящее время становится все более очевидным, что так называемые полиформационные рудные районы или месторождения, в которых проявляются рудные образования различной формационной принадлежности, характеризуются глубинными источниками рудного вещества [Комаров П. В., Комарова Г. Н., 1986 г.].

В отечественной литературе, пожалуй, впервые с металлогенических позиций на случаи пространственного совмещения раз-

ных минеральных образований обратила внимание Н. В. Петровская. Ее интересная работа, написанная около 30 лет назад, не потеряла своего значения и в настоящее время [90]. Она на примере Енисейской рудной провинции выявила своеобразные взаимоотношения рудоносных гидротермальных образований и пегматитов. Кроме того, она показала, что в некоторых рудных провинциях (Енисейский кряж, Восточное Забайкалье), «характеризующихся сложной металлогенией, рудопроявления различных типов обнаруживают признаки не последовательного, а независимого, в известной мере параллельного развития во времени» [90, с. 350]. В Енисейском кряже такое параллельное, независимое развитие имеют, будучи совмещенными в пространстве, золото-кварцевые жилы и пегматиты, а в Восточном Забайкалье золотое и молибденовое оруденение.

В настоящее время особенно важен вывод Н. В. Петровской о том, что в одну и ту же металлогеническую эпоху в пределах ограниченных площадей возможно существование не одного, а нескольких источников рудоносных растворов. Н. В. Петровская справедливо отмечает (и здесь необходимо полностью процитировать представления этого исследователя), что «ограниченное развитие и четкая приуроченность полей пегматитов к обнаженным на эрозионной поверхности апикальным частям интрузивных тел, а также наличие в последних шлировидных обособлений пегматитов свидетельствует о связи пегматитов с камерами, расположенными в верхних горизонтах магматических очагов. Источником золотого оруденения, огромная зона развития которого, как отмечалось, пересекает экзоконтактные ореолы гранитных массивов, могли быть только камеры в глубоких частях plutонов. Приведенные соображения позволяют также поставить вопрос о расположении (по крайней мере в отдельных крупных районах) источников рудоносных растворов на значительно больших глубинах по сравнению с камерами, отделявшими пегматитообразующий флюидами расплав» [90, с. 350].

Иными словами, на примере рудных образований Енисейского кряжа Н. В. Петровской четко показана возможность параллельного, одновременного проявления существенно различных рудных образований, генетически связанных с источниками, располагающимися на разных уровнях. При этом такое совмещение месторождений имеет место в пределах достаточно ограниченных по площади рудоносных территорий.

Позднее Р. М. Константинов [58] выделил особый полиформационный тип рудных формаций, которые проявляются в тех случаях, когда в пределах рудного района почти одновременно формируются месторождения, связанные с различными магматическими источниками. В таких районах иногда формируются одновременно рудные месторождения золота и олова, золота и бериллия, молибдена и олова, флюорита и киновари и др. Их появление связано с одновременным функционированием различных по составу и металлогенической специализации источников рудного

вещества. На примере Балейского рудного района он отметил возможность одновременного формирования в пределах одного рудного поля золотых, молибденовых и вольфрамовых месторождений. Нами сходные явления отмечались на примере рудных районов Забайкалья и других областей тектоно-магматической активизации [159].

Анализ причин совмещения в пространстве и во времени в пределах Тихоокеанского сегмента Земли и других регионов месторождений различных рудных формаций позволяет высказать, вслед за Н. В. Петровской, Р. М. Константиновым и другими, достаточно обоснованное предположение, что полиформационные рудные районы имеют разные источники рудного вещества, которые функционировали во времени параллельно (одновременно). Исследование этих сложных особенностей рудных процессов как части общего развития геологических структур земной коры только начинается; практически еще нет методических приемов для достоверного их познания. Однако и на современном этапе изучения данной проблемы возможно выделение нескольких групп рудных процессов, которые могут проявляться в земной коре одновременно при параллельном развитии рудогенерирующих очагов в пределах разных геосфер [9, 158].

Как было показано ранее [158], на современной поверхности земной коры в пределах ее разных тектонических элементов на территории крупных регионов, реже на локальных рудоносных площадях фиксируются геологические, в том числе рудные, процессы в виде определенных групп месторождений (рудных формаций), которые проявляются параллельно (одновременно), но генетически связаны с принципиально различными событиями, протекавшими на уровне разных геосфер Земли. Наиболее отчетливо выделяются две группы таких месторождений: а) коровые месторождения, связанные с развитием геологических структур земной коры и источниками рудных растворов которых являются коровые магмы; б) мантийные рудные месторождения, источники рудного вещества которых находятся в глубинных, подкоровых зонах и, очевидно, связанные с существованием «рудных» неоднородностей в мантии.

С проблемами нелинейной металлогении тесно соприкасается вопрос о причинах проявления в структурах земной коры стратиформных гидротермально-осадочных и вулканогенно-осадочных рудных месторождений. Известно, что в последние годы исследованию этих месторождений уделяется повышенное внимание, вопросы их генезиса в разных аспектах рассмотрены в многочисленных работах.

Стратиформные рудные месторождения осадочно-гидротермального и вулканогенно-осадочного генезиса отличаются рядом характерных тектонических особенностей, которые не свойственны гидротермальным месторождениям других групп. Прежде всего оказывается, что эти месторождения формируются в пределах различных тектонических элементов земной коры: они известны

в геосинклинальных зонах разных типов, на платформах, в областях тектоно-магматической активизации, срединных массивах и древних щитах, континентальных и океанических рифтовых зонах. Пожалуй, ни одна другая генетическая группа рудных месторождений не имеет такого широкого спектра тектонических структур, в которых они проявляются. У. А. Асаналиев [5] справедливо назвал стратиформные месторождения полиструктурными. Такая их особенность проявления в различных структурах земной коры не является случайной и, по-видимому, обусловлена какими-то общими причинами их возникновения, и в первую очередь предполагаемой связью этих месторождений с подкоровыми, мантийными зонами тектоносферы. На это обстоятельство указывает, в частности, постоянная связь месторождений с зонами глубинных разломов, а также данные по изотопному составу серы и кислорода в рудах ряда месторождений [102, 115].

Другая важная генетическая особенность месторождений состоит в том, что они возникают в результате сочетания ряда факторов и процессов, которые накладываются друг на друга, обычно очень усложняя выявление общей картины образования месторождений. Поэтому не случайно, что истинный генезис многих осадочно-гидротермальных месторождений долгое время не был правильно понят и считался принципиально иным. Примером этому могут служить, например, полиметаллические месторождения Салливан в Канаде и Брокен-Хилл в Австралии, которые были эталонами высокотемпературных гидротермальных свинцово-цинковых месторождений, связанных с гранитами, а ныне рассматриваются как осадочно-гидротермальные метаморфизованные рудные образования. Еще совсем недавно такие месторождения были практически единственными серьезными промышленными объектами, для которых допускалось образование руд в условиях водной среды геосинклинальных ванн. В настоящее время известно уже значительное число месторождений разных металлов, для которых доказывается гидротермально-осадочный генезис. К таким месторождениям относятся:

- 1) медно-колчеданные в связи с субмаринными вулканогенными раннегеосинклинальными комплексами (Урал; Кипр; Япония);
- 2) свинцово-цинковые (с медью) в сложных терригенных комплексах палеорифтовых (?) зон (Маунт-Айза, Здесь Ваша Удача, Австралия; Салливан, Канада; Филизчай, Кавказ; Мегген, ФРГ);
- 3) свинцово-цинковые в карбонатных формациях платформенного типа в обрамлении областей тектоно-магматической активизации (Пайн-Пойнт, Канада; Маргалимсай, Казахстан);
- 4) сурьмяные, сурьмяно-ртутно-вольфрамовые, вольфрамовые (шеелитовые) и ртутные (образующие единую серию рудных образований) в черносланцевых геосинклинальных комплексах с прослоями метаэффузивов и известняков (Турция; Альпы; Киргизия);
- 5) вольфрамовые (шеелитовые) в метаморфических сланцах, гнейсах и мраморах (Австрия; Аргентина; Гренландия);

6) шеелит-галенитовые в углисто-доломитовых геосинклинальных известняках (Тянь-Шань);

7) шеелит-флюоритовые в песчанисто-карбонатных породах черносланцевых геосинклинальных толщ (Ориоль, Л'Ом-О, Франция);

8) касситеритовые в докембрийских (?) метаморфических комплексах (Рудные горы; Карелия) и геосинклинальных кварцитах силура (Боливия);

9) молибденовые в черносланцевых комплексах (Средняя Азия; Альпы) и докембрийских гнейсах (Южная Норвегия);

10) золоторудные в углеродистых геосинклинальных комплексах (Кызылкумы; Австралия);

11) серебряные в песчаниках и сланцах озерных отложений (месторождения «бедных» серебряных руд США и Мексики);

12) флюоритовые и флюорит-полиметаллические в карбонатных породах на периферии областей тектоно-магматической активизации (Миссури—Миссисипи, США; Прибайкалье);

13) флюоритовые в озерных отложениях молодых вулканических областей (Рома, США; Сориком, Италия);

14) баритовые (с полиметаллами) в карбонатных комплексах активизированных (?) участков платформы (Шофонтен, Бельгия);

15) бериллиевые в осадочно-вулканогенных комплексах молодых вулканических поясов (США; Мексика);

16) никель-кобальт-арсенидные в терригенно-вулканогенных геосинклинальных комплексах (Яули, Перу);

17) полиметаллические в современных рифтовых зонах материков и океанических хребтов (Красное море; Галапагосский рифт).

Значительный интерес представляют исследования М. К. Сатпаевой [107], показывающие гидротермальное происхождение медистых песчаников Джекказгана. Она полагает, что источником рудоносных растворов является верхняя мантия, а рудоносные флюиды следовали к поверхностным слоям земной коры по глубинным разломам. Формирование руд происходило в слабодислоцированных осадочных толщах в грубозернистых песчаниках под экраном непроницаемых пород. Если это так, то к группе стратиформных месторождений мантийного класса следует отнести еще один тип своеобразных месторождений, генетическая природа которых всегда была предметом сложных дискуссий.

Выше далеко не полностью перечислены типы гидротермально-осадочных месторождений, известные в настоящее время; с каждым годом выявляются новые группы подобных образований. Обращает на себя внимание, что по гамме рудных элементов все указанные месторождения практически аналогичны месторождениям, которые имеют подкоровые, мантийные источники рудного вещества. Это характерно не только для рудных элементов, но и для таких, как фтор и бор. Если для фтора его проявление в стратиформных месторождениях в виде флюорита достаточно обычно,

то проявления бора в полиметаллических месторождениях в форме турмалина единичны. Так, на стратиформном полиметаллическом месторождении Салливан (Канада) в брекчиевых зонах на нижних горизонтах рудных тел отмечается повышенная турмалинизация руд; предполагается, что обогащенные бором рудоносные растворы поднимались по зонам нарушений и участвовали в осадочном рудообразовании в палеорифтовой зоне.

Как уже отмечалось, в последние годы открыты многие типы осадочно-гидротермальных месторождений. К их числу принадлежат своеобразные серебряные месторождения, выявленные в штате Колорадо (США) и Мексике. Одно из них представлено сереброносными озерными отложениями миоценового возраста, которые в основании разреза содержат тонкораспыленное серебро совместно с баритом и пиритом. После отложения рудоносных осадков месторождение было брекчировано и часть серебра в виде керарггирита и эмболита перемещена в открытые полости (месторождение Ватерлоо). На месторождении Крид (Колорадо) оруденение приурочено к олигоценовым речным и озерным отложениям, а на месторождении Реаль-Анхелес (Мексика) серебряное оруденение локализуется в песчаниках и алевролитах.

Это теперь уже не экзотические месторождения; с каждым годом выявляются все новые и новые типы осадочно-гидротермальных рудных образований. Среди них одно из ведущих мест занимают стратиформные вольфрамовые месторождения. Они открыты в разных странах, в том числе и в Китае, где в осадочных формациях девона и карбона выявлены гематит-вольфрамовые и шеелитовые стратиформные месторождения, а также установлены вольфрамоносные осадочные формации протерозойского, кембрийского, девонского и каменноугольного возраста; причем содержания WO_3 достигают в этих осадочных формациях 0,14—0,18 %. Китайские исследователи считают, что обогащение осадочных формаций такими значительными содержаниями вольфрама начиная с докембрия связано с дифференциацией гетерогенной мантии и поступлениями вольфрама в верхние зоны земной коры на ранних стадиях ее развития сначала с вулканитами эвгеосинклиналей, а затем в связи с гидротермами по зоне глубинных разломов.

Другим новым примером широкого развития стратиформных рудных месторождений разных металлов является обширная территория Южного Китая. Здесь в карбонатных породах среднего и позднего девона известны многочисленные стратиформные месторождения свинца, цинка, олова, сурьмы, ртути, сидерита, марганца и барита. По набору рудных компонентов (Pb, Zn, Sn, Sb, Hg, Fe, Mn) подобного района со стратиформным оруденением нет в других рудных провинциях.

Как подчеркивают Чен Чжимин, Яо Пейци и др. [170], большинство стратиформных месторождений локализуется вблизи контакта морских лагун (впадин) с карбонатными (рифогенными) возвышенностями в зонах глубинных разломов или вблизи них.

Эти исследователи отмечают, что такое структурное положение месторождений не случайно, «оно свидетельствует о тесных связях рудных месторождений с глубинными разломами. Поэтому можно заключить, что минеральные вещества, образующие эти месторождения, поступают в основном из глубинных зон геосферы» [170, с. 138]. Затем рудные компоненты в условиях подводной среды перемещаются вблизи разломов в благоприятные зоны на стыке рифов и морских впадин, где и происходит накопление богатых руд. Эта точка зрения на генезис стратиформных месторождений в связи с рифами близка развиваемым нами представлениям [158] и свидетельствует о важной роли глубинных разломов в образовании как рифов, так и оруденения.

Выше отмечалось, что осадочно-гидротермальные месторождения являются «полиструктурными», т. е. формируются в разных тектонических элементах земной коры (геосинклиналях, платформах, областях активизации и т. д.). В то же время в этих разных структурах для проявления гидротермально-осадочных месторождений наиболее благоприятными являются следующие три тектонические ситуации. Первая, наиболее значительная группа месторождений формируется в условиях отчетливо выраженного растяжения земной коры: в троговых частях геосинклиналей или рифтовых зонах материков и океанических хребтов. Это в основном медно-колчеданные, серно-колчеданные и свинцово-цинковые (колчеданного типа) месторождения. При этом медно-колчеданные и серно-колчеданные месторождения связаны с вулканогенными геосинклиналями, в которых широко развиты спилит-кратофировые и карбонатные формации, тогда как собственно полиметаллические месторождения, в которых свинцовая минерализация является ведущей, формируются наиболее часто в условиях палеорифтовых зон и современных рифтов при широком развитии терригенных формаций (месторождения Салливан, Маунт-Айза, Мегген, Филизчай и др.). К этой же группе относятся современные месторождения свинца и цинка, возникающие в молодых рифтовых зонах и представленные природными рудными гелями и неконсолированными рудоносными осадками (Красное море, Галапагосский рифт).

Вторая группа объединяет рудные образования вольфрама, олова, молибдена, ртути, сурьмы, флюорита, кобальта, возможно, золота и серебра, для которых допускается их связь с процессами тектоно-магматической активизации, проявляющимися в водной среде геосинклинальных ванн в связи с зонами наложенных разломов, служивших подводными путями для рудоносных растворов (стратиформные месторождения вольфрама, сурьмы, ртути, молибдена Альп и Турции; ртутно-сурьмяные с флюоритом Тянь-Шаня и др.). Еще раз подчеркнем, что по набору рудных элементов эти месторождения соответствуют месторождениям областей тектоно-магматической активизации, формирующимся в континентальных условиях консолидированных складчатых областей и платформ. Важно отметить, что многие осадочно-гидротермальные

месторождения этой группы по данным изотопного состава серы относятся к мантийным месторождениям.

Третья группа месторождений формируется в областях тектоно-магматической активизации и в окраинно-континентальных поясах и связана с проявлением оруденения в условиях, когда рудоносные растворы по разломам поступают в водную среду бассейнов, окружающих континентальные области активизации, или озерные водоемы в пределах континентальных структур (наиболее часто в пределах вулканических поясов). К этой группе относятся некоторые флюоритовые месторождения Италии (Пинчиано, Сориком), серебряные и золото-серебряные месторождения США (Ватерлоо, Крид). Как отмечалось выше, многие стратиформные осадочно-гидротермальные месторождения образуются в связи с проявлением крупных разрывных нарушений. Для некоторых из них отчетливо устанавливается связь с процессами тектоно-магматической активизации и пространственная ассоциация с подкоровыми магматическими образованиями.

Обнаружение рудных месторождений, которые формируются не в пределах консолидированных структур, где они устанавливаются отчетливо, а в разновозрастных геосинклинальных толщах, где они представлены осадочно-гидротермальными образованиями, является в настоящее время достаточно сложной задачей. Как справедливо отметил В. И. Бергер [16], это связано не только с преодолением традиционных взглядов на тектонические условия образования месторождений, но во многих случаях с объективными трудностями восстановления первичной картины рудоотложения, измененной более поздними наложенными геологическими процессами. В. И. Бергер [16] показал, что складчатость, гранитоидный магматизм, метаморфизм и вулканические проявления, наложенные на зоны ртутно-сурьмяно-флюоритового оруденения джаспероидного типа, приводят к его частичному или полному перерождению, вплоть до преобразования в месторождения других формационных групп.

В настоящее время из осадочно-гидротермальных месторождений наиболее детально изучены субмаринные медно-колчеданные и свинцово-цинковые в платформенных карбонатных формациях обрамления областей активизации. Другие типы месторождений требуют еще всестороннего изучения. Тем не менее в настоящее время имеется достаточно оснований считать, что многие стратиформные осадочно-гидротермальные месторождения формируются в связи с геологическими процессами, затрагивающими глубинные, мантийные части тектоносферы. Во всяком случае для многих месторождений имеются данные о том, что источником их рудного вещества были подкоровые слои. В связи с этим проблема осадочно-гидротермальных месторождений приобретает новый аспект и может рассматриваться под углом зрения нелинейной металлогении как одна из сторон этого процесса.

Этот вопрос представляет в настоящее время для нелинейной металлогении особый интерес, так как новый фактический материал позволяет ныне достаточно отчетливо судить о геохимических и рудных неоднородностях мантии, а также в ряде случаев о ее повышенной рудоносности и существовании в ней «эмбриональных месторождений». Это стало возможным благодаря развитию прецизионных аналитических методов электронного микрозондирования и нейтронной активации, позволивших получать данные о наличии в мантийных породах и хондритах скопленных разнообразных рудных минералов, дающих право говорить о возможности существования в глубоких слоях тектоносферы крупных рудных неоднородностей или эмбриональных рудных месторождений. Кроме того, хорошо известно, что бесспорным фактом присутствия в верхней мантии промышленных рудных концентраций являются месторождения хрома, непосредственно связанные с интрузивами дунит-гарцбургитовой формации, которые, по общему признанию, имеют мантийное происхождение.

О связи хромитов с подкоровыми зонами говорит и находка в кимберлитах трубки Зимняя (Верхнемунский район) ксенолита верлита с исключительно высоким содержанием малоглиноземистого хромита (около 60%), находящегося в парагенезисе с зеленым гранатом пироп-уваровитового состава. По экспериментальным данным гранаты такого состава образуются при очень высоком давлении, превышающем 30 кбар, т. е. хромитовая сегрегация, отторжевец которой был вынесен кимберлитовой магмой, находится, вероятно, на глубине свыше 150 км.

Полученные представительные материалы по сульфидной минерализации глубинных ксенолитов из кимберлитов и щелочных базальтов [7, 30], хотя и не показали таких высоких концентраций рудного вещества, как для хромита, но выявили факты, указывающие на зарождение процессов, ведущих к образованию медно-никелевых месторождений, в мантийных слоях тектоносферы. Прежде всего знаменательна та особенность сульфидной минерализации глубинных ксенолитов, что независимо от состава их и географического размещения вулканических аппаратов парагенезис мантийных сульфидов аналогичен парагенезису главных рудных минералов медно-никелевых месторождений [22, 94]. Сульфидные выделения (нодули), находящиеся в срастаниях с первичными минералами как ультраосновных, так и эфлогитовых ксенолитов, сложены пирротином, пентландитом, халькопиритом, очень редко сфалеритом, причем количественные соотношения главных сульфидов в эфлогитах и гранатовых вебстеритах почти точно совпадают с их пропорциями в медно-никелевых рудах [65]. Сульфидные нодулы из существенно оливиновых пород — гранатовых и шпинелевых лерцолитов — отличаются преобладанием пентлан-

* Раздел написан по материалам И. Н. Говорова, соавтора книги [158].

дита над пирротином и пониженным содержанием халькопирита [22, 65].

Общей особенностью выделений пирротина и пентландита, как и сложных халькопирит-пирротин-пентландитовых нодулей, является их округлая, сферическая и каплевидная форма, четкие (без коррозионных явлений) границы срастания с первичными минералами ксенолитов, часто концентрически-зональное строение, при котором ядро, сложенное тонкими срастаниями пирротина и пентландита, окружено последовательно располагающимися каемками пентландита, халькопирита, джерфишерита. Эти признаки, по единодушному мнению исследователей, свидетельствуют о расплавно-ликвационном происхождении сульфидных обособлений [33, 65, 150]. Размеры первичных сульфидных выделений варьируют от первых микрометров до 2 мм, количество их обычно измеряется долями процента, но в гипербазитовых ксенолитах из щелочно-базальтовой трубки Тувиш (Южный Тянь-Шань), по подсчетам В. А. Вахрушева [1980 г.], достигают 5 % от площади шлифа. Общее содержание первичных сульфидов в глубинных ксенолитах постоянно во много раз больше, чем во вмещающих кимберлитах и щелочных базальтах.

Исследования хромитовой и сульфидной минерализации глубинных ксенолитов пока не выявили повышенных концентраций или самостоятельных выделений платины и других элементов этой группы. Однако присутствие их в этих ассоциациях и участие в процессах мантийного и корового рудообразования не вызывает сомнений. Об этом свидетельствуют находки в углистых хондритах металлических выделений, содержащих элементы платиновой группы. Помимо очевидной связи хромитов и медно-никелевых руд с мантийными магматическими породами имеются интересные данные, указывающие на существование в верхней мантии блоков, обогащенных золотом.

Наиболее убедительной в этом смысле является работа Р. Сагера с соавторами [180], показавшая очень высокие содержания золота (до 372 мг/т) в слабометаморфизованных коматитах и толеитах из архейских зеленокаменных поясов Южной Африки. Статистический анализ выявил полное отсутствие корреляции между содержаниями золота и породообразующих элементов. В то же время заметные различия содержаний золота наблюдаются в пределах отдельных зеленокаменных территорий. Исходя из этого авторы делают вывод о первичной гетерогенности субстрата верхней мантии в отношении распределения концентраций золота. Главными носителями золота в вулканических породах, по данным авторов, служат акцессорные сульфиды и в меньшей степени предположительно межзерновые выделения самородного золота. На породообразующие минералы приходится не более 0,5 мг/т золота. Это позволяет считать вулканы источником золота для гидротермальных растворов и золотоносных кварцевых жил, которые локализируются в контактовых ореолах гранитных интрузивов зеленокаменных поясов. Аналогичные выводы и выте-

каюшая из них методика поисковых работ на золото принимаются для коматитов зеленокаменного пояса Колар в Индии.

С работами по коматитам архейских зеленокаменных поясов переключается статья И. В. Мушкина и Р. И. Ярославского [81], посвященная распределению золота в щелочных базальтоидах и глубинных ксенолитах Тянь-Шаня. На основании данных высокочувствительного нейтронно-активационного анализа представительного количества проб авторы установили повышенные содержания золота в раннемезозойских щелочных базальтоидах и глубинных ксенолитах (различные пироксениты) из золотоносных зон Южного Тянь-Шаня по сравнению с аналогичными образованиями из незолотоносной провинции Юго-Западного Тянь-Шаня. Содержание золота в большинстве проб ксенолитов и базальтоидов относительно низкое, но в пробах базальтоидов, обогащенных сульфидными выделениями ликвационного характера (пирит, халькопирит, арсенопирит, пирротин), оно возрастает до значений (23—413 мг/т), сопоставимых с содержаниями в коматитовых вулканитах архейских зеленокаменных поясов.

Следует отметить, что по содержанию золота глубинные ксенолиты из щелочных базальтоидов Тянь-Шаня сходны с глубинными ксенолитами из кимберлитов Якутской провинции. Как показывают исследования В. В. Иванова с соавторами [1977 г.], содержание золота в пробах глубинных ксенолитов ультраосновного и эцлогитового состава находится в пределах 0,6—8,1 мг/т. Однако в сульфидных фракциях, извлеченных из ксенолитов (пирротин, пентландит, халькопирит, джерфишерит), содержание золота поднимается до 34—300 мг/т.

Новые интересные данные по распределению золота в глубинных ксенолитах якутских кимберлитовых трубок получены И. Н. Говоровым, которым изучены шлифы из образцов (коллекция А. Д. Харькива) с повышенным содержанием золота. Их исследование показало присутствие самородного золота в магнезиальных эцлогитах, где оно находится в клинопироксене, иногда располагаясь в сростках с рутилом вдоль спайных трещин, а также в микротрещинах, пересекающих гранат. И. Н. Говоровым [158] установлено присутствие самородного серебра в шлифах эцлогитов и некоторых гранатовых вебстеритов. Наиболее обильные выделения встречены в калийсодержащих магнезиально-железистых эцлогитах и в магнезиальных эцлогитах с повышенным содержанием рефракторных литофильных микроэлементов. Устанавливаются три парагенезиса самородного серебра. Первый парагенезис — магматический, где серебро в ассоциации с рутилом и золотом распределено в клинопироксене, тяготея к трещинам спайности. Второй парагенезис — келефитовый, характеризующийся ассоциацией серебра с флогопитом, амфиболами, шпинелью в тонких жилках, пересекающих зерна клинопироксена, или в каймах по границам их с выделениями граната. Третий парагенезис — гидротермальный, в котором серебро ассоциирует с серпентином, кальцитом, миллеритом и более редкими баритоцелестином и

ангидритом. И. Н. Говоров считает, что первый парагенезис характеризует либо первичное распределение серебра в мантийном субстрате (до начала его плавления и подъема эклогитовых диапиров), либо распределение, возникшее при кристаллизации расплава после остановки и охлаждения диапира в верхних слоях мантии или в нижней коре. Второй парагенезис связан с эманационной дифференциацией диапировой магмы, а третий — с гидротермальным изменением породы, которое могло происходить как в самом диапире, так и в отторженцах его, захваченных кимберлитом.

В группе месторождений литофильных элементов общепризнанным примером глубоких образований являются редкометалльные карбонатиты. Имеются обширные данные, свидетельствующие о геохимическом родстве и комагматичности их со щелочно-ультраосновными породами, родоначальной магмой которых считается меланефелинитовая. Приведем данные, свидетельствующие о присутствии в мантии повышенных концентраций редких элементов, характерных для карбонатитов и щелочно-ультраосновных пород. Из первичных минералов глубоких ксенолитов кимберлитовых трубок к концентраторам редких элементов относятся флогопит и ильменит. Первичный флогопит встречается в незначительном количестве в лерцолитах и пироксенитах, ассоциируя преимущественно с клинопироксеном. Ильменит имеет гораздо более широкое распространение, а в некоторых типах лерцолитов и пироксенитов шпинель-пироповой фации становится одним из главных минералов (до 40 об. %). Содержание фтора в флогопите составляет 0,5—1 %, а характерными элементами-примесями являются барий (до 1500 г/т) и рубидий (до 700 г/т), тогда как литий и олово присутствуют в незначительных количествах (единицы грамм на тонну). Для ильменита характерны повышенные концентрации ниобия (до 1500 г/т), тантала (до 150 г/т), церия (до 1500 г/т), самария (до 100 г/т). Таким образом, если первичные выделения флогопита в гипербазитах мантии не могут служить источником калия и фтора для магм и флюидов, то ильменит-содержащие зоны представляют собой яркий пример внутримантийных месторождений, за счет которых формируются, очевидно, различные базальтоидные магмы с повышенными содержаниями титана, ниобия, тантала, редких земель, в том числе и специализированные титаноносные интрузии.

Месторождения, обогащенные фтором, такие как редкометалльные карбонатиты, редкометалльно-флюоритовые метасоматиты, эпитермальные сульфидно-флюоритовые и флюоритовые жилы, которые по совокупности геологических их особенностей относятся к мантийным, имеют непосредственную связь с зонами мантийного метасоматоза. Это впервые было подчеркнуто В. С. Соболевым на примере существенно флогопитовых ксенолитов (глиммеритов) из кимберлитовых трубок Якутии, которые В. С. Соболев считал отторженцами мантийных месторождений [122—124]. Метасоматический характер флогопита хорошо прослеживается как в ксенолитах якутских трубок, где флогопит развивается по минералам

ильменитовых лерцолитов и пироксенитов шпинель-пироксеновой фации, так и в ксенолитах южноафриканских трубок (Матсоку, Булфонтейн), где флогопит замещает гранатомые перидотиты. Повсюду убедительно доказывается развитие метасоматической ассоциации до захвата пород кимберлитовой магмой [72]. Апоперидотитовые метасоматиты из кимберлитовых трубок Южной Африки, получившие название маридов, наряду с флогопитом содержат рихтерит, кальцит, ильменит, рутил, сульфиды и характеризуются сильным обогащением редкими элементами — цирконием, ниобием, барием, стронцием [41]. Это, по-видимому, дает основание связывать с плавлением зон редкометалльно-фтористо-щелочного метасоматоза в мантии образование щелочно-ультраосновных магм и ассоциированных с ними редкометалльных карбонатов, а также других месторождений редкометалльно-флюоритовых руд. Зоны мантийного метасоматоза могли служить также источником фтора и щелочей для флюоритовых месторождений без существенных концентраций редких металлов и редкоземельных элементов, например эпитеpmальных.

Предположение о присутствии эмбриональных метасоматических месторождений редких металлов и редких земель в мантийных слоях тектоносферы подтверждается находками концентрированных выделений этих элементов в углистых хондритах второго и третьего типов; кроме того, в хондритах присутствуют самостоятельные выделения ниобатов, а также выделения молибдена и самородных металлов с платиноидами, вольфрамом и молибденом. Таким образом, кратко рассмотренные выше данные по эмбриональной рудоносности мантии показывают, что представления о мантийных рудных месторождениях не являются иллюзорными. Они основаны в настоящее время на достаточно прочной фактической основе по геохимической специализации и рудоносности подкорковых, мантийных слоев Земли и в совокупности с геологическими наблюдениями над характером структур, особенностями магматических пород и рудных месторождений [32, 33], условиями их локализации в верхней оболочке тектоносферы — земной коре — позволяют более уверенно считать, что представления о существовании мантийных источников рудного вещества и мантийных рудных месторождений вполне правомерны. Это в свою очередь позволяет не только суммировать данные в виде общих геохимических моделей тектоносферы, но и видеть более широкие следствия всей проблемы нелинейной металлогении, прежде всего при разработке общей схемы проявления рудных месторождений в земной коре на основе признания существования коровых и мантийных месторождений и их синхронном (параллельном) проявлении.

Краткие выводы

1. Нелинейная металлогения — направление металлогенических исследований, которое занимается изучением закономерностей проявления мантийных месторождений в структурах земной коры, их

взаимосвязью с коровыми месторождениями, выясняет влияние коровых структур на локализацию и другие особенности мантийных месторождений. Нелинейная металлогения не противопоставляется традиционной металлогении, она дополняет и углубляет ее, это часть общей металлогении. В сущности, нелинейная металлогения «родилась» из представлений о металлогении областей тектономагматической активизации, которые в настоящее время требуют определенной корректировки.

2. Основными положениями нелинейной металлогении являются представления о глубинном, мантийном источнике рудного вещества многих месторождений, связанных с подкоровыми, в том числе и кислыми магмами, а также о параллельном (одновременном) формировании коровых и мантийных месторождений, которые в ряде случаев могут быть совмещены в пространстве в пределах рудных зон, полей и районов.

3. Важное значение для аргументации представлений нелинейной металлогении имеет фактический материал по эмбриональной рудоносности мантии и существованию в подкоровых зонах литосферы геохимических и рудных неоднородностей.

4. Представления нелинейной металлогении имеют важное прикладное значение, они открывают новые перспективы прежде всего для поисков осадочно-гидротермальных рудных месторождений разных типов в осадочных породах геосинклинально-складчатых областей, что предопределяется возможностью образования мантийных месторождений в условиях водной среды геосинклинальных ванн.

5. Изучение закономерностей формирования и размещения мантийных рудных месторождений в структурах земной коры связано с познанием причин образования крупных и уникально крупных месторождений.

Металлогения и гипотеза тектоники плит

Эта проблема не является новой. В последние годы она достаточно широко обсуждалась в специальных монографиях [54, 80, 126, 134, 171], отдельных статьях и на различного рода совещаниях. Приверженцы этой гипотезы старались показать, что она объясняет многие закономерности размещения месторождений в земной коре, открывает новые возможности для поисков полезных ископаемых [54, 80]. Эти возможности были подвергнуты серьезной критике [24, 111, 134, 157].

Как справедливо отметил Г. М. Власов [70], «пик популярности концепции тектоники плит уже пройден». И тем не менее необходимо кратко остановиться на главных положениях этой концепции в связи с проблемами металлогении, показать слабые и сильные ее стороны, которые могут быть использованы для выявления закономерностей размещения месторождений.

Напомним, что основу рассматриваемой гипотезы составляют представления о том, что земная кора и, по-видимому, частично верхние слои мантии, составляющие жесткую литосферу, раздроблены на ряд (6—8) крупных и несколько более мелких жестких плит, разделенных подвижными поясами, которые совпадают с выявленными в последние годы рифтовыми зонами срединно-океанических хребтов или с трансформными разломами. Трансформные разломы или разломы с крупными горизонтальными смещениями наиболее характерны для рифтовых систем океанов, они пересекают срединные хребты и прилегающие к ним участки земной коры.

Предполагается, что крупные инертные плиты литосферы перемещаются одна относительно другой по подстилающей их пластичной астеносфере. Возможны различные случаи перемещения плит: их раздвижение с образованием рифтовых зон, надвиги, поддвиги и т. д. Наиболее крупные плиты литосферы, их положение и границы часто фиксируются линиями эпицентров землетрясений.

Одним из важнейших моментов новой глобальной тектоники являются представления о расширении дна океанов, которое происходит симметрично в обе стороны от рифтовых зон срединно-океанических хребтов. Гипотеза тектоники плит, в сущности, возникла из возрождения на современной основе идей мобилизма — комплекса представлений о горизонтальном перемещении крупных

геологических блоков. Ее «фундамент» составляют три главных положения, определяющих в совокупности сердцевину всей гипотезы.

Первое положение связано с представлениями о расширении океанического дна в зонах спрединга, наиболее четко фиксируемом в центральных частях срединно-океанических хребтов. Это положение достаточно убедительно доказывается непосредственно геологическими и геофизическими данными, прежде всего результатами обработки материалов по магнитным аномалиям базальтового ложа океанов, данными глубоководного бурения, а в последние годы непосредственными наблюдениями и сбором образцов с управляемых подводных аппаратов, изучающих океанические рифтовые зоны. Второе положение связано с представлениями о так называемых процессах субдукции, ведущих к погружению одной плиты под другую, в результате чего происходит переплавление погружающейся плиты и возникновение различных типов рудоносных магм и связанных с ними месторождений. Это положение, практически, является умозрительным и не доказано фактическим материалом.

Наконец, третье положение обусловлено признанием иллюзорных представлений о мантийной конвенции — теплового и энергетического потока в мантийных зонах Земли, который по подобию овального конвейера передвигает литосферные плиты, погружает их одна под другую, раздвигает и сталкивает, тем самым определяя, по существу, весь механизм эволюции литосферных плит. Предполагается, что океанические рифтовые зоны располагаются над восходящими струями мантийных потоков энергии, а глубоководные желоба под нисходящими.

В последнее время рядом исследователей были сделаны попытки применить идеи тектоники плит к объяснению региональных закономерностей размещения полезных ископаемых [54, 80]. Хорошо известны в этом плане работы советских исследователей, среди которых наиболее обстоятельны монографии А. А. Ковалева [54]. Среди зарубежных публикаций привлекает внимание работа А. Митчелла и М. Гарсона [80], в которой обсуждаются вопросы глобальной тектонической позиции минеральных месторождений на основе идей тектоники плит. В ней рассматриваются месторождения, образовавшиеся в континентальных горячих точках, рифтах и авлакогенах, месторождения пассивных континентальных окраин и внутренних бассейнов, месторождения, формирующиеся в океанических условиях, а также в зонах субдукции, в различных обстановках столкновения плит и других ситуациях. Важно отметить, что, по мнению авторов книги, «прямое приложение гипотезы тектоники плит к стратегии поисковых работ в некоторой степени ограничено и зависит от наличия данных о континентальном дрейфе и возможности восстановления додрейфового положения континентов» [80, с. 426]; А. Митчелл и М. Гарсон считают, что гипотеза имеет косвенный практический эффект в виде метода тектонических аналогий.

В книге этих авторов много примеров месторождений и рудных районов, которые сформировались в различных условиях тектонических обстановок, соответствующих представлениям гипотезы тектоники плит. Однако ряд примеров ситуаций проявления месторождений, известных автору настоящей книги по личным полевым наблюдениям, не укладывается в рамки представлений гипотезы тектоники плит и являются просто надуманными. Так, например, месторождения сурьмы и ртути Пакистана возникают, по А. Митчеллу и М. Гарсону [80], в зонах субдукции и связаны с трансформными разломами, тогда как в действительности эти месторождения локализируются в крутопадающих зонах нарушений в южном обрамлении срединного массива Чагаи, или указанные исследователи считают, что известные флюоритовые месторождения в штатах Иллинойс и Кентукки сформировались в карбонатных породах длительное время спустя после столкновения континентов, возможно, во время начальной стадии рифтообразования [80 с. 143] и т. д.

Особенности книги [80] характерны для многих, если не всех работ, рассматривающих вопросы металлогении с позиций тектоники плит; прежде всего, при металлогеническом анализе не учитываются реальные геологические обстановки проявления месторождений, а вся многогранность и сложность их формирования подменяется несколькими вариантами становления и расхождения плит. Закономерности размещения месторождений рассматриваются в отрыве от реального фактического материала и анализа многих геологических процессов во взаимосвязи, что является грубейшей методологической ошибкой современного метода познания геологических явлений. В целом вся книга указанных авторов оставляет впечатление увлекательного геологического детектива, выводы которого лишены реальной фактической основы.

Выход в свет в 1985 г. второго издания книги А. А. Ковалева [54] освобождает автора от необходимости останавливаться на основных положениях гипотезы тектоники плит в связи с вопросами металлогении. Они достаточно всесторонне изложены в указанной работе. В то же время нельзя не отметить три обстоятельства, свойственные этой книге, имеющие хотя и второстепенное значение, но в то же время очень характерные для научной позиции «крайних мобилистов». Во-первых, представления о литосферных плитах именуются уже теорией, а теория геосинклиналей возведена в ранг гипотезы [54, с. 108]. В связи с этим указывается, что «основным недостатком геосинклинальной гипотезы является то, что единая абстрактная модель геосинклинального пояса или зоны не может в должной мере объяснить сложность строения складчатых поясов и многообразие геодинамических обстановок, известных в настоящее время на земном шаре и существовавших в геологическом прошлом. Попытки выделения множества разновидностей геосинклиналей или их составных частей, а также многих стадий предполагаемого их развития не только

не помогли, а лишь усложнили и запутали геосинклинальную концепцию» [54, с. 111].

Это смелое утверждение, по существу, перечеркивает крупные достижения советской геологической школы в области изучения геологии, тектоники и металлогении геосинклиналей и практически без всякой аргументации «ликвидирует» теорию геосинклиналей. Сказанное характерно для многих представителей мобилистской доктрины. Второе обстоятельство, опять-таки свойственное для многих работ приверженцев гипотезы тектоники плит, состоит в том, что в обобщающей работе А. А. Ковалева практически не используется фактический материал по обширной территории Советского Союза. Все модели «теории тектоники литосферных плит» созданы и обсуждаются на материалах зарубежных стран и исследователей. Только в небольшой главе сделана далеко не однозначная попытка применения идей мобилизма к анализу геологического строения некоторых регионов нашей страны.

Наконец, третье обстоятельство связано с тем, что в работе А. А. Ковалева содержатся практически не аргументированные должным фактическим материалом выводы о строении земной коры, которые находятся в противоречии со многими данными, полученными советскими и зарубежными исследователями в последние годы. Например, без всяких предположений утверждается, что «земная кора не имеет слоисто-блокового строения, как это принимают при интерпретации многих геолого-геофизических профилей, а состоит из наклонных литосферных плит и пластин» [54, с. 95]. Подобные заключения характерны для всей работы. В особенности, когда они касаются вопросов формирования и размещения месторождений полезных ископаемых, где практически все типы рудных месторождений образуются в условиях тектонических обстановок, характерных для мобилистских геодинамических моделей. По мнению А. А. Ковалева, таких наиболее характерных обстановок (моделей) шесть: предрифтовые, рифтовые, пассивных окраин, океанические, субдукционные, коллизионные зоны трансформных разломов.

В то же время необходимо отметить, что действительно новый фактический материал о концентрических структурах и линеаментах земной коры является одним из важных аргументов против гипотезы тектоники плит. Существование этих структур опровергает представления о субдукции как о мантийном процессе; концентрические структуры и линеаменты «не реагируют» на множественные тектонические коллизии, возникающие при становлении и расхождении плит. Эти структуры существуют совершенно независимо, что, с одной стороны, подчеркивает, очевидно, их глубинный характер, а с другой — по существу, приводит к отрицанию явлений субдукции и фронтального столкновения плит, когда должны разрушаться (уничтожаться) рудоносные кольцевые структуры и линеаменты; известно, что эти явления, как правило, в структурах современной земной коры не наблюдаются.

Ранее нами было показано [157], что анализ отечественных и зарубежных публикаций по проблемам металлогении применительно к идеям новой глобальной тектоники отчетливо позволил выявить следующие две особенности. Первая из них заключается в том, что практически во всех работах рассматриваются только планетарные закономерности локализации рудных месторождений в масштабах рудных провинций или, как правило, даже целых континентов. Вторая очень важная особенность этих исследований состоит в том, что во всех работах с позиций концепции тектоники плит обсуждаются уже выявленные ранее закономерности и практически не установлено ни одной новой в размещении рудных месторождений как в глобальном масштабе, так и в пределах конкретных регионов. Иными словами, идет «приспособление» идей глобальной тектоники к региональной металлогении, создаются модели различных обстановок, в которых возникают месторождения, без учета конкретных геолого-исторических предпосылок и условий проявления рудных концентраций в структурах земной коры.

Г. А. Твалчрелидзе [134] всесторонне рассмотрел прикладное значение идей мобилизма в металлогении и охарактеризовал многие публикации, освещающие эти вопросы. Его работа освобождает нас от необходимости изложения многих проблем. Он показал, что современные металлогенические схемы, основанные на идеях тектоники плит, не могут претендовать на достоверность и на прогнозное их значение. «Здесь часто демонстрируется недостаточное знакомство их авторов с современным уровнем знаний в области геологии, теоретической и региональной металлогении. В этих опытах не учтены различия между металлогеническими особенностями складчатых поясов, платформ и областей тектоно-магматической активизации. Не придается значения металлогенической специфике разнотипных геологических структур. Более того, отрицается роль в рудообразовании конкретной геологической обстановки. Это придает металлогеническому анализу, построенному на новейших геологических концепциях, абстрактность, при которой учитываются факторы предполагаемые и игнорируются реально наблюдаемые в природе» [134, с. 102]. С такой оценкой роли концепции тектоники плит для региональной металлогении нельзя не согласиться.

В самом деле, напомним, что главные построения тектоники плит в связи с выявлением общих закономерностей рудных месторождений в структурах земной коры связаны с признанием существования различных вариантов столкновения плит и характера их взаимодействия друг с другом. В этом отношении характерны обобщающие работы А. А. Ковалева [53, 54], Л. П. Зоненшайна и др. [47], а из зарубежных публикаций известный «пухлый» труд коллектива авторов [177]; последний очень хорошо отражает абстрактность металлогенических построений, отсутствие конкретного анализа реальных геологических обстановок проявления месторождений, подмену их общими построе-

ниями (ситуациями), возможными в случае интерпретации геологического строения регионов с позиций глобальной тектоники. Все это особенно характерно для работ Р. Силлитое [181—183] по Южной Америке и Пакистану, где все разнообразие рудных провинций, зон и месторождений объясняется путем столкновения плит (Пакистан) и погружения одной плиты под другую с последующим переплавлением пород погруженной под Южно-Американский континент океанической плиты.

Здесь нельзя не вспомнить замечания В. И. Смирнова [116, с. 25], который, касаясь проблем эндогенного рудообразования в связи с концепцией тектоники плит, отмечал, что фактический материал «со всей очевидностью свидетельствует о неспособности банальной концепции «тектоники плит» раскрыть геотектонические условия возникновения рудных месторождений в ходе геолого-исторического развития земной коры». Характеризуя особенности перемещения крупных блоков земной коры, влияние на характер их движений процессов сжатия и раздвигания, В. И. Смирнов подчеркнул, что никаких признаков так называемой субдукции не обнаруживается. При этом он писал: «Рассуждения о том, что все разнообразие магматических пород и эндогенных рудных месторождений возможно объяснить исключительно по способу заталкивания океанических плит под континенты, относятся к категории фантастических. Они не должны уводить нас в сторону от анализа реальных геолого-исторических условий развития как магматизма, так и металлогении» [116, с. 25].

Всесторонний анализ особенностей геологического развития и металлогении Востока Азии в зоне перехода от континента к океану, и прежде всего территории Советского Союза, показывает, что на примере этого огромного региона идеи тектоники плит применительно к вопросам региональной металлогении не находят своего подтверждения. Объяснить всю сложность металлогенической конструкции Востока Азии, используя различные модели столкновения океанических и континентальных плит, современных и далекого прошлого, просто не представляется возможным. Именно здесь, на Востоке Азии, в зоне перехода от континента к океану, фиксируются не различные варианты сочленения плит, а крайне сложные сочетания разнотипных и разновозрастных геологических структур, представленных геосинклинально-складчатыми областями, срединными массивами, областями тектоно-магматической активизации, окраинно-континентальными вулканическими поясами и характерной триадой структур зоны перехода: окраинные моря — вулканические дуги — глубоководные желоба.

Особенно контрастно взаимоотношение разных типов структур, характеризующихся специфическим набором рудных месторождений, проявляется в области сочленения Охотско-Монгольского складчатого пояса с тихоокеанскими структурами. Здесь отчетливо фиксируется самостоятельное развитие монголо-охотских широтных геосинклинальных прогибов, которые закладыва-

лись начиная с протерозоя. На эти структуры накладываются, срезая их, складчатые комплексы Сихотэ-Алиня, которые в свою очередь подвергаются воздействию процессов тектоно-магматической активизации и на них формируется Чукотско-Охотский и Восточно-Сихотэ-Алинский краевые вулканические пояса. Последние представляют собой фрагменты трансрегионального Восточно-Азиатского пояса, связанного в развитии с образованием впадины Тихого океана и образованием базальтовых океанических плато. Каждой из этих структур свойствен специфический набор месторождений полезных ископаемых, которые локализируются в пределах рудных поясов, зон и рудных районов, будучи подчиненными (контролируемыми) конкретным геологическим структурам. Все эти рудоносные элементы не связаны с границами плит и не располагаются на границе блоков океанической и континентальной коры (кроме вулканических дуг и глубоководных желобов) и их положение определяется в первую очередь конкретными для каждого региона геологическими обстановками, весьма далекими от общих геодинамических моделей и их вариантов по схеме столкновения разнотипных плит литосферы.

Е. А. Радкевич [1982 г.] справедливо подчеркивает на примере Тихоокеанского рудного пояса, что состав и генетический тип месторождений определяются характером тектонических зон — условиями их заложения, режимом и динамикой развития. Она отмечает, что перемещение литосферных плит и отдельных континентальных блоков не влияет на особенности проявления и зональность Тихоокеанского рудного кольца. Эта точка зрения находит свое подтверждение и развитие в блестящем исследовании М. И. Ициксона [50].

Таким образом, в настоящее время после определенного «этапа увлечения» идеями гипотезы тектоники плит и их применении для целей регионального металлогенического анализа вновь наступил период трезвого подхода к анализу закономерностей размещения рудных месторождений в структурах земной коры. Аргументация этого приведена в ряде работ [134, 157]. Даже такие активные приверженцы концепции тектоники плит, как Ф. Гайлд [174] и Р. Силлитое [183], ныне весьма осторожно подходят к решению проблем металлогении в связи с этой концепцией, подчеркивая академический, теоретический характер таких построений. При этом многие советские [24, 50, 134] и зарубежные исследователи [176, 178] указывают на невозможность объяснить с позиций гипотезы тектоники плит главнейшие закономерности размещения рудных месторождений и провинций.

В то же время несомненно, что процессы раскалывания единых крупных структур земной коры и дрейф континентов имеют место; это приводит не к возникновению новых рудоносных площадей (провинций и районов), а к разобщению, расчленению ранее сформированных рудных регионов. Это положение хорошо иллюстрируется на примере «разорванных» однотипных рудных поясов и зон Западной Африки и Южной Америки. При анализе

значения идей мобилизма для современной металлогении Г. А. Твалчрелидзе [134] помимо указанных выше проблем рассмотрел модели металлогении отдельных регионов и показал всю сложность, подчас несостоятельность объяснений их формирования с позиций мобилистских представлений, а также осветил вопросы металлогении линеаментов и соотношение рудных формаций и тектоники плит. На основе анализа опубликованного материала им показана важная роль протяженных зон разрывных нарушений в локализации различного оруденения, однако практически не освещен вопрос значения глубинных разломов, обрамляющих литосферные плиты, в размещении оруденения.

Связи рудных месторождений с глубинными разломами хорошо известны, охарактеризованы во многих работах и не вызывают сомнений для определенных групп рудных образований (хромитовых, колчеданных, ртутных, флюоритовых и др.). В то же время совершенно очевидно, что не со всеми глубинными разломами ассоциирует оруденение. Это прежде всего относится к разломам, обрамляющим (ограничивающим) литосферные плиты. Большинство из них, если не все, безрудны. «Если не все» относится к современному океаническому и внутриконтинентальным рифтовым зонам, в пределах которых известны своеобразные полиметаллические месторождения. Однако эти структуры, как правило, раскалывают океанические и континентальные плиты, располагаясь в их пределах, а не обрамляют их. Особое положение занимают крупные блоки срединных массивов, ограниченные глубинными разломами, вдоль которых локализуются многочисленные рудные месторождения [157]. Однако отождествление срединных массивов с крупными жесткими плитами, на которые разбита литосфера Земли, не правомерно, а если это так, то можно утверждать, что глубинные разломы, обрамляющие литосферные плиты, не содержат рудных концентраций и представляют собой особую категорию глубинных разломов, для которых рудные образования не характерны. Одной из особенностей размещения рудных месторождений в структурах земной коры является их локализация в пределах ограниченных, локальных рудоносных площадей или рудных районов, в которых отмечается повышенная концентрация рудных образований. Как известно, рудные районы в ряде случаев располагаются вдоль крупных разломов, часто закономерно в пределах линейных рудных зон и поясов в виде обособленных рудоносных площадей на общем фоне безрудных территорий. В последнее время появляется все больше и больше фактического материала о том, что некоторые группы рудных месторождений, образующих крупные рудные районы, связаны с мантийными источниками рудного вещества [158].

Выше было показано, что между развитием структур земной коры и формированием определенных групп эндогенных месторождений не устанавливается прямой (линейной) зависимости; она имеет значительно более сложный характер, обусловленный, с одной стороны, развитием мантийных рудогенерирующих оча-

гов, очевидно, под влиянием интерателлурических тепломассопотоков, с другой — наложением глубинных магматических и рудных образований на различные структуры земной коры. Вне причинной связи с этапами их развития, когда структуры земной коры (разных рангов и типов) выступают только как благоприятные или неблагоприятные факторы для локализации мантийного оруденения. Такой подход к анализу закономерностей размещения рудных месторождений и районов в структурах земной коры позволяет по-новому оценить представления о «горячих точках», возникших в связи с развитием идей мобилизма [138].

В этом случае возможно допустить, что в глубинных частях литосферы и мантии продолжительно действуют рудогенерирующие очаги («горячие точки»), которые поставляют рудогенные флюиды в структуры земной коры. Однако последние в составе крупных блоков литосферы горизонтально перемещаются над остающейся относительно неподвижной «горячей точкой». Это приводит к образованию в структурах земной коры сходных мантийных месторождений, располагающихся линейно и фиксирующих траекторию движения континентальной плиты над «горячей точкой». Месторождения в этом случае должны иметь различный возраст, «омоложаясь» к одному из флангов рудного пояса или зоны. Сходная картина отмечалась С. Уэдой [138] для Гавайской цепи вулканических островов в Тихом океане. Так это или иначе в отношении размещения мантийных месторождений, в настоящее время утверждать трудно. Во всяком случае подход к объяснению особенностей их размещения с позиций рудоносных «горячих точек» в мантии и смещения по отношению к ним крупных блоков земной коры, по нашему мнению, заслуживает внимания и дальнейшего анализа геологических особенностей локализации месторождений, в первую очередь данных об их возрасте в пределах линейных рудных зон с мантийными месторождениями.

Следует затронуть еще один важный аспект гипотезы тектоники плит в связи с процессами рудообразования, на который впервые обратил внимание А. В. Пейве, указав на особую роль гидротермальных растворов в зоне раздела Мохоровичича [91]. Он отметил, что в этой зоне происходят мощные гидротермальные процессы, вызывающие интенсивную переработку пород верхней части мантии и мафической части нижней коры. Известно, что на сверхглубокой Кольской скважине в зоне границы Конрада установлены пологие зоны повышенной трещиноватости с обильно циркулирующими минерализованными водами. Поэтому имеются все основания предполагать, что вдоль горизонтальных зон смещения крупных геологических масс, в том числе дрейфующих литосферных плит, могут возникать активные гидротермальные растворы, являющиеся не только «смазкой» между блоками (плитами), но формирующие месторождения путем извлечения рудных компонентов из окружающих пород [91, с. 9].

Ранее нами отмечалось, что в зонах горизонтальных смещений крупных геологических масс в пределах гранитного и базаль-

тогового слоев возникают месторождения «альпийского» типа и гранулированного кварца [159]. Указанные вопросы изучены крайне недостаточно, они требуют специальных работ с применением тонких методов изотопных исследований для установления природы рудообразующих элементов и возраста рудных концентраций. Тем не менее такой подход к анализу размещения рудных месторождений и установлению их генезиса вполне правомерен и может открыть новую страницу в наших знаниях о природе рудных концентраций и их возникновении в связи с явлениями горизонтального перемещения крупных геологических масс и дрейфа литосферных плит. Поэтому одна из важных задач современных металлогенических исследований — выявление особенностей размещения и характерных генетических черт месторождений полезных ископаемых, возникающих в связи с широким проявлением в литосфере горизонтальных зон нарушений (срыва геологических масс), интенсивным развитием в их пределах гидротермальных процессов. Крайне ограниченный материал по этому вопросу свидетельствует, что гидротермы, интенсивно проявляющиеся в таких зонах, различны по своему характеру и с ним связаны различные по генезису группы месторождений [91, 158].

Таким образом, идеи гипотезы тектоники плит для решения глобальных и региональных вопросов металлогении, изучения и выявления новых закономерностей размещения рудных месторождений не явились той плодотворной основой, которая могла бы служить надежной теоретической базой для дальнейшего развития металлогенического анализа [111, 116, 134, 158]. В то же время представления о горизонтальном перемещении литосферных плит и менее масштабных блоков земной коры по поверхности Мохорвичича или по другим глубинным разделам различных оболочек тектоносферы позволяют увидеть очень важные, на наш взгляд, новые аспекты применения идей мобилизма к явлениям рудообразования.

Первый из них связан с представлениями о «горячих точках», существующих в мантии и функционирующих длительное время. Эти «горячие точки» являются источниками рудного вещества мантийных месторождений, локализующихся в структурах земной коры, которые испытывают сферическо-горизонтальные смещения по отношению к конкретной «горячей точке», продуцирующей рудное вещество месторождений. Последние в структурах земной коры проявляются, по-видимому, в виде разновозрастных, но сходных рудных районов (месторождений), локализующихся вдоль глубинных разломов. В их размещении наблюдается определенное «скольжение» по возрасту, зависящее от времени функционирования рудопродуцирующей «горячей точки» (источника рудных флюидов в мантии), скорости движения блока земной коры по отношению к более глубоким оболочкам литосферы с «горячими точками» и наличия благоприятных для локализации оруденения разрывных структур.

Второй аспект мобилистской доктрины в связи с процессами

оруденения заключается в исследовании возможностей образования метаморфогенных месторождений, обусловленных движением литосферных плит и отдельных крупных геологических масс в зонах трансформных разломов, прежде всего вдоль плоскостей движения и срыва блоков континентальной коры, а также в зонах надвигов океанической коры на континентальную. Здесь реальна возможность возникновения потоков гидротермальных растворов, перемещающих рудное вещество из метаморфизованных пород горизонтальных зон смещения в вышележащие комплексы (оболочки).

Указанные новые аспекты изучения процессов рудоотложения в связи с явлениями мобилизма представляют, по нашему мнению, значительный интерес и отражают реальную связь процессов мобилизма с возможным возникновением рудных концентраций в верхних оболочках тектоносферы, и в первую очередь в земной коре.

Вместе с тем следует отметить, что, подходя с общих позиций к оценке «металлогенических возможностей» гипотезы тектоники плит, нельзя не согласиться со словами известного приверженца этой гипотезы С. Уэда, который писал: «Тем не менее может наступить время, когда и в нашем «новом взгляде» обнаружатся роковые изъяны и его придется признать устаревшим» [138]. Время, к сожалению, движется очень быстро и отдельные положения гипотезы не выдерживают этого испытания.

Рассматривая представления гипотезы тектоники плит в связи с металлогеническими проблемами в аспекте их философского значения как гипотезы, претендующей на общую теорию геологического развития Земли, с очевидностью и грустью приходится отмечать, что эта гипотеза и ее приложение к учению о закономерностях формирования и размещения месторождений в структурах земной коры близки по философским позициям к элементарному идеализму. Это заключение, которое, возможно, вызовет бурные возражения, основано на том, что данной гипотезе свойственны следующие особенности: а) в ней нет строгой объективности рассмотрения во взаимосвязи различных геологических явлений, не учитывается время проявления геологических процессов и его значение в эволюции сходных тектонических регионов; б) нет многогранности, многосторонности при рассмотрении изучаемых геологических явлений, объектов; происходит подмена точных геологических явлений часто надуманными стандартными ситуациями геологических коллизий; в) существующие геологические теории и представления имеют в общем случае относительный характер, тогда как гипотеза тектоники плит превращает все в абсолютную истину, что ведет к опасной идеализации общей картины геологического развития верхних оболочек литосферы; г) гипотеза тектоники плит и ее «подход» к изучению закономерностей размещения месторождений лишены элементарного конкретного анализа конкретных геологических ситуаций, которые подменяются лишенными геологической основы общими схемами взаимодействия

крупных плит литосферы; д) наконец, что очень важно, в применении металлогенического анализа на основе гипотезы тектоники плит отсутствует практическая сторона исследований, так как нет реального выхода этой гипотезы в практику геологоразведочных работ. Все это вместе взятое свидетельствует о многих слабых сторонах гипотезы тектоники плит и резко ограничивает ее применение в современной металлогении.

Краткие выводы

1. Основные идеи гипотезы тектоники плит не находят подтверждения при рассмотрении региональных закономерностей размещения эндогенных рудных месторождений.

2. С помощью «аппарата идей мобилизма» не выявлено ни одной новой закономерности в размещении рудных месторождений в структурах земной коры. Этот тезис остается в общем виде по-прежнему верен и при решении металлогенических задач с помощью гипотезы тектоники плит.

3. При металлогеническом анализе с позиций тектоники плит не учитываются реальные геологические обстановки проявления месторождений, а вся многогранность и сложность их формирования подменяется несколькими вариантами столкновения или расхождения плит.

4. Концепция тектоники плит явилась мощным стимулом для познания металлогении дна океанов. Кроме того, отдельные стороны этой концепции оказались важными для обсуждения некоторых новых особенностей формирования месторождений. К ним относится прежде всего познание процессов рудообразования в рифтовых зонах, обсуждение вопросов формирования месторождений в связи с представлениями о «горячих точках», а также в связи с явлениями горизонтального перемещения крупных геологических масс.

5. Представления гипотезы тектоники плит имеют для современной геологии определенное значение прежде всего как широкие обобщения о развитии литосферы, трактующие различные явления геологии континентов и дна океана с единых позиций их последовательного эволюционного развития. В то же время отдельные положения этой гипотезы ведут к опасной идеализации общей картины геологического развития верхних оболочек нашей планеты, что непосредственно отражается на решении практических вопросов, связанных с установлением закономерностей размещения и формирования месторождений.

**Главные законы металлогении.
Закономерность и случайность в металлогении;
их взаимоотношения. Общие тенденции
проявления рудных процессов в земной коре**

Выше отмечалось, что в настоящее время металлогения представляет собой совершенно самостоятельную область геологических знаний, самостоятельную науку о закономерностях формирования и размещения эндогенных месторождений полезных ископаемых в земной коре. Науку, имеющую свои специфические методические и методологические принципы и приемы.

Как каждая наука, металлогения должна иметь свои, присущие только этой области знаний, законы, отражающие устойчивые, повторяющиеся взаимоотношения между геологическими явлениями. Это важно не только для познания единства и связей геологических процессов и форм их движения, но и непосредственно для решения практических вопросов, так как на основе геологических (металлогенических) законов должны устанавливаться новые закономерности размещения месторождений.

Вопрос о законах металлогении как науки тесно связан с общей проблемой геологических законов. Существуют ли точно установленные законы в геологии, собственно геологические законы, объективно отражающие наиболее постоянные, наиболее конкретные взаимосвязи между геологическими явлениями? К сожалению, по этому вопросу нет единой точки зрения. Как это ни странно, но многие исследователи в настоящее время полагают, что для геологии полностью применимы общие законы биологии [70, 104]. Так, например Г. М. Власов считает, что «общность законов развития органического и неорганического мира определяет возможность использования для разработки принципов и методики системного подхода в рудной геологии опыта его применения в других естественных науках, в частности в биологии» [70, с. 221]. Конечно, такая общность намечается, она определяется прежде всего существованием общих законов диалектического материализма, всеобщими, универсальными законами диалектики (например, переход количественных изменений в качественные и т. д.).

Однако более правильно, по-видимому, думать, что геологические, в том числе металлогенические законы представляют собой особую категорию конкретных для данной науки сообществ устойчивых закономерностей, определяющих главные особенности развития тех или иных геологических явлений. Прав И. П. Шарпов [154], который отмечал, что проблема геологических законов

уже давно созрела для ее исследования. В работе, посвященной этой проблеме, он показал, что геологические законы имеют право на самостоятельное существование, и только отсутствие методологических принципов выделения не позволяет в настоящее время их точно сформулировать с учетом масштабности и значения тех или иных геологических явлений. Л. И. Красный считает, что «в теоретическом осмысливании закономерностей геологических явлений имеется существенное отставание. Это связано с тем, что различные отрасли геологической науки не объединены ни общими идеями, ни общими задачами, или, что самое главное, общей теорией» [61, с. 7]. В ряде случаев геологические законы подменяются физическими и химическими и тогда индивидуальность геологических закономерностей (законов) не только теряется, но, по существу, заменяется законами развития других наук. Нельзя не отметить, что хотя для геологов наличие геологических законов очевидно, из-за отсутствия должной методологической основы они в настоящее время не могут быть точно сформулированы [154], прежде всего для региональных геологических событий. В полной мере это относится и к металлогении.

В то же время для металлогенической науки важное значение имеют общие законы диалектического материализма, такие как закон перехода количественных изменений в качественные, закон единства противоположностей и др. Возможности применения к металлогении этих общих законов диалектики будут рассмотрены ниже. Сейчас подчеркнем, что в металлогении как самостоятельной отрасли геологической науки действуют свои специфические закономерности и законы. Однако большинство устойчивых взаимосвязей геологических явлений (событий), предопределяющих формирование месторождений, по нашему мнению, более правильно относить к разряду металлогенических закономерностей, а не законов. Анализ этих закономерностей, достаточно многочисленных и имеющих свои провинциальные особенности в каждом регионе, не позволяет, в особенности с учетом последнего обстоятельства, возводить их в ранг закона, действующего всегда однозначно в каждой рудной провинции, для каждой группы месторождений. Поэтому говорить о существовании многих законов в металлогении в настоящее время не приходится.

Металлогения с самого начала возникновения активно воздействовала на развитие смежных геологических наук и дисциплин. В значительной степени базируясь на достижениях других наук и синтезируя их результаты, металлогения, оформившись после известных исследований С. С. Смирнова и Ю. А. Билибина в научное направление, могла успешно развиваться только на основе современных, наиболее прогрессивных методологических и методических принципов.

Методологической основой металлогении как науки с первых шагов ее развития был диалектический анализ геологических явлений. Именно материалистическая диалектика, рассматривающая явления, происходящие в природе, во взаимосвязи и взаимо-

зависимости, служит методологической основой современного металлогенического анализа, позволяющей наиболее достоверно вскрывать действительную историю возникновения и особенности локализации рудных концентраций в земной коре. Такой подход к анализу закономерностей проявления минеральных месторождений в земной коре является единственно правильным, он показывает, как при конкретном применении диалектический материализм становится важным, действенным оружием научного познания сложных закономерностей геологических явлений. Иными словами, философской, методологической основой решения сложных проблем металлогенического анализа является диалектический материализм, который «не является наукой над другими науками, а представляет собой инструмент научного исследования, метод, пронизывающий все науки о природе и обществе и обогащающийся данными этих наук в ходе их развития»*.

Казалось бы, в настоящее время представления о неразрывной связи рудных процессов с другими геологическими явлениями — осадконакоплением, магматизмом, тектоникой и др. — являются общепризнанными, а положение о том, что рудообразование составляет одну из сторон геологического развития нашей планеты, лежит в основе выявления закономерностей размещения и локализации месторождений в геологических структурах земной коры. Однако некоторые исследователи полагают, что закономерной связи между рудными процессами и другими геологическими явлениями, в особенности тектоникой, не существует, она случайна и рудные месторождения представляют собой «вещь в себе». В этом отношении показательны представления Ж. Гогеля [1969 г.], который считает, что проявление месторождений и минерализованных зон всегда случайно и в настоящее время нельзя определить «почему один участок оказывается рудоносным, а другой, совершенно сходного строения, не содержит оруденения».

Пожалуй, как ни в одной другой из наук естественного цикла, в геологии вообще и в металлогении в частности существует такое положение, когда собственно геологические или металлогенические законы (понимая под законом устойчивые взаимосвязи явлений) на современном уровне нашего познания геологических процессов в большинстве случаев не могут считаться неизбежными и постоянными. Даже «закон» геосинклинального развития земной коры не является законом, так как он основан на субъективной во многом интерпретации геологических процессов и в последние годы, например, вызывает серьезные замечания со стороны последователей гипотезы новой глобальной тектоники или тектоники плит.

Б. П. Высоцкий [27] справедливо отмечает, что среди геологических законов имеются особые законы, которых нет в физике и

* Жданов А. А. Выступление на дискуссии по книге Г. Ф. Александрова «История западноевропейской философии» 24 июня 1947 г. М., Госполитиздат, 1953, с. 10.

химии. «Труднейшая задача геологического (металлогенического. — А. Ш.) исследования заключается в том, чтобы провести ее между Сциллой безграничной индивидуализации и Харибдой неоправданной идеализации (генерализации)» [27, с. 216]. Это замечание полностью относится и к металлогеническому анализу, где «чувство меры» у исследователя имеет важное значение для правильного выбора решения, способствует наиболее объективному познанию закономерностей.

Поэтому в настоящее время было бы неверным говорить о существовании многих уже твердо установленных геологических (металлогенических) законов, которые имели бы столь же общее значение, как законы, установленные, например, в физике и химии. В то же время и металлогении как самостоятельной науке присущи свои законы, сопоставимые по значению с законами других наук. Главным из них, наиболее достоверным и всеобщим, является закон о взаимосвязи тектонических и металлогенических процессов. Этот закон кратко может быть сформулирован следующим образом: определенные типы месторождений полезных ископаемых проявляются в определенных типах тектонических структур. Это положение применимо к структурам различных порядков и классов и находит подтверждение как для региональных, так и для локальных структур, оно имеет общее, практически универсальное значение, не ограниченное типом и масштабом (рангом) тектонических элементов. Это положение, на наш взгляд, не требует подтверждения фактическим материалом. Оно в настоящее время настолько очевидно, что у большинства исследователей, даже принадлежащих к различным школам, не вызывает сомнений.

Роль тектоники в познании причин проявления рудных месторождений, установлении закономерностей их размещения невозможно переоценить. Именно тектоника — это ключ к познанию закономерностей размещения месторождений в структурах земной коры. Не случайно А. В. Пейве неоднократно подчеркивал настоятельную необходимость через тектонические явления видеть металлогенические следствия [91, 92]. Ю. А. Косыгин отмечал, что «любые тектонические исследования должны в конечном счете приводить к практическим результатам» [59, с. 7]. Полагаю, что в первую очередь это относится к вопросам выявления закономерностей размещения месторождений полезных ископаемых, т. е. к металлогении. На это ранее обращал внимание Н. П. Херасков [148], указывая на широкие возможности тектонического анализа при изучении особенностей проявления месторождений. Многие годы тому назад он писал: «Общепризнанно, что тектоника имеет большое значение для изучения полезных ископаемых, но все же представляется, что используется она недостаточно и что конкретный анализ отдельных вопросов слишком часто подменяется отвлеченными рассуждениями о большом значении тектонического характера. Следовательно, нужно разобраться в способах применения тектоники, постараться выяснить причины ее недостаточ-

ного использования, а тем самым облегчить и устранить этого недостатка» [148, с. 14].

Можно с уверенностью утверждать, что в настоящее время созданы научные основы прогноза размещения полезных ископаемых в различных структурах земной коры, причем это достигнуто с учетом и на основе последних достижений тектонической мысли. Сегодня уже окончательно очевидно, что металлогения и тектоника — это две главные основные части научного прогноза размещения месторождений полезных ископаемых и выбора на этой основе оптимальных направлений поисковых работ. В то же время следует иметь в виду, что научная диада «металлогения и тектоника», взаимосвязь этих геологических дисциплин, несмотря на успехи каждой из них, содержит еще много нерешенных проблем и вопросов. Но тем не менее закон взаимосвязи металлогении с тектоникой, тектонических структур с закономерностями размещения месторождений является главным при проведении металлогенических исследований.

Полагаю, что ранее нами высказывались ошибочные представления [157] о том, что в металлогении действует и другой важный закон о линейном размещении месторождений, который формулировался следующим образом: линейное, поясовое размещение рудных месторождений, находящее отражение в региональной металлогенической зональности, является законом пространственного размещения рудных месторождений в земной коре. Этот «закон» представляет собой частный случай первого, но он не охватывает сейчас в общем виде все главные закономерности размещения месторождений, в особенности когда в настоящее время выявилось важное значение кольцевых структур для локализации оруденения. Если закон не универсален — это уже не закон, возможно частная закономерность, в лучшем случае закономерность высшего ранга.

Для металлогении важное значение имеют общие законы диалектики, общие законы естествознания, в частности закон о переходе количественных изменений в качественные, который обычно в металлогении подтверждается на примере многих рудных провинций и районов, когда на фоне многочисленных рудопроявлений того или иного металла возникают (формируются) крупные рудные месторождения и районы, где сосредоточена основная масса данного полезного ископаемого. Причем этот закон действует в металлогении не только в «одной плоскости времени», он характерен для крупных отрезков времени, когда интенсивность проявления месторождений того или иного полезного ископаемого возрастает от одного геологического периода к другому и дает «количественную вспышку» только в определенную геологическую эпоху.

Для металлогении важен и другой общий закон естествознания — о единстве противоположностей. Его главную суть — нет противоположностей без их единства, так же как нет единства без противоположностей — следует всегда иметь в виду и учитывать

при выделении геологических и прежде всего рудных формаций, когда в многочисленном рое фактов необходимо найти и выбрать те, которые представляют собой главные признаки формаций, несмотря на, казалось бы, отсутствие между ними устойчивых связей и видимую противоположность.

Что касается применения биологических законов в металлогении, в частности общего закона развития Геккеля — Мюллера (онтогении — филогении), утверждающего, что индивидуальное развитие живого существа повторяет развитие вида, то его применение в металлогении, по мнению автора, достаточно ограничено и возможно прежде всего с определенными допущениями в минералогии и при изучении частных вопросов рудной геологии (последовательности отложения рудных минералов, проявлении стадий минерализации и реже месторождений только определенных формаций). Использование этого закона для предсказания и изучения характера эволюции геотектонических циклов и рудоносных структур разных рангов в настоящее время достаточно иллюзорно. Широкое применение этого закона для изучения магматогенно-рудных систем, как это предлагает Г. М. Власов [70], не представляется целесообразным, так как будет способствовать «идеализации» рудной геологии, а не выявлению присущих ей специфических и индивидуальных в каждом регионе черт и особенностей.

Совсем иное дело, когда мы говорим о закономерностях в геологии или металлогении. Геологическая природа дает в руки исследователя громаднейший фактический материал, анализ которого позволяет выявить ряд общих взаимосвязей между геологическими явлениями, они систематически повторяются в одном или нескольких регионах и позволяют на основании установленных взаимосвязей выявить определенные закономерности. Например, связь кварц-касситеритовых месторождений (конкретного региона) с кислыми гранитами или приуроченность низкотемпературных флюоритовых месторождений к зонам разрывных нарушений и т. д.

Б. П. Высоцкий [27] подчеркивает, что одной из важных задач современной геологии является критическое обобщение материала, уже накопившегося по геологическим закономерностям, и его классификация. Именно в металлогении при анализе явлений, контролирующего появление и размещение месторождений, наиболее отчетливо выделяются определенные закономерности, которые, проявляясь систематически, помогают установлению геологических законов: устойчивых связей геологических объектов, отражающих закономерное взаимообусловленное проявление геологических процессов.

В металлогении закономерность выражает обычно одну достаточно постоянную форму связи определенных явлений. В задачу металлогенического анализа поэтому и входит в первую очередь выявление главных закономерных связей геологических явлений, определяющих возникновение месторождений полезных ископае-

мых. В цепи общих установленных закономерностей развития геологических процессов могут быть исключения или определенные отклонения, которые могут рассматриваться как явления случайные, резко отличающиеся от, казалось бы, уже твердо установленных и выявленных. Явления, которые рассматриваются в металлогении как случайные, в большинстве случаев — результат влияния на закономерно развивающиеся геологические процессы внешних (случайных) для них обстоятельств (причин). Приведем два примера таких случайных явлений.

В одном из редкометалльных регионов устанавливалась закономерная связь олово-вольфрамовых высокотемпературных месторождений с трещинными штокообразными интрузиями кислых гранитов, приуроченными к песчанико-сланцевым толщам. Связь таких месторождений с трещинными гранитами, развивающимися главным образом среди терригенных пород, рассматривалась как определенная строгая закономерность, подтверждающаяся открытиями новых месторождений в процессе поисковых работ. В одном из районов в толще песчанико-сланцевых пород были установлены пласты известняков, в которых на контакте с рудоносными гранитами возникали шеелитоносные скарны, образующие крупные и богатые залежи вольфрамовых руд. В этом случае появление известняков в разрезе флишеидных толщ и возникновение скарновых шеелитовых месторождений может рассматриваться как явление случайное на общем фоне закономерного развития олово-вольфрамовых месторождений кварцевого типа в силикатных породах.

Другой пример относится к золоторудным месторождениям, для которых, как известно, породы с углистым веществом являются наиболее благоприятным фактором локализации богатого золотого оруденения. Однако во многих регионах такие благоприятные для концентрации золотого оруденения условия в конкретных рудных полях проявляются не закономерно, и возникновение в кварцевых жилах богатой золотой минерализации, например на контакте с углистыми сланцами, часто воспринимается как случайность.

Важной особенностью случайных явлений в металлогении является следующее обстоятельство: случайность должна рассматриваться как зародыш, как первый признак будущей закономерности. Для металлогении как науки такое философское понимание случайности чрезвычайно важно, так как оно способствует открытию новых закономерностей. Поэтому случайность, случайные явления в металлогении всегда следует рассматривать с диалектических позиций, имея в виду возможность их превращения в новую важную закономерность.

Возвращаясь к олово-вольфрамовым месторождениям (о них шла речь выше), подчеркнем, что открытие шеелитовых месторождений скарнового типа, которое воспринималось на первых этапах их изучения как случайное явление, в дальнейшем приобрело значение закономерности, так как было установлено следую-

щее: наиболее крупные промышленно важные месторождения вольфрама повсеместно в регионе связаны с карбонатными толщами и представлены месторождениями скарнового типа, хотя они и ассоциируют с тем же комплексом трещинных гранитов, что и жильные вольфрамитовые месторождения.

В общем виде одна из задач металлогении и состоит в том, чтобы, раскрывая сущность случайных явлений, вскрывать закономерности.

Однако случайность нельзя отождествлять со случайными открытиями, хотя в металлогении эти два понятия достаточно близки. Известно, что в науке в процессе познания человеком природы случайным открытиям принадлежит заметная роль. В геологии, например, к числу неожиданных открытий, по-видимому, следует отнести обнаружение С. С. Смирновым касситерита в рудах изученных им полиметаллических месторождений. Именно это в какой-то мере случайное открытие оловянных минералов в полиметаллических рудах привело в дальнейшем к теоретическому обоснованию и последующему выявлению очень важной в промышленном отношении группы сульфидно-касситеритовых месторождений.

Металлогении как самостоятельной науке, которая сформировалась в последние два десятилетия, присущи некоторые характерные особенности развития, свойственные современному естествознанию и имеющие определенные философские аспекты. Одна из них состоит в том, что в металлогении новые идеи и теории возникают почти одновременно в разных научных коллективах и у различных исследователей. Эти теории и идеи, конечно, не идентичны, они трактуют вопросы в разных аспектах, но стратегический их смысл является общим. Это положение можно достаточно хорошо проиллюстрировать на примере новых концепций о металлогении областей тектоно-магматической активизации и новых металлогенических идей, использующих представления тектоники плит.

Диалектика современного научного познания состоит в том, что многие новые идеи и теории в определенный период времени служат стимулом прогресса, а затем постепенно начинают тормозить развитие того или иного научного направления. Это общее положение присуще и металлогении, где, как известно, наблюдается сходная картина. Например, идеи о строгой приуроченности эндогенных месторождений только к пяти этапам развития геосинклиналей на определенном этапе научного познания тормозили развитие представлений о связи рудных месторождений с процессами тектоно-магматической активизации; или возведение в абсолют представлений о связи рудных месторождений со специализированными интрузиями сдерживало развитие новых идей об ассоциации оруденения с различными вулканогенными формациями и т. д.

В настоящее время для металлогении приобретает большое значение переоценка уже известного фактического материала

с новых теоретических позиций, причем такой пересмотр во многих случаях способствует рождению новых теоретических представлений, равнозначных крупным научным открытиям.

Современная металлогения — крайне молодая наука, которая в процессе развития совершенствовалась и продолжает совершенствоваться методика исследований, методы металлогенического анализа. Как отмечалось, металлогенический анализ представляет собой совокупность методов, с помощью которых выявляются (устанавливаются) закономерности размещения полезных ископаемых в земной коре. Его характерная особенность — изучение отдельных геологических явлений как частей единого целого с одновременным синтезом получаемых результатов (выводов).

Методы металлогенического анализа различны по задачам и содержанию и заключаются в общем виде в изучении факторов (геологических, геохимических, геофизических и др.), определяющих какую-либо одну из сторон устанавливаемых закономерностей. Эффективность металлогенического анализа во многом зависит от полноты использования последних достижений и теоретических представлений различных разделов геологической науки.

В наиболее развернутом виде (после работ Ю. А. Билибина) общие принципы (методы) регионального металлогенического анализа были изложены в коллективном труде сотрудников ВСЕГЕИ [85], в котором развивались представления Ю. А. Билибина о формировании складчатых областей и проявлении определенных магматических и рудных комплексов в пять главных этапов. Эта работа имела большое значение для развития региональной металлогении, однако общие методические основы металлогенического анализа геологических явлений в ней практически подменялись универсальной схемой металлогенического развития складчатых областей. В последующие годы она претерпела определенные изменения при применении ее к анализу металлогении конкретных регионов, была дополнена и развита рядом исследователей на основе нового фактического материала.

В настоящее время, когда в нашей стране накоплен большой опыт металлогенических исследований, созданы обобщающие работы по металлогении отдельных регионов и главным тектоническим элементам земной коры, разработаны принципиальные представления об эволюции рудных процессов в пространстве и во времени, с нашей точки зрения, нет необходимости в создании жестких универсальных схем металлогенического развития крупных тектонических элементов земной коры, которые могли бы быть пригодны «на все случаи жизни» для металлогенического анализа любых регионов.

Практика показывает, что такие идеализированные металлогенические схемы, хотя и имеют важное значение, на современном этапе развития металлогении не могут служить главной методической основой металлогенического анализа. Значительно более важным сейчас представляется разработка самих общих методических основ изучения различных геологических явлений, опреде-

ляющих образование и закономерности размещения месторождений. Это необходимо прежде всего для того, чтобы различные исследователи с одинаковых позиций могли производить металлогенический анализ разных регионов, выявлять объективные закономерности размещения минеральных месторождений в земной коре, наиболее эффективно используя их для целей прогноза. В этом случае, нам кажется, возможен наиболее творческий подход как к анализу особенностей развития тех или иных регионов в историческом аспекте, так и к выявлению закономерностей проявления месторождений полезных ископаемых в пространстве и во времени в конкретных крупных тектонических структурах.

Таким образом, наиболее объективным методом металлогенического анализа, как это в настоящее время справедливо считают многие исследователи, является структурно-формационный метод, основанный на сочетании тектонического и формационного анализов конкретных регионов. Структурно-формационный метод позволяет наиболее достоверно производить выделение различных тектонических элементов конкретных регионов и отдельных рудоносных площадей, а также устанавливать парагенетические и генетические взаимосвязи разных геологических образований, в том числе и месторождений полезных ископаемых с осадочными, осадочно-вулканогенными, магматическими и метаморфическими формациями.

Металлогеническая наука неразрывно связана с практикой геологоразведочных работ, которая в ряде случаев подтверждает истинность металлогенических построений. Очень важной формой прикладного использования закономерностей, выявленных при металлогеническом анализе, служат научные прогнозы с оценкой перспектив рудности тех или иных геологических структур и регионов. Открытие новых месторождений и рудных районов на основе металлогенических прогнозов является кульминационным моментом региональных металлогенических исследований, определяющим достоверность научно разработанных металлогенических гипотез.

Общие тенденции проявления рудных процессов в земной коре и о трех принципиально различных группах (классах) рудных месторождений в литосфере. Ранее была показана [158] возможность выделения в литосфере трех принципиально различных групп рудных процессов, которые проявляются в земной коре одновременно при параллельном развитии рудогенерирующих очагов в пределах разных геосфер.

Отмечалось, что магматические очаги и источники рудного вещества могут функционировать параллельно (одновременно) на уровнях разных оболочек литосферы. В этих случаях возникают так называемые полиформационные рудные районы, в которых совместно проявляются месторождения, как обусловленные развитием структурно-формационных зон разных стадий развития земной коры (коровые месторождения), так и связанные с источниками вещества в мантии (мантийные месторождения). В осо-

бенности широкое развитие полиформационные рудные районы имеют в пределах Тихоокеанского сегмента Земли [158]. Их изучение наряду с исследованиями сходных рудных районов в других регионах (Забайкалье, Рудные горы, Корнуолл) подтверждает представление о существовании различных источников рудного вещества и одновременном формировании в структурах земной коры собственно коровых и мантийных месторождений.

Кроме указанных двух различных по источникам рудного вещества крупных групп эндогенных месторождений следует отметить еще одну группу рудных образований, которые, очевидно, проявляются одновременно с предыдущими, но генетически не связаны с ними и обусловлены развитием в земной коре горизонтальных перемещений крупных геологических масс. В регионах, где такие явления представлены широко (Альпы, Урал), на верхних уровнях земной коры известны фильтрационные месторождения «альпийского типа», на нижних, возможно, возникают метаморфические месторождения в связи с перегруппировкой рудного вещества вдоль горизонтальных зон тектонического нарушения. По-видимому, к этой группе относятся метаморфизованные месторождения гранулитового кварца. Здесь следует вновь напомнить интересные выводы А. В. Пейве [91] о том, что в океанической и континентальной коре, особенно при тектоническом утонении последней в зоне раздела Мохоровичича, происходят мощные процессы гидротермальной переработки пород верхней мантии, которые имеют важное значение для понимания природы рудообразующих систем, возникающих при горизонтальном перемещении тектонических блоков.

Иными словами, по современным данным, в земной коре в пределах ее разных тектонических элементов на территории крупных регионов, реже на локальных рудоносных площадях фиксируются рудные процессы в виде определенных групп месторождений (рудных формаций), которые проявляются параллельно (одновременно), но генетически связаны с принципиально различными событиями, протекавшими на уровне разных геосфер Земли. В настоящее время выделяются следующие три группы таких месторождений: 1) связанные с развитием геологических структур земной коры, источниками рудных растворов которых являются коровые магмы; 2) «мантийные» рудные месторождения, источники рудного вещества которых находятся в глубинных подкоровых зонах и, очевидно, связаны с существованием «рудных» неоднородностей в мантии; 3) месторождения, возникающие из гидротермальных растворов, образующихся при перемещении крупных блоков верхних слоев литосферы («блоковые» месторождения).

Генетическая природа месторождений этих групп существенно различна, так же как и закономерности их размещения в структурах земной коры. Их существование отражает в определенной степени и три главных направления развития тектонических (геологических) процессов в литосфере: 1) в ее верхней оболочке —

земной коре; 2) в глубинных частях литосферы; 3) в связи с горизонтальным перемещением крупных блоков литосферы.

Подразделение рудных месторождений на три указанные группы в свою очередь позволяет наметить в развитии рудных процессов в литосфере три генеральных пути (направления), три крупные закономерности, которые в совокупности отражают единство и сложность проявления рудных месторождений в верхней ее оболочке — земной коре. Первая из них наиболее характерна для коровых месторождений: она отражает последовательное, иногда унаследованное или полициклическое развитие рудных процессов. Подобные явления устанавливаются в геосинклинально-складчатых областях и в чехле платформы. В этих структурах рудные месторождения всегда развиваются направленно (последовательно), когда одни месторождения, связанные с определенными структурно-формационными зонами, закономерно сменяются другими. Известны случаи, когда отдельные группы месторождений проявляются в эмбриональном развитии или редуцированы. В некоторых регионах одни и те же месторождения или группы месторождений проявляются дважды, реже трижды, т. е. полициклично, иногда с определенным смещением в пространстве в пределах однотипных структурно-металлогенических зон (Забайкалье, Урал, Казахстан). Явления унаследованности устанавливаются, как правило, в развитии рудных осадочных процессов в чехле платформ, когда в разных частях разреза возникают сходные типы месторождений, формирующиеся в результате размыва и последующего переотложения определенных рудоносных горизонтов (например, разновозрастные железорудные месторождения Западной Австралии).

Вторая общая закономерность в формировании рудных месторождений в структурах земной коры заключается в параллельном (одновременном) проявлении месторождений, имеющих разные источники рудного вещества. Это устанавливается в тех случаях, когда в структурах земной коры одновременно образуются коровые и мантийные месторождения или когда проявляются одновременно разные типы (группы) мантийных месторождений. Кроме того, одновременно с ними могут возникать и «блоковые» месторождения.

Третья важная особенность (закономерность) проявления рудных месторождений в земной коре заключается в широко развитых процессах наложения одних рудоносных структур (и месторождений) на другие. Это особенно четко устанавливается для мантийных рудных образований, которые всегда накладываются по разломам на структурно-металлогенические зоны с коровыми месторождениями.

Таким образом, формирование рудных месторождений в структурах земной коры носит в целом сложный характер, в котором процессы последовательного, параллельного (одновременного) и наложенного их развития тесно переплетаются друг с другом и определяют практически все разнообразие металлогенических осо-

бенностей (закономерностей) проявления рудных месторождений в земной коре. Совершенно очевидно, что «управляют» появлением месторождений в земной коре тектонические процессы, происходящие на разных уровнях тектоносферы. И конечно, тектонике в этом плане принадлежит ведущая роль в выявлении закономерностей размещения месторождений, причин появления тех или иных рудных формаций в структурах земной коры.

В общем случае в настоящее время большинством исследователей принимается последовательный, точнее последовательно-наложенный характер развития тектонических (и рудных) процессов, когда тектонические режимы и структурные элементы проявляются (формируются) друг за другом или в пределах смежных территорий, или накладываются на ранее образованные структуры. В то же время параллельная (одновременная) форма развития рудных месторождений позволяет предполагать существование аналогичных тектонических явлений. Об этом свидетельствует постепенно накапливающийся фактический материал, прежде всего по особенностям геологического строения и типам рудных районов Тихоокеанского подвижного пояса. Становится очевидным, что разные по своей сущности геологические процессы проявляются в земной коре в пределах одних и тех же площадей одновременно или несколько смещенно во времени [92, 133].

А. В. Пейве и А. А. Савельев справедливо отмечают, что структурная эволюция литосферы регламентируется множественной периодичностью тектонических движений, при этом каждый из участков литосферы или мантии одновременно участвует во многих типах движений [92, с. 24]. Эта одна из важнейших особенностей развития геологических (тектонических) процессов отчетливо проявляется на востоке нашей страны в пределах Тихоокеанского сегмента Земли. Выше отмечалось, что одним из таких регионов является обширная область сочленения широтных структур Монголо-Охотского пояса с меридиональными структурами Пацифика. Подчеркивалось, что в этой зоне сочленения тихоокеанских и монголо-охотских структур устанавливается практически одновременное формирование мезозойских (позднеюрских) геосинклинальных прогибов, структур тектоно-магматической активизации (юра и мел) и наложенных окраинно-континентальных поясов. В других регионах, например в Приморье и некоторых районах западного побережья Северной Америки, геосинклинальные процессы также практически не оторваны от явлений тектоно-магматической активизации и формирования прибрежных вулканических поясов.

В северной части Сихотэ-Алинского вулканического пояса достаточно отчетливо устанавливается одновременное проявление вулканических образований с верхнемеловыми геосинклинальными комплексами. На это указывает постепенный переход по латерали терригенных образований в вулканиты, широкое развитие в основании пояса шаровых лав андезитов с прослоями кремни-

стых пород, что свидетельствует об излиянии магмы в водную среду, а также общий характер дислокаций геосинклинальных отложений и нижней части вулканического комплекса.

Сходные геологические явления устанавливаются и в других регионах. Так, например, в Корьякии формирование молодых офиолитовых зон со сложным комплексом формаций совпадает по возрасту с проявлением процессов тектоно-магматической активизации и частично образованием континентальных вулканитов [46].

Эти данные в совокупности говорят о том, что параллельное (одновременное) проявление геологических (в том числе тектонических и рудных) процессов на одних и тех же площадях имеет широкое развитие и требует специальных исследований. Для металлогении и рудной геологии указанные представления имеют важные практические следствия, прежде всего связанные с направлением поисковых работ на осадочно-гидротермальные месторождения разных типов в пределах геосинклинальных прогибов, где в условиях водной среды проявляются мантийные месторождения [158]. С тектонических позиций явления параллельного развития рудных процессов, обусловленные разными первопричинами, практически не изучены. Их познание — очень важная проблема, связанная с правильным пониманием сущности многих геологических и металлогенических явлений. Она имеет большое прикладное значение, так как связана с изучением геохимических неоднородностей в глубинных зонах литосферы и причин, вызывающих превращение этих «эмбриональных месторождений» (неоднородностей) в крупные рудные концентрации. Одна из этих причин — несомненно, тектоническая, заключающаяся, по нашему мнению, в особой «рудостимулирующей» роли глубинных разломов, достигающих мантии и ее первичных геохимических неоднородностей («эмбриональных месторождений»).

Таким образом, в структурах земной коры следует выделять три группы (класса) рудных образований (месторождений), формирующихся в связи с принципиально различными геологическими процессами. Эти группы месторождений и закономерности их формирования и размещения отражают три главных направления развития геологических событий в литосфере. Первая группа месторождений связана непосредственно с эволюцией структур земной коры (коровые месторождения); вторая группа обусловлена развитием глубинных, подкоровых частей литосферы (мантийные месторождения); третья группа связана с горизонтальным перемещением крупных геологических масс (блоков) литосферы, прежде всего земной коры, возможно, под влиянием космогенных сил («блоковые» месторождения). Эти месторождения могут формироваться в структурах земной коры одновременно (параллельно) в пределах одних и тех же рудоносных площадей.

Развитие рудных процессов в земной коре имеет сложный характер и представляет собой сочетание последовательного, параллельного (одновременного) и наложенного проявления рудных месторождений в структурах верхней оболочки Земли. Эти пути

развития рудных процессов тесно переплетаются между собой в пространстве и во времени, обуславливая разнообразие и специфику металлогенических особенностей конкретных регионов; их изучение имеет практические следствия. Конечно, развитие рудных процессов в литосфере невозможно рассматривать в отрыве от общих закономерностей эволюции тектонических процессов. Здесь нет необходимости специально обсуждать эту сложную и многообразную проблему. В самом общем виде главную направленность тектонических процессов отразил В. Е. Хаин [146], показав всю их сложность, заключающуюся прежде всего в диалектическом понимании прерывистости — непрерывности, цикличности — направленности и редуцированности геологических (тектонических) явлений.

Одной из важнейших общих тенденций развития геологических процессов и структур Земли является тенденция к усложнению и нарастанию дифференцированности тектонических движений и характера геологических формаций как по площади, так и во времени.

Главная общая закономерность в развитии литосферы, по-видимому, заключается в том, что ее развитие осуществляется по спирали, одни сходные в отдельных элементах геологические процессы и структуры сменяются во времени другими, но они именно сходны, а не тождественны, причем во многих случаях сходство бывает только кажущимся. Это самое общее диалектическое положение, подтверждаемое анализом конкретного фактического материала, не позволяет применять в полной мере принцип актуализма для познания особенностей развития древних эпох. Именно в использовании этого принципа заключается методологическая ошибочность подхода сторонников гипотезы тектоники плит, считающих, что модели развития современных океанов пригодны для познания геологической истории прошлого.

Развитие геологических, в том числе и рудных процессов по спирали с диалектических позиций предопределяет их изменение во времени, несмотря на кажущееся тождество, обусловленное сходством циклично проявляющихся явлений. Поэтому, говоря о неизменности геологических процессов на всем протяжении геологической истории и доказывая это положение, следует иметь в виду необходимость выявления отличительных особенностей сходных процессов для различных временных этапов геологической истории. Это одна из важнейших задач современной геологии.

Краткие выводы

1. Современная металлогения в своих исследованиях руководствуется главным законом, имеющим общее значение при анализе закономерностей размещения месторождений в геологических

структурах разного ранга. Этот закон в общем виде может быть сформулирован следующим образом: определенные типы месторождений полезных ископаемых проявляются в определенных типах тектонических структур. Важное значение для металлогенического анализа имеют общие законы диалектического материализма.

2. Особое значение в металлогении имеет понятие о закономерностях, постоянных, устойчивых взаимосвязях геологических явлений. В то же время для металлогенического анализа крайне важно познание сущности случайных явлений, что позволяет выявлять новые закономерности и видеть в случайных явлениях и взаимосвязях признаки других закономерностей. Это одна из важных сторон металлогенического прогноза.

3. Проявление рудных процессов в литосфере имеет сложный характер и представляет собой сочетание последовательного, параллельного (одновременного) и наложенного развития рудных месторождений в структурах земной коры. Выделяются три группы (класса) рудных месторождений, формирующихся в связи с принципиально различными геологическими процессами: коровые, мантийные и обусловленные перемещением крупных геологических масс («блоковые» месторождения).

4. Развитие рудных процессов во времени происходит в земной коре по принципу спирали, что определяет разнообразие месторождений и отсутствие тождественных (а не сходных!) рудных образований в различные эпохи. Это же обстоятельство исключает применение в металлогении принципа актуализма без введения соответствующих «поправок», в особенности при использовании абстрактных моделей концепции тектоники плит в приложении к закономерностям размещения рудных месторождений.

Металлогения и геологическая практика. Всегда ли практика — критерий истины!

Металлогеническая наука в нашей стране, по существу, выросла и превратилась в самостоятельное научное направление благодаря запросам практической геологии, благодаря требованиям промышленности к созданию надежной сырьевой базы различных видов минерального сырья. Эти требования определили разработку научных основ прогноза размещения месторождений в различных структурах земной коры, что в свою очередь активно повлияло на выбор оптимальных (к сожалению, не всегда) направлений поисковых работ.

В настоящее время роль и значение металлогении как науки, неразрывно связанной с решением практических задач, достаточно очевидны; на ее примере отчетливо видно, как учение о закономерностях размещения полезных ископаемых в земной коре постепенно превращается в непосредственную производительную силу, становится одним из источников экономического прогресса. Однако, несмотря на имеющиеся крупные достижения в этой области, нельзя не заметить, что в отличие от других наук (физики, химии, математики) научное воздействие металлогении на социально-экономическое развитие страны все еще недостаточно эффективно, во многом носит случайный характер и не отвечает в полной мере уровню научно-технической революции, охватившей в настоящее время наше народное хозяйство. Поэтому на современном этапе развития металлогенических исследований особое значение приобретает концентрация усилий на вопросах, которые должны способствовать решению крупных практических задач, связанных с расширением и улучшением минерально-сырьевой базы страны.

К таким наиболее важным вопросам, по нашему мнению, в настоящее время относится создание научно обоснованных предпосылок, во-первых, для выявления крупных рудных месторождений на принципиально новых площадях, расположенных в экономически благоприятных для освоения районах, а во-вторых, для открытия новых богатых рудных месторождений в уже освоенных районах, в пределах известных рудоносных площадей. Обе эти задачи тесно взаимосвязаны между собой, однако для их решения требуется разработка специфических для каждой задачи вопросов.

Первая задача в значительной степени связана с переоценкой существующих теоретических представлений о закономерностях размещения рудных, главным образом эндогенных, месторождений в земной коре и в связи с этим с пересмотром перспектив ряда регионов страны, расположенных в благоприятных экономических условиях. Успешное решение второй задачи обусловлено созданием надежных критериев прогнозной оценки рудных районов с введением в практику металлогенических исследований новых принципов и методов количественной оценки прогнозных запасов. И в том и в другом случае особое значение приобретает выявление надежных признаков рудоносности оцениваемых территорий, с помощью которых можно осуществлять безошибочные прогнозы и проводить достоверную оценку различных по геологическому строению и масштабам площадей.

Выявление крупных и богатых эндогенных месторождений металлических полезных ископаемых, расположенных в экономически благоприятных для освоения и особенно в уже освоенных районах, является в настоящее время одной из главных задач геологической службы страны. Такая постановка вопроса вытекает из необходимости сосредоточения усилий поисковых и съемочных работ на территориях, изучение которых потребует меньших капиталовложений и затрат времени, а следовательно, приведет к наиболее быстрому вовлечению в орбиту промышленного использования выявленных месторождений.

Для успешного решения этих первоочередных практических задач большое значение приобретает разработка научных критериев прогноза эндогенных месторождений полезных ископаемых, на основе которых можно было бы конкретизировать прогнозы, дать научное обоснование для постановки средне- и крупномасштабных поисковых и съемочных работ на локальных площадях, определить истинные перспективы территорий, прилегающих к выявленным ранее рудным районам с целью расширения уже существующих минеральных баз.

Значение таких критериев для прогнозной оценки территорий переоценить трудно, в особенности если они базируются на научной основе и учитывают всю совокупность факторов, определяющих появление и локализацию месторождений. К сожалению, в настоящее время таких надежных признаков, с помощью которых можно давать безошибочные прогнозы и проводить достоверную оценку различных по геологическому строению территорий, известно немного.

Вместе с этим достаточно очевидны те значительные успехи, которые достигнуты, в особенности в последние годы, в области установления закономерностей размещения эндогенных месторождений в региональных и локальных структурах, а также в изучении генезиса отдельных групп месторождений, в совокупности являющиеся крупным вкладом в сложную и многогранную проблему разработки научных основ прогноза размещения эндогенных месторождений.

В настоящее время в комплексе вопросов, входящих в проблему научного прогноза эндогенных месторождений, отчетливо вырисовываются два взаимосвязанных аспекта. Первый, наиболее сложный, связан с выявлением конкретных критериев, которые должны явиться основой для научного прогноза определенных групп месторождений. Второй аспект проблемы определяется разработкой методических вопросов графического отображения установленных критериев и сделанных прогнозов и сводится к созданию методики составления металлогенических и прогнозных карт, в первую очередь нового типа таких карт — объемных, трехмерных, отражающих глубинное строение рудоносных территорий и, возможно, создаваемых с помощью голографических методов.

Совершенно очевидно, что при прогнозе месторождений полезных ископаемых оперировать только общими, благоприятными для локализации оруденения факторами, подразделяя их на структурные, магматические, фациально-литологические, металлогенические и др., в настоящее время уже недостаточно. Для достоверных прогнозов необходимо знать, какие из этих факторов и в каком своем конкретном выражении обуславливают появление той или иной группы месторождений в различных геологических условиях в рудоносных структурах разных порядков.

В этом отношении научные основы прогноза эндогенных месторождений разработаны слабо, в особенности для целей определения перспектив локальных рудоносных площадей, картируемых в средних и крупных масштабах; существует определенный неоправданный разрыв между требованиями практики и теми научными предпосылками, которые используются при прогнозной оценке рудных зон и районов. Подобное положение является недопустимым, так как только на основе точно установленных критериев прогнозной оценки рудоносных районов могут успешно развиваться планомерные и целеустремленные поисковые и поисково-разведочные работы.

Здесь необходимо отметить, что общие принципы регионального металлогенического анализа, имеющиеся сейчас в «активе» рудной геологии, играют значительную роль при оценке перспектив рудоносности крупных регионов и многие металлогенические прогнозы, основанные на этих научных принципах, увенчались открытием новых рудных районов и месторождений.

Значительные успехи достигнуты к настоящему времени и при определении ведущих факторов (критериев) прогноза для оценки отдельных месторождений и рудных участков. В то же время вопросам разработки основ прогноза месторождений в пределах рудных зон и районов, приобретающим сейчас совершенно особую важность в связи с организацией в стране в широком масштабе геологосъемочных и поисковых работ в масштабе 1 : 50 000, уделяется недостаточное внимание, в силу чего они оказались изученными недостаточно и в настоящее время не могут служить надежной базой для прогнозной оценки локальных территорий.

Поэтому важнейшей задачей сегодня является выявление в относительно короткий срок надежных критериев прогнозной оценки исследуемых территорий для их использования как до постановки, так и во время проведения геологосъемочных и поисковых работ масштаба 1 : 50 000 и 1 : 25 000.

Вопрос классификации рудоносных территорий и эндогенных месторождений для целей научного прогноза является одним из важнейших в сложной проблеме разработки научных основ прогноза месторождений полезных ископаемых. В настоящее время еще нет общепризнанной классификации рудоносных площадей; существующие классификации касаются главным образом металлогенических провинций и структурно-металлогенических зон.

Классификации рудоносных территорий меньших порядков — рудных зон, районов и узлов — практически отсутствуют, хотя именно классификация этих рудоносных площадей является наиболее важной для целей прогноза при проведении крупномасштабных металлогенических исследований. Создание такой классификации — весьма сложная задача. Однако, как показывает опыт металлогенических исследований, в определенных типовых структурно-металлогенических зонах обычно выделяются рудные зоны и районы с аналогичной минерализацией, положение которых контролируется сходными магматическими, а иногда и структурными факторами, определяющими выделение и металлогенических зон. Поэтому в настоящее время, пока еще не создана классификация типовых рудных зон и районов, можно, не рискуя совершить большую ошибку, выделять такие зоны в соответствии с уже установленными на данной территории критериями для более крупных рудоносных структур — рудных поясов или структурно-металлогенических зон. Нет необходимости пояснять тезис о том, что одной из конечных целей металлогенических исследований является создание определенных рекомендаций, способных или «рождение» идей, с помощью которых устанавливаются новые закономерности размещения месторождений полезных ископаемых в структурах земной коры. Это позволяет осуществлять прогноз размещения месторождений и на его основе проводить планомерные, целеустремленные поисковые работы, заранее ориентируя поисковиков-геологов на выявление определенных групп месторождений, локализующихся в строго определенных геологических ситуациях (обстановках).

Отечественная металлогеническая наука при решении прикладных задач прошла большой путь от общих широких рекомендаций, связанных с определением металлогенического типа регионов, до более локальных прогнозов в пределах различных структурно-металлогенических зон. В начале этого пути, в 50-х годах на основе общей схемы металлогенического развития подвижных зон, предложенной Ю. А. Билибиным, осуществлялось общее металлогеническое изучение регионов, были выявлены первые самые главные закономерности размещения месторождений полезных ископаемых в складчатых поясах страны. Эти иссле-

дования осуществлялись прежде всего на основе составления первых металлогенических карт крупных регионов (Кавказа, Казахстана, Средней Азии, Забайкалья и др.). Этап составления мелкомасштабных металлогенических карт имел для развития отечественной металлогенической науки огромное значение. С ним связано не только получение принципиально нового фактического материала по металлогении крупных регионов, но и выявление новых закономерностей размещения месторождений и, что очень важно, в результате сделаны научно обоснованные прогнозы на поиски месторождений, выделены новые перспективные рудоносные площади, на которых были поставлены поисковые работы, приведшие в ряде случаев к открытию целых новых рудных провинций, рудных районов и месторождений.

В последующие годы, охватившие почти два десятилетия, шло составление более детальных металлогенических карт, причем основное внимание уделялось характеристике типовых структурно-металлогенических зон. Это этап очень важных исследований, его главные итоги хорошо отражены в коллективных монографиях сотрудников ВСЕГЕИ под редакцией Д. В. Рундквиста [62, 102].

Развивавшееся параллельно во времени учение о рудных формациях активно способствовало углублению и детализации представлений о типах рудных образований, проявляющихся в определенных тектоно-магматических обстановках. Исследование рудных формаций, их групп и серий влияло на характер металлогенического прогноза и прежде всего позволяло предполагать недостающие «звенья» рудных месторождений — представителей той или иной рудной формации [58, 64], прогнозировать новые возможные, не известные ранее типы месторождений, условия их формирования и геологические обстановки проявления. Все это вместе взятое значительно обогатило металлогенический анализ и позволило поднять его прикладное значение, повысило достоверность прогнозов. В то же время один из важнейших аспектов прогнозной оценки крупных рудных провинций, рудных районов и отдельных месторождений все еще находится в стадии предварительного изучения и не получил в полной мере научного обоснования. Речь идет о количественной оценке прогнозов, о прогнозировании крупных месторождений. В этом направлении ведутся достаточно интенсивные исследования, которые, к сожалению, пока не дали существенных результатов. Д. В. Рундквист [105] отмечает, что для совершенствования методики количественного прогнозирования при металлогенических исследованиях оказались необходимыми такие отсутствующие в настоящее время данные: „удельная рудоносность структурно-металлогенических зон разного типа; региональные и возрастные кларки концентрации элементов различных геологических формаций и пород; дисперсии содержаний элементов в пределах конкретных формаций; «ранговые ряды» месторождений различных формационных типов, т. е. теоретически наиболее вероятное распределение (соот-

ношение) уникальных, крупных, средних и мелких по масштабу месторождений в пределах выделенных перспективных площадей" [105, с. 79].

Главными критериями количественного прогнозирования, по мнению Д. В. Рундквиста, являются удельная рудоносность (количество металла на единицу площади или объема), геохимический фон, определяемый кларком элемента, степень дисперсии распределения содержаний. Однако такой подход к количественному прогнозированию при металлогенических исследованиях, по нашему мнению, не однозначен. Для разных групп месторождений он должен быть существенно иным. Так, предлагаемые критерии наиболее применимы для существенно коровых месторождений, причем прежде всего осадочных; в значительной степени они могут быть использованы при оценке площадей и месторождений с развитием гидротермально-осадочного и вулканогенно-осадочного оруденения. Для большинства мантийных месторождений эти критерии, по-видимому, не эффективны. Здесь, скорее, более пригоден собственно металлогенический путь количественного прогнозирования, использующий различные выявленные закономерности формирования и размещения месторождений во времени и в пространстве и разного рода сопоставления и корреляции между геологическими факторами и масштабами оруденения [105, с. 79].

Во всяком случае, в настоящее время следует, к сожалению, признать, что надежных критериев для количественного прогнозирования при металлогенических исследованиях не разработано. В первую очередь это относится к мантийным месторождениям, обычно представленным крупными и очень крупными, часто уникальными по масштабам объектами. Количественный прогноз масштабов таких объектов и рудоносных площадей, в пределах которых они развиты, — очень сложная задача; «ключи» к этой проблеме еще не подобраны. Это обусловлено прежде всего тем, что мантийные месторождения связаны, по-видимому, с глубинными неоднородностями, изучение которых только начинается, а структуры земной коры и их геологические формации представляют собой только своеобразную «арену» для развития мантийных месторождений. В то же время следует со всей определенностью подчеркнуть, что в настоящее время резко возросло совершенство металлогенических прогнозов. Оно прежде всего выражается в точности выделения рудоносных площадей, размеры которых обычно теперь могут быть значительно ограничены (сужены) — до 400—500 км², т. е. до площади одного листа геологической карты масштаба 1 : 50 000. На такой рекомендуемой площади прогноз считается оправданным, если открывается рудопроявление того или иного предполагаемого типа, однако его возможные масштабы в количественном выражении практически реально не прогнозируются. В этом заключается один из серьезных недостатков современных металлогенических прогнозных исследований.

Выше отмечалось, что в общем комплексе сложных вопросов металлогенических исследований отчетливо намечаются несколько направлений, различных по своим задачам, масштабам и конечным целям: общая (или теоретическая) металлогения, планетарная (глобальная) металлогения, региональная металлогения (или, точнее, металлогения крупных регионов, мегаблоков, провинций), металлогения рудных районов и специальная металлогения. Рассмотрим вопросы связи этих направлений с прикладной геологией, их влияние на решение практических задач.

Общая (или теоретическая) металлогения. Изучает главные теоретические проблемы, определяющие особенности проявления месторождений в пространстве и во времени. Ее главная цель — создание теоретических основ и разработка общих принципов регионального металлогенического анализа на основе новейших данных геологии, геотектоники, геохимии, геофизики и других направлений геологических знаний. Это направление образует как бы фундамент металлогенических исследований, цементирующей основой которого должны являться прежде всего современные геотектонические представления и гипотезы. Общая металлогения также включает разработку проблем о рудных формациях и разработку методик составления металлогенических и прогнозных карт. Нет необходимости говорить о том, что исследование любых вопросов общей металлогении с учетом разных геологических концепций (например, геосинклинальной или гипотезы тектоники плит) имеет очень важное значение для решения прикладных задач, так как, по существу, определяет всю стратегию металлогенического мышления исследователя, что находит свое отражение в характере прогнозных рекомендаций, точности и достоверности сделанных прогнозов.

Идеи традиционной металлогении, основанные на принципе геосинклинальной теории, не противоречат главным положениям нелинейной металлогении. Последняя, по существу, только дополняет, развивает наши общие представления о проявлении рудных процессов в земной коре, отмечая большую роль мантийных месторождений и их одновременное (параллельное) формирование с коровыми рудными образованиями. Это как бы две взаимодополняющие линии развития современной металлогении.

Особое место занимает вопрос об использовании гипотезы тектоники плит в металлогении, применении ее положений для практических целей. Несостоятельность такого подхода была показана выше, когда отмечалось, что практически ни одной новой закономерности в размещении месторождений в пределах континентального блока земной коры с позиций этой теории до настоящего времени не выявлено. К сожалению, в последнее время некоторые исследователи считают, что идеи новой глобальной тектоники должны служить основой для решения всех актуальных задач прикладной металлогении и разработки новых критериев прогноза [53, с. 19].

Необходимо еще раз подчеркнуть, что большое значение, как это было показано выше, имеет разработка вопросов, связанных с проблемой рудных формаций. Здесь особо важную прикладную роль играют критерии выделения рудных формаций, установление признаков крупных месторождений различных рудных формаций и «недостающих звеньев» в общей цепи месторождений каждой формации, их рядов и серий.

Создание теоретических основ современной металлогении, что является основной задачей общей металлогении, — сложный, творческий процесс; он не терпит косности и формализма в исследованиях, так как от него непосредственно зависит прогресс не только теоретической металлогении, но и совершенствование прогнозов размещения месторождений в структурах земной коры, что неразрывно связано с решением прикладных задач, выбором оптимальных направлений поисковых работ, разработкой более эффективных методов выявления месторождений новых типов.

Планетарная (глобальная) металлогения. Это направление металлогенических исследований ставит целью изучение планетарных закономерностей размещения и возникновения рудных месторождений в масштабе всего земного шара, его полушарий и реже отдельных континентов, а также анализ и объяснение причин сочетания в пространстве различных рудных провинций и т. п. Объектами изучения здесь служат не столько сами месторождения и их региональные и локальные закономерности проявления, сколько крупные рудные провинции, которые они образуют. Это направление является наиболее молодым в металлогенических исследованиях; особенно бурно оно развивается за рубежом в связи с новыми идеями глобальной тектоники. Изучение планетарных закономерностей размещения рудных месторождений приобретает сейчас особый интерес в связи с тем, что новые представления о тектоническом развитии земной коры позволяют перейти к широким металлогеническим обобщениям в масштабе всей нашей планеты. В этом плане следует обратить еще раз внимание на интересное исследование М. И. Ицксона [50], выявившего в глобальном Тихоокеанском рудном поясе новые закономерности в размещении рудных месторождений. Значение планетарной металлогении, по нашему мнению, будет возрастать, так как совершенно очевидно, что анализ закономерностей размещения в глобальном масштабе позволяет прийти в ряде случаев к новым выводам о металлогении не только планетарных, но и региональных структур, имеющих практическое значение.

Региональная металлогения. Это направление (может быть, более правильно — металлогения крупных рудоносных регионов или провинций) ставит целью выявление главных региональных закономерностей рудных месторождений в пределах крупных рудоносных площадей, по масштабам сопоставимых с рудными провинциями, как правило, совпадающими с главными структурными элементами земной коры. Оно наиболее тесно связано

с решением вопросов практической геологии, направлением поисковых работ. Выявление закономерностей размещения месторождений полезных ископаемых при этом наиболее эффективно производится при выделении определенных типов металлогенических (структурно-металлогенических) зон и рудных районов. Причем, как показывает практика металлогенических исследований, структурно-металлогенические зоны выделяются для разных типов более крупных структур земной коры. В последние годы итоги работ по характеристике таких рудоносных структур обобщены в известном труде [102].

Изучение критериев, контролирующих размещение месторождений в пределах структурно-металлогенических зон, по-прежнему остается важнейшей задачей региональной металлогении, так как от степени достоверности этих критериев во многом зависят точность прогноза и характер рекомендаций по направлению поисковых работ. По существу, в настоящее время региональная металлогения является синтезом металлогении главных структурных (структурно-формационных) зон регионов. Д. В. Рундквист [102, с. 407] подчеркивает, что для решения практических вопросов при изучении различных типов структурных зон определяющее значение имеет связь геологических формаций с рудными и закономерные изменения в составе последовательно проявляющихся ритмов. Он справедливо отмечает, что при металлогеническом анализе регионов для отличия рудоносности однотипных, но разновозрастных зон представляется целесообразным выделять сходные структуры разных генераций: например, не только первичные и вторичные геосинклинали или трюги первой, второй и третьей генераций, но и структуры орогенеза, тектоно-магматической активизации, рифтогенеза разных генераций. Это важно в связи с тем, что каждая из этих генераций структур определенного типа обладает специфическими металлогеническими чертами, отражающими как общую направленную эволюцию оруденения земной коры, так и конкретные характерные особенности эволюции данной зоны в конкретной структуре и конкретном регионе. Региональная металлогения или металлогения крупных рудных регионов была и остается важнейшим направлением металлогенических исследований, имеющим практическое значение для оценки рудоносных территорий и научно обоснованного выбора направлений поисковых работ на различные виды прежде всего эндогенных полезных ископаемых.

Металлогения рудных районов. Целью этого направления металлогенических исследований является изучение закономерностей развития месторождений на локальных рудоносных площадях. В развитии металлогении рудных районов, создании самостоятельных теоретических основ данного направления в последние годы, после работ группы исследователей под руководством Е. Т. Шаталова, практически сделано очень мало. Оно как самостоятельная ветвь металлогении, на наш взгляд, слилось с обычным изучением рудных районов и не получило своего дальней-

шего индивидуального развития. Это, по-видимому, связано с отсутствием у рассматриваемого направления металлогенических исследований самостоятельных, присущих только ему методов и теоретических основ, подменяемых часто одним эмпирическим обобщением фактического материала.

Так или иначе, но эта ветвь металлогенической науки не получает активного развития в последние годы, что, на наш взгляд, несомненно, отражается на характере детальных, крупномасштабных прогнозов. В особенности это направление нуждается в развитии в настоящее время, когда перед геологической службой нашей страны остро стоят две взаимосвязанные проблемы: с одной стороны, всестороннее, детальное изучение старых рудных районов с целью выявления новых, главным образом не выходящих на поверхность рудных месторождений для создания надежной сырьевой базы действующих предприятий, с другой — картирование территории всей страны в масштабе 1:50 000, начиная прежде всего с уже известных рудных районов, которое должно сопровождаться металлогеническим изучением территорий и их всесторонней, комплексной оценкой и прогнозом на новые виды минерального сырья.

Специальная металлогения. Занимается исследованием месторождений только определенного элемента, прослеживая его эволюцию со всеми особенностями концентрации данного элемента в виде месторождений в общем ходе развития конкретных геологических структур земной коры. Это очень важное в практическом отношении направление металлогении. Его роль повышается в особенности в настоящее время, когда проведена детальная классификация структурно-металлогенических зон [102] для крупных структур земной коры и стоит задача «реанимации» старых рудных районов. Это обусловлено тем, что при изучении в металлогеническом аспекте поведения разных элементов могут быть выявлены важные дополнительные критерии для количественной оценки рудных районов и зон, а также месторождений. Кроме того, специальная металлогения позволяет устанавливать и оценивать новые типы месторождений, иногда с комплексным проявлением оруденения. В последние годы наблюдается усиление внимания к исследованиям по специальной металлогении [52]. В этом отношении показательны крупные работы В. П. Федорчука по ртути и сурьме, исследования И. Г. Павловой по меди, А. А. Ивановой по флюориту и др.

Все указанные направления металлогенических исследований тесно связаны с решением практических задач, хотя степень «их участия» в разработке прикладных вопросов, конечно, различна. Развиваясь совместно, эти направления металлогении в целом оказывают существенное влияние на выбор направлений поисковых работ и общую оценку перспектив рудоносности геологических структур разного ранга. Однако в первую очередь региональная металлогения (или металлогения крупных рудоносных регионов) является тем направлением, с развитием которого

связано решение практических задач, прогноз новых рудных зон, районов и месторождений. Поэтому дальнейшее совершенствование и развитие металлогенических исследований именно этого направления имеет большое прикладное значение.

В то же время несомненно, что развитие теоретических вопросов металлогении, всего комплекса проблем общей металлогении, определяющих «современное металлогеническое мировоззрение», также крайне важно для решения прикладных задач геологии, так как металлогенические обобщения и теории — это своеобразный компас для открытия новых рудных районов и месторождений. В этой связи следует отметить работу И. И. Абрамовича, И. Г. Клушина и соавторов, в которой подчеркивается, что «классическая металлогения страдает рядом существенных недостатков, определивших низкую эффективность прогнозных построений во всех тех случаях, когда требовалось выявить ранее неизвестные типы рудоносных объектов или указать среди большого числа потенциально перспективных структурно-формационных зон, магматических комплексов, осадочных толщ те из них, которые обладают высокой рудонасыщенностью» [125, с. 267].

Такими недостатками традиционной металлогении, мешающими эффективному решению прикладных задач, по мнению указанных авторов, являются «эмпирический подход, включающий выделение структурно-формационных зон и комплексов пород, специализированных в отношении того или иного вида полезных ископаемых, преимущественное внимание рудолокализирующим структурам земной коры, а в прогнозных построениях и широкое использование метода аналогий» [125, с. 267]. Эти исследователи полагают, что подобное «недопустимое положение» должно быть исправлено в связи с разработкой принципов «новой глобальной металлогении». Вот уж поистине все поставлено с ног на голову! И такая позиция типична для представителей «глобальной тектоники». Где, когда, кем установлены новые закономерности размещения месторождений с позиций гипотезы тектоники плит, о каких новых принципах «новой глобальной металлогении» можно говорить? Да и существует ли такое научное направление — «новая глобальная металлогения»? Почему классическая металлогения определяет низкую эффективность прогнозных построений?

Эти вопросы рассматривались нами в гл. 4; они свидетельствуют о том, что, к сожалению, исследователи, придерживающиеся концепции новой глобальной тектоники, слишком легко и поверхностно подходят к решению сложных проблем современной металлогении. И может быть, не случаен тот факт, что практически все они не являются специалистами в области металлогении и рудных месторождений. Это очень важное обстоятельство, которое наводит на грустные размышления. В современной науке только высококвалифицированный специалист — знаток своей, конкретной области знаний вправе компетентно решать научные

проблемы. Верхоглядство в науке запрещено. И это особенно в геологии относится к металлогеническим проблемам, которыми часто занимаются не подготовленные к их решению специалисты. Примером этому могут служить популярные брошюры О. Г. Сохотина [126], декларирующего новый подход к выявлению закономерностей размещения месторождений полезных ископаемых с позиций гипотезы тектоники плит. Вряд ли серьезно можно отнестись к утверждению, что «большой заслугой новой теории является также то, что она по-новому осветила саму проблему происхождения полезных ископаемых» [126, с. 33]. Наоборот, использование представлений традиционной металлогении позволяет выявлять новые, в том числе планетарные, закономерности размещения месторождений в структурах земной коры.

К сожалению, в последние годы появились не единичные утверждения о том, что с позиций классической металлогении практически нельзя установить новые глобальные и региональные закономерности в размещении месторождений, что «классический» подход к анализу закономерностей размещения месторождений в структурах земной коры полностью изжил себя [54]. Такие утверждения, однако, лишены оснований; наоборот, именно применяя принципы традиционной металлогении, т. е. путем комплексного анализа взаимосвязей минеральных образований с различными геологическими процессами, в последние годы были выявлены новые, еще недавно непознанные закономерности в региональном и планетарном размещении минерализации. Это в полной мере относится к, казалось бы, хорошо изученным рудоносным территориям Тихоокеанского сегмента Земли. Так, например, одной из важных новых особенностей в планетарном размещении минеральных месторождений в структурах Тихоокеанского сегмента Земли является установление самостоятельного значения флюоритовых поясов, обрамляющих впадину Тихого океана. Среди таких рудоносных структур отчетливо выделяются в западной части Тихоокеанского сегмента Прибрежный флюоритовый пояс Сихотэ-Алиня, Фудзянь-Чжуцзянский (Приморский) пояс Юго-Восточного Китая, флюоритовый пояс Восточной Австралии (Квинслендский); в восточной, американской части сегмента контрастно вырисовываются флюоритовые пояса Британской Колумбии (Канада) и Мексики. Эти флюоритоносные структуры во всех регионах связаны с развитием окраинно-континентальных вулканических поясов, для которых характерно широкое развитие наземных вулканических излияний, преимущественно кислого и среднего состава. Только в восточной части Австралии пояс кислых эффузивов проявляется в эмбриональном развитии, что, впрочем, может быть обусловлено значительной глубиной его эрозийного среза.

Такие флюоритоносные вулканические пояса представляют собой внегеосинклинальные образования, для которых характерно их краевое положение по отношению к структурам современных континентов и несогласный, иногда с резким угловым не-

согласием, наложенный характер залегания вулканогенных образований на палеозойских и мезозойских комплексах субстрата.

Анализ размещения флюоритовых поясов в пределах всего Тихоокеанского сегмента Земли отчетливо показывает, что они приурочены к линейным зонам трансрегиональных разломов на сочленении континентальных структур с океаническими. Именно эта особенность локализации флюоритовых поясов в плане всего Тихоокеанского сегмента подчеркивает единство особенностей их регионального тектонического положения, которые в свою очередь определяют сходство магматических и рудных процессов в этих структурах. Последние характеризуются широким проявлением наземного кислого магматизма и эндогенной минерализацией «эпитермального» типа, для которой особенно характерны месторождения кварц-флюоритовой формации, представленные, как правило, низкотемпературными кварц-халцедон-флюоритовыми жилами, приуроченными к крупным зонам тектонических нарушений. Месторождения таких флюоритовых поясов близки между собой не только по генетическим особенностям, по приуроченности к кислым наземным эффузивам и крупным зонам тектонических нарушений, но и по возрасту: большинство из них возникло в меловое — кайнозойское время, что подчеркивает в еще большей степени принадлежность флюоритовых месторождений Тихоокеанского сегмента к одной группе минеральных образований.

Для флюоритоносных вулканических поясов, как и для других структур подобного типа, характерны кольцевые структуры — вулканические купола и кальдеры проседания. По отношению к ним флюоритовые и реже полиметаллическо-флюоритовые месторождения занимают вполне определенное положение: они локализируются в обрамлении вулканических куполов, реже внутри кальдер и отчетливо контролируются разрывными нарушениями.

Большая часть месторождений сосредоточена в относительно узких рудных зонах, которые приурочены к долгоживущим разломам. В их пределах месторождения обычно концентрируются на участках с наиболее сложным геологическим строением, как правило, на пересечении разрывных нарушений разных порядков, при этом наиболее благоприятными для локализации оруденения оказываются блоки карбонатных пород под сланцевыми и другими экранирующими горизонтами, а также зоны обрамления жестких структур древнего субстрата (Юго-Восточный Китай, Мексика). Характер залегания рудных тел и их форма, а также структуры рудных полей определяются, как правило, особенностями вмещающих пород, их компетентностью, формой интрузивных и субвулканических образований. Наиболее широко распространены флюоритовые тела двух типов: выполнения открытых сколовых трещин и замещения карбонатных пород. Жилы обычно имеют симметрично-зональное, часто кокардовое и брекчиевое строение. Для метасоматических тел характерен мелко-

кристаллический флюорит, ритмично-полосчатые «бурундучные» и фестончатые текстуры кварц-флюоритовых руд.

Следует отметить, что по последним данным на территории Прибрежного вулканического пояса Сихотэ-Алиня выделяется крупная флюоритоносная структура (пояс), в пределах которой в настоящее время выявлены многочисленные мелкие месторождения и рудопроявления плавикового шпата, представленные кварц-флюоритовыми жилами и прожилками, приуроченными к мощным зонам тектонических нарушений. Для рудопроявлений характерен простой кварц-флюоритовый состав, тесная ассоциация флюорита с халцедоновидным кварцем. В таких месторождениях наблюдается стадийный характер минералообразования; руды характеризуются брекчиевой и кокардовой текстурами, указывающими на сложную тектоническую обстановку их формирования в приповерхностных условиях.

Для названных флюоритовых поясов наиболее характерны следующие общие особенности: приуроченность к крупным зонам трансрегиональных разломов на сочленении континентальных и океанических блоков; пространственная связь с наземными континентальными эффузивами кислой линии, образующими протяженные, наложенные на консолидированный субстрат пояса; широкое проявление в пределах таких вулканических поясов фторовой минерализации, представленной многочисленными месторождениями и рудопроявлениями флюорита, а также резко повышенными содержаниями фтора в кислых эффузивах и их туфах; отчетливая связь флюоритовых месторождений с зонами крупных разрывных нарушений, имеющих значительные глубины заложения; принадлежность флюоритовых месторождений к образованиям кварц-флюоритовой формации, возникающим в условиях низких температур и давлений, часто в открытых тектонических полостях со «снятым» давлением; сходный возраст месторождений — поздний мел — кайнозой.

При анализе размещения флюоритовых поясов в структурах Тихоокеанского сегмента обращает на себя внимание то обстоятельство, что определенным поясам Восточного полушария соответствуют пояса в Западном полушарии. Так, флюоритовому поясу Сихотэ-Алиня соответствует флюоритовый пояс Британской Колумбии. Вторая пара поясов представлена Приморским поясом Юго-Восточного Китая и флюоритовым поясом Мексики, располагающимися в пределах одних и тех же широт (20—30° с. ш.). Восточно-Австралийскому флюоритовому поясу в Западном полушарии на территории Южной Америки соответствует Боливийский вулканический пояс наземных эффузивов, в пределах которых не исключена возможность выявления собственно флюоритовых месторождений. Южнее вулканического пояса Боливии, в Чили, в районе сороковых широт известны крупные поля наземных эффузивов, возможно представляющие собой площадь потенциального развития флюоритовой минерализации.

Отмеченная закономерность в пространственном размещении

флюоритовых поясов пока не находит однозначного объяснения. В целом флюоритовые пояса отчетливо приурочены к краевым частям континентов и в совокупности представляют собой как бы контрастные звенья единой планетарной флюоритоносной структуры, обрамляющей Тихий океан. В пределах этой структуры флюоритоносные вулканические пояса, являясь типоморфными для переходной зоны от континента к океану, по возрасту соответствуют образованиям современного ложа Тихого океана (мел — кайнозой). Однако по петрогеохимическим особенностям они резко отличаются от его магматогенных составляющих. Это позволяет высказать предположение, что флюоритоносные окраинно-континентальные пояса, сложенные в основном кислыми и средними эффузивами, и поля океанических базальтов представляют собой геологические антиподы единого процесса эволюции тектоносферы Тихоокеанского сегмента нашей планеты. Они, возможно, возникли в процессе сложной дифференциации мантийного вещества на риолитовую и базальтовую составляющие, идущей путем зонной плавки при активной фторовой дегазации мантии.

Пространственное положение флюоритовых поясов, приуроченность к зонам трансрегиональных разрывных нарушений, по-видимому, фиксируют границы консолидированной рамы мобильного ложа Тихого океана, а время их проявления соответствует началу базальтоидных излияний и первым стадиям заложения океанического бассейна. Так это или нет — предмет возможных дискуссий; более несомненным является тот факт, что флюоритоносные пояса, четко связанные с крупными расколами земной коры, трассируют палеогеологическое, а не только современное географическое положение границ Тихого океана, при этом широкое развитие флюоритовых месторождений указывает на активное участие мантийных процессов в их формировании. Наложенный характер флюоритовых поясов Тихоокеанского сегмента Земли, их четкая связь с региональными тектоническими нарушениями в зонах перехода от континента к океану, близкий возраст, генетическое сходство развитых в их пределах месторождений, тесная ассоциация флюоритового оруденения с наземными эффузивами кислого ряда, образующими протяженные наземные вулканические пояса, позволяют считать, что эти флюоритовые пояса представляют собой особую категорию наложенных континентальных рудоносных структур, связанных с развитием Тихоокеанского сегмента нашей планеты и отражающих особенности эволюции глубинных частей его тектоносферы.

Приведенный пример показывает, насколько еще значительны возможности выявления новых закономерностей в размещении эндогенных месторождений в планетарных структурах земной коры, в особенности если не пытаться «втиснуть» все представления, с одной стороны, в рамки классической металлогении, а с другой — металлогении, основанной на признании концепции тектоники плит. Кроме того, этот пример показывает и практическое значение планетарной металлогении, когда на основе ана-

лиза закономерностей в трансконтинентальных рудоносных структурах выявляются принципиально новые рудные пояса и зоны, в пределах которых предполагается открытие неизвестных ранее месторождений. Изучение планетарных закономерностей размещения месторождений, развитие планетарной металлогении должно способствовать не только прогрессу теоретической металлогении и выявлению новых трансконтинентальных рудоносных структур, но и открытию новых более локальных рудных площадей (поясов, зон, районов), и именно в этом отношении выводы планетарной (глобальной) металлогении представляют значительный интерес для практической геологии.

Рассмотрим некоторые вопросы, встающие перед практической геологией в связи с новыми металлогеническими представлениями, и прежде всего с представлениями нелинейной металлогении, которые в определенной степени дополняют взгляды традиционной металлогении, значительно расширяя существующие о характере размещения рудных месторождений в структурах земной коры. С учетом современных представлений о стадиях и характере развития земной коры целесообразно обсудить указанные вопросы именно на этой основе, так как такой подход позволяет «совместить» выводы для прикладной геологии, вытекающие из анализа, проведенного с позиций традиционной и нелинейной металлогении и частично с учетом металлогении тектоники плит. Эти проблемы нами разбирались ранее [158], тем не менее они не потеряли своего актуального значения и сегодня.

Области развития континентальной коры. В областях континентальной коры прогноз размещения мантийных месторождений обусловлен решением нескольких первоочередных задач: а) выявлением месторождений, связанных с развитием областей тектономагматической активизации и установлением закономерностей их размещения; б) выявлением месторождений и установлением закономерностей их размещения в окраинно-континентальных вулканических поясах, развивающихся на границе современных или палеоокеанов; в) выявлением месторождений и закономерностей их размещения во внутриконтинентальных рифтовых зонах.

Первая задача связана со всесторонним анализом размещения «наложенных» на структуры континентальной коры различных типов месторождений, с более тщательным изучением зон глубинных разломов, которые контролируют размещение месторождений. Новый аспект этому направлению придает возможность открытия осадочно-гидротермальных и осадочно-вулканогенных месторождений в связи с проявлением процессов тектономагматической активизации, магматизма и оруденения в пределах водной среды или неконсолидированных осадков геосинклинальных ванн. Необходимо более тщательно изучать рудоносность геосинклинальных толщ, в первую очередь песчаниково-сланцевого состава, которые с позиций выявления осадочно-гидротермальных оловянных, вольфрамовых, сурьмяных и других месторождений всегда считались стерильными. Кроме того, в терригенных геосин-

клиналях на ранних стадиях их развития возможно открытие полиметаллических месторождений колчеданного типа, известных на территории нашей страны на Кавказе и в Верхоянье. На эту группу месторождений перспективны геосинклинальные терригенные комплексы Западного и Восточного Забайкалья, Приамурья, Сихотэ-Алиня и Центральной Колымы.

Для принципиальной оценки возможности проявления осадочно-гидротермальных месторождений в пределах геосинклинальных ванн важное значение приобретает изучение металлогении жестких рам геосинклиналей, в особенности если сочленение геосинклинальных прогибов с консолидированными структурами их обрамления происходит по типу краевых швов. В этом случае установление в пределах жестких рам геосинклиналей месторождений, подобных рудным образованиям мантийного класса и синхронных формированию геосинклинальных толщ, прежде всего если месторождения контролируются зонами глубинных разломов, поперечных геосинклинальным структурам, позволяет предполагать возможность проявления осадочно-гидротермальных месторождений среди разновозрастных геосинклинальных осадков.

Во многом с этими вопросами связана и проблема дальнейшего изучения рудоносности глубинных разломов, в частности с которыми ассоциируют рифогенные формации. Как отмечалось [158], рифогенные формации, особенно в восточных районах нашей страны, следует считать весьма перспективными для открытия новых свинцово-цинковых и других месторождений, прежде всего стратиформного типа. Крупные биогенные постройки, контролируемые зонами глубинных разломов, могут использоваться в рудных районах как один из важнейших поисковых признаков при прогнозировании и поисках месторождений.

При изучении металлогении областей тектоно-магматической активизации следует иметь в виду, что в последние годы накоплен материал о том, что процессы активизации консолидированных структур могут протекать без образования наложенных тектонических форм (наложенных континентальных «вулканогенных» и «терригенных» угленосных прогибов), когда определяющее значение для проявления и локализации месторождений имеют зоны глубинных разломов, в том числе без проявления в них синхронного магматизма, причем амагматичные зоны разломов в областях активизации могут контролировать месторождения за пределами ареалов рудоносных интрузий, и это необходимо учитывать при прогнозе месторождений. В связи с локализацией месторождений мантийного класса в различных структурах земной коры иное звучание приобретает, например, проблема поисков месторождений алмазов, которые могут быть проявлены не только на платформах (наиболее благоприятных структурах для локализации алмазоносных кимберлитов), но и в пределах геосинклинально-складчатых областей в связи с ультраосновными интрузиями раздвиговых зон или с ультраосновными и основными интрузиями в наложенных зонах глубинных разломов. Теорети-

чески не исключено проявление алмазности в осадочно-вулканогенных комплексах эвгеосинклиналей, в особенности в связи с древними коматиитами. Примером алмазности кимберлитов в складчатых областях могут быть месторождения Индонезии, возможно, первичные источники алмазности россыпей Урала и «эмбриональная» алмазность Приморья.

Выявление месторождений и установление закономерностей их размещения в окраинно-континентальных вулканических поясах, развивающихся на границе современных или палеоокеанов, в последние годы в нашей стране привлекает пристальное внимание. Эти наложенные структуры обычно развиваются на консолидированной континентальной коре, реже палеокоре океанического типа. В этих структурах на территории СССР возможно открытие новых типов месторождений, прежде всего обусловленных проявлением различного (серебряного, полиметаллического и др.) оруденения в туфовых горизонтах, а также гидротермально-осадочных месторождений в терригенных отложениях внутриконтинентальных бассейнов (серебряные, флюоритовые и др.). Важное значение в таких поясах приобретает изучение марганцевой минерализации как самостоятельного оруденения, так и как руководящего поискового признака на месторождения других металлов (например, серебра, вольфрама).

Выявление месторождений и закономерностей их размещения во внутриконтинентальных рифтовых зонах возникает в качестве одной из важных задач для территории нашей страны в связи с тем, что современная рифтовая система Байкала, во многом напоминающая зону Великих рифтов Восточной Африки, практически стерильна в отношении оруденения. Если с развитием мезозойских (меловых) «эмбрионных» Западного Забайкалья ассоциирует обильная эпитепидальная минерализация, то в связи с кайнозойскими разломами, обрамляющими Хобсугул-Байкальскую рифтовую систему, практически оруденения не известно.

Кроме того, в последние годы на территории нашей страны в разных районах выявляются фрагменты внутриконтинентальных палеорифтовых зон, что требует современной их оценки на открытие возможных типов месторождений, характерных для уже известных континентальных рифтогенных систем. По металлогении, как известно, они сходны с областями тектоно-магматической активизации. В этом плане необходим всесторонний анализ рифтовых зон протерозойского времени, в особенности в восточных районах СССР, где не исключена возможность выявления стратиформных осадочно-гидротермальных свинцово-цинково-медных месторождений типа Маунт-Айза и Здесь Ваша Удача (Австралия).

При прогнозе размещения мантийных (глубинных) месторождений в структурах земной коры необходимо всегда выявлять не только характерные их генетические черты и минеральные ассоциации, но и специфику связи таких месторождений с глубинным строением конкретных рудных районов и характер их ассо-

циаций с глубинными зонами разломов. Важно учитывать и то обстоятельство, что в пределах одного рудного района могут одновременно проявляться месторождения разных металлов и генетических типов. Такие месторождения в структурах земной коры значительно чаще образуют отдельные рудные районы с крупными месторождениями, чем значительные по площади рудные провинции. Последние на земном шаре единичны: к ним могут быть отнесены рудные провинции западных штатов США, Западного Забайкалья, Южного Китая, возможно, Южной Африки и в глобальном плане окраинно-континентальные пояса Тихоокеанского сегмента Земли.

В то же время рудные районы с мантийными крупными по масштабам месторождениями имеют значительно более широкое развитие; часто это единичные месторождения, очевидно, отвечающие локальным геохимическим неоднородностям в глубинных частях литосферы. Для коровых месторождений, образующихся в связи с развитием структур земной коры, наоборот, наиболее характерны крупные по площади рудные провинции с экстенсивным оруденением и редкими крупными рудными районами и отдельными месторождениями.

Важную роль в локализации мантийных месторождений в структурах земной коры играют карбонатные породы, которые не только существенно влияют на морфологию рудных тел, а прежде всего определяют появление скарнового и скарноидного типа месторождений, в особенности когда месторождения ассоциируют с трещинными интрузиями. Это характерно для мантийных вольфрамовых месторождений, когда в условиях карбонатной среды возникают скарновые и скарноподобные шеелитовые месторождения с сульфидами (Тырнауз, Восток-2, СССР; Санг-Донг, Южная Корея), а в силикатной среде — штокверковые и жильные вольфрамитовые (гюбнеритовые) месторождения (Джида, Букука, СССР; Клаймакс, США — W+Mo; Сигуаньшань, Китай — W).

Хорошим примером таких скарноподобных шеелитовых месторождений является особая группа рудоносных образований в пределах Тихоокеанского рудного пояса, имеющая крайне интересные генетические особенности. Отдельные представители этой группы известны давно (например, месторождение Санг-Донг), однако они рассматривались обычно совместно с другими месторождениями шеелитоносных скарнов. Между тем для данной группы рудных образований характерны общие, но строго индивидуальные геолого-генетические особенности: формирование месторождений связано с процессами тектоно-магматической активизации; они ассоциируют с трещинными интрузиями высокоглиноземистых гранитов и монцонитов, часто располагаясь в далеком экзоконтакте; для рудных тел месторождений типична связь с разломами и полями дайковых пород; во многих случаях рудные тела развиваются по протяженным, но относительно мало-мощным пластам карбонатных пород (Агылки, СССР; Санг-Донг,

Южная Корея; Кантунг, Канада); для рудного процесса характерно многостадийное развитие с отчетливым проявлением поздней сложной по минеральному составу сульфидной стадии (Восток-2, СССР; Флет-Ривер, Канада). Эти скарноподобные сульфидно-шеелитовые месторождения по особенностям во многом близки типично гидротермальным кварц-сульфидно-вольфрамовым месторождениям, таким как Джида, Букука (СССР), Панашкейра (Португалия) и др., с тем существенным отличием, что образовались они в условиях карбонатной среды, определившей их скарновый облик. Эти месторождения следует объединять в одну крупную формацию сульфидно-вольфрамовых месторождений, с подразделениями их на две группы — скарновых и жильных в зависимости от залегания в карбонатных или силикатных породах.

Сходная картина характерна и для оловянных месторождений. В особенности карбонатная среда благоприятна для локализации свинцово-цинковых месторождений, когда формируются месторождения не только скарнового типа, но и крупные залежи типа «манто» под экраном силикатных пород. Поэтому при анализе размещения мантийных месторождений в структурах континентальной коры необходимо уделять особое внимание районам их проявления в карбонатной среде, а также карбонатному жесткому субстрату, на котором развиваются процессы тектоно-магматической активизации. Анализ проявления месторождений в такой обстановке показывает, что здесь возникают иногда не только многоярусные месторождения (Маданский район, Болгария), но и месторождения новых генетических типов (например, золоторудные месторождения типа Карлин в США).

Области развития океанической коры. Эти области могут быть подразделены на две группы: а) современной коры океанов; б) палеокоры, встречающейся главным образом в троговых зонах эвгеосинклиналей. «Набор» рудных месторождений в них прежде всего определяется их тесной связью с ультраосновными и основными магмами. В областях развития палеоокеанической коры наиболее часто развиты осадочно-вулканогенные колчеданные, хромитовые и платиновые месторождения в связи с ультраосновными массивами. В эвгеосинклиналях линейного типа, развивающихся на палеоокеанической коре, в последние годы в связи с зонами глубинных разломов выявлена группа «поздних» мантийных месторождений, проявляющихся в условиях консолидированных структур. К таким месторождениям относятся ртутные и флюоритовые, возможно, баритовые месторождения. Примером таких регионов могут служить Аппалачи с месторождениями барита, Северный и Полярный Урал с широким развитием флюоритовых месторождений. В этих регионах выявление подобных месторождений связано с изучением рудоносности глубинных разломов и роли карбонатных комплексов в локализации оруденения.

Другая группа «мантийных» рудных образований, проявляющаяся в областях палеоокеанической коры, представлена медно-

порфиrowыми месторождениями; промышленное их значение, как правило, различно в разных регионах. Намечается, что наиболее широко эта группа месторождений представлена в областях, характеризующихся мозаично-блоковым строением. Во всяком случае в настоящее время очевидно, что в областях развития палеоокеанической коры следует уделять более пристальное внимание поискам медно-порфиrowых (с молибденом) месторождений.

В областях развития современной океанической коры, к которым в первую очередь относятся структуры дна Тихого океана, возможно выявление нескольких групп рудных месторождений. Их характеристику дал В. И. Смирнов [112]. Среди них особое место занимают месторождения цинка, меди и свинца, которые формируются в современных рифтовых зонах в осевых частях океанических поднятий. Эти месторождения образуются в зонах растяжения океанической коры и во многом сходны с подобными месторождениями внутриконтинентального рифта Красного моря. Не исключено, что в зонах глубинных разломов и в рифтовых зонах океана могут быть выявлены месторождения фтора. Имеются реальные предпосылки для открытия в структурах дна океана алмазоносных кимберлитов [158].

В пределах структур океанической коры современных океанов широко развита марганцевая минерализация, представленная различными группами рудопроявлений: железо-марганцевыми конкрециями, марганцевыми корками, брекчиями базальтов, цементированными окислами марганца, прослоями марганцевых руд среди вулканических и осадочных пород. Эти типы оруденения изучены еще очень слабо; по-видимому, источники марганца в них могут быть различными. Не исключено, что в зонах разломов, вблизи рифтовых зон, известная марганцевая минерализация может быть комплексной и содержать в промышленных количествах свинец, возможно, золото и серебро. Во всяком случае при изучении марганцевых рудопроявлений эндогенного характера в зонах глубинных разломов океанического дна необходим тщательный анализ марганцевых руд на широкий спектр рудных элементов. В настоящее время несомненно, что марганцевая минерализация очень широко проявилась в структурах океанической коры, и это в определенной степени сближает металлогению областей тектоно-магматической активизации с месторождениями мантийного класса, δ , казалось бы, очень непохожими рудными образованиями, развитыми в пределах океанической коры. Это заключение имеет и определенное практическое следствие, связанное с прогнозом (осторожным прогнозом!) в пределах структур океанической коры различных мантийных месторождений.

Области перехода континентальной коры к океанической. Металлогения этих областей с позиций нелинейной металлогении, в особенности палеообластей, изучена недостаточно. Мантийные месторождения здесь, судя по зоне перехода континентальной коры Азиатского континента к океанической Тихого океана, характеризуются усложненным телескопированным составом руд,

а также совмещенным проявлением в пространстве месторождений различных формаций. Об этом свидетельствует характер оруденения Японских и Филиппинских островов, в меньшей степени островов Курильской гряды, где устанавливается проявление в одних структурах колчеданных месторождений типа Куроко, комплексных олово-вольфрам-свинцово-цинковых с флюоритом и медно-молибденовых порфирирового типа.

Палеообласти перехода континентальной коры к океанической в структуре континентов выявляются с очень большим трудом, возможно, их выделение сопровождается ошибками. Задача выявления новых месторождений в областях перехода от континентальной коры к океанической прежде всего связана с установлением надежных критериев самих палеообластей перехода. Это в первую очередь относится к восточным районам СССР, где выявление палеоостровных дуг более реально, чем в других регионах. В связи с этими структурами следует ожидать выявления месторождений типа Куроко, которые могут быть открыты в первую очередь на Камчатке и в палеоостровных дугах Южного Сихотэ-Алиня, где уже установлены в метаморфических комплексах зеленых туфов первые признаки такого оруденения.

Одним из важных положений нелинейной металлогении является признание синхронного проявления коровых и мантийных месторождений в структурах земной коры; следствием этого является предположение о более широких масштабах проявления осадочно-гидротермальных месторождений в геосинклинальных прогибах в условиях водной среды геосинклинальных ванн. Другим следствием этого вывода является возможность совместного проявления коровых и мантийных месторождений на завершающих этапах развития геосинклинально-складчатых зон; например, одновременно (или без большого разрыва во времени) с высокотемпературными олово-вольфрамовыми месторождениями корового типа в некоторых регионах формируются сульфидно-касситеритовые месторождения, причем установить значительно более молодой возраст последних часто не удастся. Примером таких регионов является Забайкалье, где на фоне стандартных коровых олово-вольфрамовых месторождений проявляются почти одновременно месторождения сульфидно-касситеритовой формации, иногда с турмалином (месторождения Шерловогорское, Ингодинское).

Подход к оценке территории нашей страны с задачей открытия новых рудных районов и месторождений с позиций нелинейной металлогении расширяет перспективы поисковых работ прежде всего потому, что вовлекает в анализ закономерностей размещения рудных месторождений новые площади и требует более пристального внимания к рудопроявлениям, которые ранее или не привлекали внимание, или считались «экзотическими».

Кроме того, в более широком объеме ныне вырисовывается проблема поисков осадочно-гидротермальных и осадочно-вулканогенных месторождений новых типов. Ее решение может привести к открытию новых крупных рудных месторождений. Проявление

ние сходных типов месторождений в различных структурных обстановках свидетельствует в пользу их возникновения в структурах земной коры в связи с подкоровыми рудоносными очагами, что требует от исследователя при прогнозе размещения месторождений и металлогеническом анализе больше уделять внимания сравнительному исследованию самих рудных объектов.

Изучение закономерностей размещения рудных месторождений в структурах земной коры в связи с процессами, происходящими в мантии, связано и с вопросами познания причин формирования в земной коре крупных и уникально крупных рудных месторождений, что является одной из главных задач прикладной рудной геологии и нелинейной металлогении. Как было показано выше, геохимические неоднородности в мантии контрастны и специализированы на рудные компоненты. Можно предполагать, что при соответствующих условиях эти геохимические неоднородности трансформируются и служат источниками для богатых рудными компонентами флюидов и гидротермальных растворов. Поэтому в настоящее время одним из важнейших вопросов нелинейной металлогении, и прежде всего всей рудной геологии, является установление источников рудного вещества путем применения новейших методов геохимических исследований. Металлогенические следствия решения этой проблемы должны быть значительными, так как они могут стать действительно прочной основой для научного подхода к прогнозу размещения крупных и уникальных рудных месторождений.

Практические аспекты современной металлогении не исчерпываются перечисленными вопросами, они затрагивают круг проблем, связанных: с методикой составления объемных прогнозных и металлогенических карт; с более широким проведением целенаправленных геофизических и геохимических исследований с целью познания глубинного строения, прежде всего эталонных рудных районов; с разработкой новых методов и приемов изучения строения и состава подкоровых зон литосферы и др. В настоящее время необходима более тесная творческая кооперация исследований разных направлений геологических знаний для выявления новых закономерностей размещения рудных месторождений в структурах земной коры в зависимости от глубинного строения литосферы. Наступило время для составления новой серии металлогенических и прогнозных карт масштаба 1 : 500 000 для важнейших горнопромышленных провинций и районов нашей страны. Это должно быть не повторение законченных более 20 лет тому назад работ по составлению металлогенических карт крупных регионов, а принципиально новая работа на новом уровне современных знаний. Несмотря на крупные затраты, необходимые для осуществления этих работ, они, несомненно, принесут результаты в виде новых рудных провинций и месторождений.

Очень важным вопросом современной металлогении является определение (выбор) наиболее эффективных путей внедрения итогов своих исследований в практику геологоразведочных работ. Эта

задача решается прежде всего с учетом предполагаемых конечных итогов каждого исследования, когда характер и тип металлогенических работ в значительной степени предопределяют и характер возможных конечных результатов. Необходимо заранее прогнозировать конечные итоги металлогенических исследований, что в свою очередь должно определять и наиболее эффективную методику и оптимальные масштабы металлогенических работ, а также пути внедрения их главных результатов.

Всегда ли в металлогенических исследованиях практика является критерием истины? Этот вопрос не праздный, в особенности в металлогенических исследованиях при оценке достоверности прогнозов, выводов практического характера, вытекающих из них. Каждое металлогеническое построение основывается на комплексе выводов и предпосылок, получаемых в результате всестороннего анализа фактического материала, его обработки и осмысливания. Особенно значительные усилия исследователи предпринимают для установления генезиса прогнозируемых месторождений, создания моделей рудных процессов.

Представления о генезисе месторождений имеют важное прикладное значение, так как от правильного его понимания во многом зависит выбор оптимальных критериев, определяющих направление поисковых работ. Достоверность представлений об образовании месторождений в значительной степени подтверждает практика поисковых работ. Однако известны случаи, когда практические исследования могут производиться на основе двух, трех представлений о генезисе месторождений. Это прежде всего относится к большой группе стратиформных месторождений, генезис которых в ряде случаев считается одними исследователями гидротермальным, осадочно-гидротермальным, а другими только седиментогенным. Такими месторождениями в первую очередь являются медистые песчаники и сланцы, стратиформные месторождения свинца и цинка в карбонатных и сланцевых толщах.

Практика геологических поисковых работ показывает, что при поисках таких месторождений новые открытия осуществляются независимо от того, какие представления, модели рудного процесса учитываются при прогнозе перспективных рудоносных площадей. Иными словами, в данном конкретном случае практика, прикладная геология, имея в виду поисковые исследования, не является критерием научной «истины» о генезисе месторождений.

Можно было привести и другие примеры. Все они вместе взятые свидетельствуют о том, что, решая практические вопросы геологии, прежде всего связанные с поисковыми работами, нельзя считать результаты практики (ее положительные или отрицательные результаты) доказательством абсолютной истинности тех или иных геологических и металлогенических построений. Следовательно, для металлогенических исследований положение о том, что практика — всегда критерий истины, является относительным. Такой вывод очень важен для практической геологии и теоретической металлогении, так как он определяет множествен-

ность решений и показывает, что в проблеме закономерностей размещения месторождений в земной коре их законченное объективное познание далеко не всегда возможно. Эти важные положения в полной мере соответствуют представлениям В. И. Ленина, который писал: "...не надо забывать, что критерий практики никогда не может по самой сути дела подтвердить или опровергнуть *полностью* какого бы то ни было человеческого представления. Этот критерий тоже настолько «неопределен», чтобы не позволять знаниям человека превращаться в «абсолют»..." [Ленин В. И., ПСС, т. 18, с. 145—146].

Краткие выводы

1. Металлогения как наука неразрывно связана с решением задач прикладной геологии; это наиболее активно влияющая на практику геологоразведочных работ отрасль геологических знаний. Все направления металлогенических исследований вносят «свой вклад» в геологическую практику. Наибольшее значение для прикладной геологии имеет региональная металлогения, ставящая конечной целью прогноз размещения новых рудных районов, поясов и зон.

2. Традиционная металлогения, ее представления и выводы, значительно дополненные и развитые в последние годы, не потеряли своего важного значения для целей выявления закономерностей размещения месторождений и прогноза рудоносных площадей. Ее главные представления дополняются идеями нелинейной металлогении, которые в совокупности открывают новые возможности для прогноза месторождений, в частности для широкого выявления на территории Советского Союза осадочно-гидротермальных месторождений разных типов.

3. Применение основных положений различных направлений металлогении (общей, глобальной, региональной, специальной) с учетом особенностей развития разных типов земной коры и характера мантийных процессов позволяет для целей прикладной геологии выявить новые критерии прогноза месторождений и наметить новые перспективные рудоносные площади и возможные новые типы месторождений. В настоящее время необходимо усиление металлогенических работ в нашей стране, создание новых серий мелкомасштабных и крупномасштабных металлогенических и прогнозных карт.

4. В металлогенических и прогнозных исследованиях практика не является критерием абсолютной истины, она в большинстве своем отражает относительность познания геологических (металлогенических) явлений. Это обстоятельство определяет возможность использования в металлогении множественности решений и выбор в прогнозных целях наиболее реальных из них.

Дальнейшие пути развития металлогенических исследований

Металлогения как наука прошла уже большой путь. От первых эмпирических обобщений 40-х годов до крупных научных выводов и построений девятого десятилетия. В настоящее время, как это было показано выше, созданы значительные обобщающие произведения по различным направлениям металлогенических исследований, отражающие и их уровень, и многостороннюю связь металлогении с другими областями геологических знаний.

Современная металлогения — это крупное самостоятельное научное направление в общем цикле наук о Земле, самостоятельная наука о закономерностях размещения и формирования преимущественно рудных месторождений в структурах земной коры. Одной из характерных особенностей металлогении является ее тесная связь с геологической практикой, решением важнейших задач прикладной геологии, связанных прежде всего с выбором наиболее эффективных путей поисковых и разведочных работ.

Несмотря на то что металлогения в настоящее время представляет собой уже оформившееся учение о закономерностях размещения месторождений, перед этой наукой стоят многочисленные новые задачи, решение которых должно обеспечить прогресс наших знаний в области рудной геологии и совершенствование методов прогноза размещения месторождений.

Дальнейшие пути развития металлогенического анализа и задачи региональных металлогенических исследований нами частично были рассмотрены ранее [157, 158]. Многие из них не потеряли своего значения до настоящего времени, в изучении других достигнут определенный прогресс.

Остановимся на главных задачах, стоящих перед металлогеническими исследованиями, дальнейших путях развития современной металлогении. Рассмотрим эти вопросы по основным направлениям металлогенической науки, при этом подчеркнем, что каждое из направлений должно дополнять и развивать другое и резких границ между каждым направлением, в сущности, провести нельзя.

Общая (или теоретическая) металлогения. В задачу общей металлогении как одного из направлений, ветвей отечественных металлогенических исследований входит решение нескольких важных проблем, имеющих теоретическое и практическое значе-

ние. Ниже мы остановимся на их характеристике. Сейчас подчеркнем, что решение задач общей (теоретической) металлогении, прогресс ее развития неразрывно связаны с современными достижениями смежных областей геологических знаний, прежде всего тектоники, геофизики, геохимии, учения о геологии месторождений полезных ископаемых. В настоящее время уже невозможно рассматривать проблемы, связанные с выявлением общих закономерностей размещения месторождений в структурах земной коры, без учета данных смежных наук; только синтез всех геологических знаний, анализ новейшего фактического материала; казалось бы, даже по далеким от общей металлогении проблемам, позволят «вывести» металлогению на новые пути познания, прийти к выводам, раскрывающим с новых позиций возможности теоретических металлогенических концепций для решения прикладных задач.

Основными задачами общей металлогении являются следующие:

а) создание современных теоретических основ металлогенической эволюции структур земной коры (на современном этапе и верхней мантии) для целей выявления (установления) общих закономерностей размещения и формирования прежде всего рудных месторождений в структурах земной поверхности;

б) разработка теоретических основ прогноза размещения и формирования месторождений, т. е. металлогенического анализа, на основе которых было бы возможно осуществлять подлинно научный подход к выявлению металлогенических особенностей крупных регионов и закономерностей размещения месторождений в их пределах; эта задача, как и предыдущая, может быть решена только при использовании новейшей информации в различных направлениях геологических знаний. Прикладное, практическое значение идей общей металлогении должно быть следствием глубокого научного подхода к анализу новейшего фактического материала по закономерностям размещения рудных месторождений в структурах земной коры и отражать в комплексе современные научные направления разных школ, основанные на объективном анализе современного фактического материала и конкретных (доказуемых) геологических ситуаций проявления месторождений. При таком подходе, конечно, возможны различные интерпретации, но это не должно «смущать» исследователей, так как определенная «множественность» воззрений на некоторые геологические и металлогенические явления — вещь, по нашему мнению, вполне допустимая;

в) установление закономерностей размещения и формирования месторождений в главнейших структурных элементах земной коры (геосинклинально-складчатых областях, платформах, срединных массивах, областях тектоно-магматической активизации, рифтовых зонах, океанических структурах и т. д.);

г) создание единой, универсальной теории металлогенического развития Земли с использованием современных данных по ее

геологическому, геофизическому, геохимическому строению, а также материалов по другим планетам Солнечной системы; широкое привлечение данных по глубинному строению Земли для целей общей металлогении и металлогенического анализа;

д) как следствие всего вышесказанного, получение четких критериев размещения в различных структурах земной коры крупных рудных месторождений, что имеет важное прикладное значение.

Комплексный (или, как теперь говорят, системный) подход к анализу закономерностей рудных месторождений в структурах земной коры в связи с различными типами тектонических процессов (режимов) выдвигает перед современной металлогенией и тектоникой ряд общих проблем. Наиболее важными из них, по нашему мнению, являются:

— изучение роли и влияния тектонических процессов в подкоровых, мантийных участках тектоносферы на формирование структур в пределах земной коры и установление особенностей размещения мантийных месторождений в последних;

— классификация и металлогеническая характеристика тектонических структур, обусловленных развитием мантии;

— изучение параллельного (одновременного) проявления геологических процессов в земной коре (в пределах относительно ограниченных по площади территорий), имея прежде всего в виду анализ и установление причин синхронного формирования тектонических структур и месторождений, обусловленных развитием процессов, протекающих в земной коре и мантии; это одна из важнейших задач современной тектоники и металлогении;

— углубленный металлогенический анализ эталонных регионов, в пределах которых предполагаются структуры палеосубдукции и существование «горячих точек»; рассмотрение этих вопросов на фактическом материале регионов нашей страны (Корякия, Камчатка, Дальний Восток, Средняя Азия, Урал) путем детального картирования эталонных районов и металлогенического изучения месторождений как надежных методов геологических исследований, не потерявших значения и в век изучения космоса, геологии и геохимии далеких планет;

— изучение глубинных геологических и геохимических неоднородностей («эмбриональных месторождений») и их роли в формировании рудных месторождений, металлогенических провинций и рудных районов;

— в настоящее время важное значение приобретает (и с каждым годом оно будет возрастать) изучение влияния космогенных явлений на процессы, происходящие в земной коре и мантии, в том числе на тектонику и образование месторождений;

— изучение всех вопросов нелинейной металлогении как части общей металлогении и направления исследований, дополняющих и развивающих представления традиционной («классической») металлогении;

— анализ и корректировка представлений геосинклинальной

теории для целей общей металлогении, в особенности в связи с новыми представлениями о характере геосинклинальных процессов как формирующих континентальную земную кору, применительно к разным стадиям и этапам этого процесса; эти вопросы представляют первоочередной интерес для создания комплексной теории металлогенического развития Земли; их изучение требует совместных усилий специалистов в области металлогении и тектоники;

— дальнейшее изучение процессов тектоно-магматической активизации, в особенности консолидированных структур, а не «огульное» отрицание этих явлений;

— дальнейшее всестороннее изучение рудных формаций и установление диагностических признаков месторождений разных рудных формаций с целью использования этих данных при прогнозной оценке рудоносных территорий; определение диагностических признаков рудных формаций областей тектоно-магматической активизации; выявление надежных отличительных или сходных черт геологических формаций (в том числе рудных) поздних стадий развития складчатых областей и областей активизации;

— всестороннее изучение характера и природы разрывных тектонических нарушений и их роли для локализации оруденения; металлогеническая типизация и классификация рудоносных разломов; изучение роли региональных поперечных разрывных структур для локализации оруденения; более глубокое познание значения блокового характера развития отдельных структур (геосинклинально-складчатых областей, платформ, областей активизации) для размещения месторождений;

— всестороннее изучение процессов эволюции рудообразования во времени в геологических структурах разных типов и рассмотрение процессов эволюции рудных процессов в геологической истории Земли;

— выяснение роли субстрата (фундамента) в локализации оруденения и установление надежных признаков субстрата, влияющих на образование месторождений, определение признаков экстрагирования рудного вещества из пород субстрата и концентрации его в месторождениях верхних структурных этажей; этот вопрос имеет очень важное значение для установления характера и причин унаследованности оруденения во времени, определения достоверности этих явлений не только с общих геологических (металлогенических) позиций, как правило, всегда субъективных, но и путем применения новейших геохимических методов исследований для определения возможных путей и способов миграции рудного вещества;

— создание детальной классификации рудоносных структур геосинклинально-складчатых областей, платформ и областей тектоно-магматической активизации с характеристикой на структурно-формационной основе признаков наиболее перспективных рудных зон и районов, специализированных на определенный комплекс месторождений;

— разработка современной классификации главнейших структурных элементов земной коры (в том числе с использованием представлений новой глобальной тектоники и планетарной металлогении) для целей металлогении и прогноза закономерностей размещения месторождений.

Планетарная (глобальная) металлогения. В этом новом направлении металлогенических исследований, которое в значительной степени обязано своим становлением появлению идей глобальной тектоники, отчетливо вырисовываются два круга проблем:

— выяснение закономерностей размещения и причин появления (образования) глобальных рудоносных структур типа Великих рудных поясов [50], обрамляющих впадину Тихого океана, или Евразийского рудного пояса; установление при большей аргументации фактами подлинного значения для размещения оруденения линеаментов и подобных им разрывных структур; тектоническая и металлогеническая классификация линеаментов;

— изучение специфических металлогенических особенностей континентов и крупных блоков литосферы; установление подлинного значения идей тектоники плит, прежде всего для глобальной металлогении; сопоставление глобальных металлогенических закономерностей с особенностями глубинного строения литосферы.

Изучение этих проблем, несомненно, откроет новые пути и возможности для более глубокого научного анализа многочисленных вопросов региональной металлогении. Важным особым вопросом планетарной металлогении является корреляция металлогенических (рудных) процессов континентов и океанов. Всестороннее исследование требует металлогении океанов.

Региональная металлогения (или металлогения регионов). Из этого направления, по существу, «родилась» металлогеническая наука, и тем не менее это направление металлогенических знаний требует скорейшего решения многих научных проблем и вопросов. К ним в первую очередь относятся следующие:

— совершенствование наших знаний о металлогении крупных структур земной коры: геосинклиально-складчатых областей, платформ, областей тектоно-магматической активизации, континентальных вулканических поясов и др.; металлогеническая классификация этих структур;

— сопоставительный металлогенический анализ крупных регионов и однотипных структур (например, срединных массивов) и металлогенических провинций;

— выяснение специфических особенностей глубинного строения сходных в металлогеническом отношении регионов и рудных провинций; установление влияния этих особенностей на металлогению регионов;

— выявление новых закономерностей размещения рудных месторождений в типовых структурно-металлогенических (рудных) зонах, характерных для крупных структур геосинклиально-

складчатых областей, платформ и областей тектоно-магматической активизации; эти исследования необходимо и впредь проводить на структурно-формационной основе с выделением характерных рудных формаций, типичных для конкретных структур;

— всестороннее изучение закономерностей проявления месторождений в типовых структурах, возникающих на различных стадиях эволюции тектонических элементов земной коры первого ранга; необходимо перейти от изучения металлогении «по вертикали», т. е. от металлогении различных стадий развития во времени, к изучению особенностей металлогении «по горизонтали», т. е. особенностей проявления месторождений в различных типовых структурах, формирующихся одновременно, но на различных площадях, в пределах одной конкретной стадии развития (опыт анализа металлогенической эволюции крупных структур земной коры «по горизонтали» применительно к геосинклинально-складчатым областям содержится во многих работах В. И. Смирнова [110, 114, 115]);

— широкое использование региональных геофизических и особенно геохимических материалов для металлогенического анализа и прогноза, определение геохимических и геофизических параметров (критериев) для выяснения положения перспективных рудных зон и районов;

— среди более частных вопросов региональной металлогении имеют важное прикладное значение выявление закономерностей размещения и новых типов гидротермально-осадочных и осадочно-вулканогенных месторождений разных металлов (Sn, W, Sb и др.) прежде всего в терригенных геосинклинальных толщах и докембрийских комплексах; всестороннее изучение взаимосвязей телетермальных стратиформных месторождений свинца, цинка, флюорита с разрывными нарушениями и процессами тектоно-магматической активизации; выяснение истинной природы крупных месторождений медистых песчаников и проверка гипотезы их гидротермального происхождения на новой фактической основе;

— по-прежнему для нашей страны представляет особый интерес всестороннее и комплексное изучение рудоносности и металлогении докембрийских образований, причем не только древних щитов и складчатых областей, а всех более или менее значительных по масштабам площадей, где выходят на поверхность допалеозойские породы.

Задача металлогенических региональных исследований в настоящее время прежде всего состоит в том, чтобы выявить провинциальные особенности металлогении конкретных регионов, понять специфические черты их развития и на этой основе осуществить прогноз новых рудоносных структур и новых типов месторождений, всесторонне и комплексно подойти к выявлению потенциальных возможностей рудоносных территорий, конкретизировать и локализовать по площади прогнозы. В ряде регионов нашей страны необходимо коренным образом пересмотреть перспективы рудоносности некоторых крупных этапов их развития,

а соответственно и геологических формаций, которыми они маркируются.

По-прежнему остается очень важным вопрос изучения самих месторождений, умелое отнесение их к определенным формациям, выявление диагностических признаков наиболее интересных из них в промышленном отношении.

При изучении магматических формаций, по нашему мнению, не снимается с повестки дня вопрос о специализированных инструзиях, перспективных на тот или другой тип рудных месторождений. Выявление критериев рудоносности магматических формаций — важная задача, призванная сыграть большую роль при оценке потенциальной рудоносности новых площадей.

Выше отмечалось, что металлогения — это комплексная наука, опирающаяся на достижения смежных областей знаний. Поэтому при металлогеническом анализе конкретных регионов необходимо учитывать все последние достижения и результаты работ в области тектоники, магматизма, осадконакопления как по конкретной территории, так и в целом по каждому направлению этих наук.

Металлогения рудных районов. Это направление металлогенических исследований не получило в последние годы должного и самостоятельного развития. По-видимому, такое положение обусловлено тем, что к изучению металлогении рудных районов применялся тот же подход, что и при исследовании крупных регионов, тогда как сам масштаб исследований уже диктовал разработку новых методов и принципов применительно к локальным рудоносным площадям, причем, возможно, на новой «идеологической» основе, которая прежде всего предусматривала бы выявление специфических особенностей каждого района, влияющих на локализацию месторождений. Поэтому по-прежнему важной задачей металлогенических исследований в рудных районах остается задача создания новых методик, позволяющих прогнозировать открытие месторождений в пределах локальных площадей, а не только в границах металлогенических зон и районов. Для этого необходимо выявить такие критерии размещения месторождений, которые определяли бы их локализацию не только в региональных структурах, но и позволяли бы «фокусировать» прогноз на площадь не более одного-двух «пятидесятитысячных» листов, где поисковые работы уже в первый год их проведения могли бы выявлять конкретные признаки оруденения. Такая задача требует, по нашему мнению, усиления научных исследований по изучению металлогении отдельных элементов, т. е. установлению всех особенностей их проявления в пространстве и во времени в конкретных локальных геологических структурах.

Конечно, особенности локализации сходных типов месторождений в различных регионах будут не всегда строго одинаковы, поэтому при конкретном прогнозе необходимо учитывать специфические особенности проявления месторождений в каждой рудной провинции. Опыт металлогенических работ свидетельствует о том, что главные закономерности проявления сходных групп

месторождений в различных регионах практически всегда являются одинаковыми, тогда как частные (локальные) особенности проявления месторождений различаются в большей степени и зависят от конкретных геологических обстановок, в которых формируются месторождения. Однако в каждом отдельно взятом регионе последние очень близки между собой, что, по существу, и предопределяет возможность разработки научных критериев локального прогноза закономерностей размещения месторождений.

Методика локального прогнозирования месторождений полезных ископаемых, прежде всего рудных, должна основываться в настоящее время не только на анализе геологических особенностей размещения месторождений, но и на использовании автоматизированной обработки геофизических, геохимических и других данных по конкретным рудоносным территориям, что позволит наметить более «тонкие» и объективные критерии прогноза размещения месторождений на локальных площадях. В особенности возрастает при решении таких задач значение анализа геохимической информации, получаемой при проведении специализированных геохимических прогнозных исследований, и изучения глубинного строения рудных районов, вплоть до познания особенностей конфигурации границ земной коры и мантии. Таким образом, для металлогении рудных районов, если эту ветвь науки считать самостоятельным направлением, прежде всего необходимо решение следующих задач:

— создание современных принципов этого направления, являющихся теоретической основой последующих построений для локального прогноза; по нашему мнению, это должно быть не повторением основ региональной металлогении, а разработкой существенно новой системы взглядов (научного подхода) к локальному прогнозированию; не исключено, что в основе этой работы должно находиться исследование структурных факторов контроля оруденения, а следовательно, в первую очередь изучение и металлогеническая классификация рудоконтролирующих разрывных нарушений (для эндогенных месторождений), всестороннее изучение рудоносных фаций (для осадочных и осадочно-гидротермальных месторождений);

— проведение широкого сравнительного системного анализа сходных рудных районов с месторождениями однотипных формаций в различных регионах и на этой основе разработка единых критериев прогнозной оценки рудных районов и месторождений.

Специальная металлогения (или металлогения отдельных элементов). Главными задачами этого направления являются:

— усиление работ по выяснению закономерностей проявления в пространстве и во времени месторождений и рудопроявлений главнейших элементов, образующих промышленные месторождения. До сих пор плохо изучена металлогения золота, серебра, кобальта, меди, бора и многих других элементов; изучение металлогении отдельных элементов несет в определенной степени геохимическую нагрузку, во многом «перекликается» с геохимиче-

скими исследованиями, но всегда должно быть более геологическим, тесно связано с изучением геологических обстановок проявления месторождений того или иного элемента; изучение металлогении отдельных элементов должно вскрыть более тесные связи изучаемого элемента с другими, способствовать выявлению новых типов месторождений;

— изучение вопроса о регенерации месторождений, а также об источниках рудного вещества и унаследовании рудных концентраций. Решение этих вопросов имеет важное практическое значение. В настоящее время их изучение должно базироваться на тонких геохимических исследованиях, прежде всего применении совершенных методов изотопного анализа;

— изучение вопросов металлогении отдельных элементов должно осуществляться как для крупных структур, так и в пределах структур разных порядков с целью выявления особенностей, характера тех или иных структур, влияющих на интенсивность и экстенсивность проявления определенных элементов; при этом важно учитывать конкретные геологические обстановки проявления месторождений и взаимосвязи изучаемого элемента с другими, что позволит увидеть не только четкие корреляционные связи, но в свою очередь будет способствовать решению прикладных задач при прогнозе «недостающих звеньев» в общей цепи рудных процессов, характерных для данного региона.

Выше в самом общем виде были затронуты только некоторые важные аспекты дальнейших путей развития современной металлогении. Освещены, конечно, не все проблемы, а преимущественно те из них, которые находятся на стыке с другими науками геологического цикла, в частности с рудной геологией и учением о полезных ископаемых. Совершенно очевидно, что решение перечисленных задач должно осуществляться комплексно, с учетом новейших достижений каждого направления металлогенических исследований и иных отраслей геологических знаний (тектоники, литологии, петрологии и др.). Результаты этих исследований должны взаимно дополнять друг друга. В общем плане металлогенических задач несколько обособленно стоят важные проблемы металлогенической картографии и количественной оценки прогнозных запасов рудоносных площадей.

Металлогеническая картография — это, по существу, особая ветвь геологической картографии, призванная наглядно, графически отражать выявленные закономерности размещения месторождений в разных структурах земной коры и показывать перспективные рудоносные площади и степень их перспектив. По нашему мнению, и это отмечалось ранее, в ближайшие годы в нашей стране должны быть составлены новые мелко- и крупномасштабные металлогенические карты; они должны знаменовать новый этап в развитии, прежде всего региональной металлогении и металлогении рудных районов.

Составление металлогенических карт крупных рудных регионов — сложный процесс научного анализа большого фактического

материала, требующий не только умения обобщать, но и умения «добывать» новый фактический материал в целеустремленных полевых маршрутах.

Как отмечалось, современные металлогенические карты должны составляться на структурно-формационной основе, когда выявление тех или иных конкретных формаций и их взаимоотношений между собой должно способствовать наиболее объективному тектоническому районированию данной конкретной территории. Металлогенические карты регионов должны сопровождаться серией вспомогательных карт, часть из которых должна быть выполнена на прозрачных накладках, несущих дополнительную информацию. К ним относятся геохимические, геофизические, гидрохимические, блоковой и разрывной тектоники и иные по содержанию карты, отражающие вспомогательные геологические закономерности, необходимые для выявления главных закономерностей и причин, контролирующих оруденение.

Особое значение в настоящее время приобретает составление карт глубинного строения рудоносных территорий, построенных по материалам глубинного зондирования, карт магнитных и электромагнитных полей. Необходимо в ближайшие годы разработать и широко применить методы объемного моделирования рудоносных площадей (в первую очередь в рудных районах) и визуализации на ЭВМ рудоносных объектов, вплоть до применения методов современной голографии для создания объемных моделей рудоносных площадей разных рангов. Несомненно, что все металлогенические карты должны сопровождаться разрезами и блок-диаграммами крупных рудных районов, отражающими строение земной коры, характерное для площадей с максимальной насыщенностью оруденением.

Важнейшая составная и завершающая часть металлогенического анализа — прогноз, т. е. определение площадей, где могут быть открыты новые рудные зоны, районы и месторождения. Этой конечной цели, по существу, должна быть подчинена вся работа по металлогеническому анализу конкретных регионов независимо от их размеров.

Другим важным комплексом вопросов, который, несмотря на определенные успехи, по-прежнему со всей остротой стоит перед металлогеническими исследованиями и имеет особое значение в связи с требованиями практической геологии, является проблема создания подлинно научных методов количественной оценки прогнозных запасов перспективных рудоносных площадей и отдельных месторождений.

В настоящее время, как и многие годы тому назад, метод аналогий, к сожалению, имеет ведущее значение при прогнозной количественной оценке рудоносных площадей; в особенности это относится к региональному прогнозированию. Однако сегодня в классический и во многом субъективный метод аналогий необходимо внести новые — логико-информационные, вероятностно-статистические и другие приемы, которые на основе точного мате-

матического анализа могли бы способствовать выявлению объективного «веса» признаков рудоносных площадей и получению более достоверных количественных оценок прогнозных запасов на новых перспективных рудоносных территориях.

Необходимо находить новые пути объективной оценки на геолого-математической основе значения рудоконтролирующих факторов и масштабов прогнозируемого оруденения. Задача превращения металлогенического прогноза в точный, количественный прогноз, когда предсказываются не только типы месторождений и условия их проявления, но и их масштабы, является в современном металлогеническом анализе одной из наиболее актуальных, при решении которой должны быть использованы все последние достижения геологической науки, осмысленные через призму математического анализа.

Основными направлениями исследований по этой проблеме, как и прежде [157], по-видимому, следует считать:

— разработку теории и методов количественной оценки и прогноза месторождений полезных ископаемых, основанных на комплексировании геологических и математических способов исследования роли геологических, геохимических и геофизических факторов, влияющих на масштабы месторождений; дальнейшее совершенствование металлогенического анализа с целью создания научных основ количественного прогнозирования;

— создание комплекса алгоритмов и программ, позволяющих осуществлять количественные прогнозы на основе синтеза геологической, геохимической и геофизической информации; выявление новых путей эффективного применения математических методов для целей количественного прогнозирования;

— совершенствование теории эндогенного рудообразования на основе математической обработки геологических данных с целью выявления факторов образования крупных месторождений различных рудных формаций.

Выше были кратко рассмотрены только некоторые задачи металлогенических исследований, которые требуют дальнейшего изучения на основе использования новых направлений и идей геологической науки с целью их использования в прикладной геологии.

Металлогенические исследования в нашей стране постепенно вступают в новую фазу развития, когда выявление закономерностей размещения месторождений должно осуществляться на основе глубокого структурно-формационного анализа конкретных регионов с учетом новых теоретических представлений о возможном характере эволюции главнейших структурных элементов земной коры. «На вооружение» металлогенического анализа в настоящее время поступают новые методы исследования, в том числе математические, космогеологические, геоморфологические и др., которые еще совсем недавно не использовались при установлении закономерностей размещения месторождений. Это позволяет надеяться на выявление новых закономерностей, более объ-

ективный подход к познанию особенностей размещения месторождений в пространстве и во времени в различных структурах земной коры.

Кратко охарактеризованные задачи дальнейших металлогенических исследований, конечно, не включают целый ряд вопросов, решение которых непосредственно влияет на прогресс металлогении и связано с достижением смежных геологических наук. Это в первую очередь относится к тектонике, к созданию таких тектонических концепций, которые с учетом всей многогранности эволюции структур земной коры и глубинного строения литосферы могли бы быть эффективно использованы при металлогенических построениях и выводах. Необходимо дальнейшее обсуждение и деловое рассмотрение воззрений тектоники плит применительно к проблемам металлогении, и прежде всего достоверное (не умозрительное) изучение зон субдукции и анализ этих явлений для понимания металлогении конкретных регионов и глобальных рудоносных структур. Необходимо, чтобы эти вопросы рассматривались на примерах отечественных рудоносных территорий, а не сверхдалеких от нашей страны рудоносных структур Анд или облачных структур Гиндукуша, где советские геологи практически не работали.

Важным для металлогенических целей является создание более совершенных представлений об окраинно-континентальных вулканических поясах, установление природы этих особых рудоносных структур Земли. Таких общегеологических проблем, имеющих важное значение для металлогении, много, все они в целом отражают определенное несовершенство современных тектонических представлений; неоднозначная интерпретация генетической природы тех или иных структур, конечно, отражается и на «качестве» общих металлогенических построений, но не оказывает существенного влияния на решение вопросов региональной металлогении и металлогении рудных районов.

Большое значение для целей металлогенического анализа имеет создание моделей формирования месторождений ведущих рудных формаций; в особенности это важно для осадочно-гидротермальных месторождений и месторождений, связанных с процессами континентального и подводного вулканизма. По-прежнему для совершенства прогноза рудных районов и более крупных рудоносных площадей имеют большое значение вопросы зональности оруденения, установления истинных параметров вертикального размаха оруденения в различных типах металлогенических зон и в месторождениях различных формаций и другие вопросы, вплоть до знания тонких минералогических особенностей отдельных групп месторождений и геохимических признаков минералов, проявляющихся в рудах разных формаций и т. д.

Все это еще раз показывает, что современная металлогения и ее различные направления — это комплексная наука, достижения которой во многом зависят от прогресса знаний смежных наук, и не только геологического профиля. В этом заключается

одна из сложностей металлогении как науки, ее многогранность и комплексность, совместно определяющие и ее прикладное значение, важное для народного хозяйства страны.

Краткие выводы

В последние годы, несмотря на определенный спад интереса к региональной металлогении и изучению закономерностей размещения месторождений в пределах крупных регионов, достигнуты определенные успехи в области общей (теоретической) металлогении, в познании общих закономерностей локализации рудных месторождений в различных структурах земной коры и их структурно-формационных зонах разных типов. Практически не развивалась металлогения рудных районов как самостоятельное направление; еще не созданы научные принципы (основы) этого направления. Специальная металлогения обогатилась рядом интересных исследований по металлогении и геологии отдельных элементов. В настоящее время перед металлогенией стоят крупные задачи, связанные с «апробацией» новых тектонических концепций для целей изучения закономерностей размещения месторождений в различных структурах земной коры (концепция формирования земной коры ГИН АН СССР; идеи новой глобальной тектоники и др.).

Важное значение имеет познание особенностей влияния на металлогению земной коры глубинных, мантийных процессов и выявление специфических черт локализации мантийных месторождений. Должно быть преодолено отставание металлогении рудных районов, выработаны действительно принципиально новые научные принципы этого направления металлогении.

Остаются все еще слабо изученными важные для металлогении вопросы унаследованности оруденения во времени; эти вопросы должны решаться не на основе общегеологических соображений, а на базе всестороннего изучения изотопного состава элементов. Для территории нашей страны по-прежнему остается важной задача всестороннего изучения закономерностей размещения месторождений в областях развития докембрийских формаций.

Пришло время составления новой серии мелко- и крупномасштабных металлогенических и прогнозных карт, осуществления прогноза размещения месторождений и рудоносных площадей, а также их масштабов с использованием геолого-математических методов, позволяющих оценивать запасы прогнозируемых рудоносных площадей и месторождений в количественном выражении.

Необходимо связать все направления и виды металлогенических исследований с решением задач прикладной геологии, что всегда было присуще советской металлогенической школе.

Выше были рассмотрены некоторые основные проблемы современной металлогении, намечены дальнейшие пути развития этой науки. Показано, что в настоящее время металлогения представляет собой сложную, комплексную науку, подразделяющуюся на ряд различно развивающихся направлений. Отмечалось, что металлогенические проблемы имеют большое значение для решения многих задач прикладной геологии, что металлогенические исследования неразрывно связаны с практикой геологоразведочных работ.

На современном этапе развития металлогении перед этой наукой встает ряд принципиальных вопросов, решение которых должно способствовать прогрессу наших знаний в области изучения закономерностей формирования и размещения месторождений в структурах земной коры. Одной из таких крупных проблем является выяснение влияния глубинных, мантийных процессов на образование структур земной коры и размещение в них мантийных месторождений. Другая важная задача состоит в выяснении степени соответствия новых представлений о формировании континентальной земной коры как главной сущности геосинклинального процесса «старым» представлениям о металлогеническом развитии геосинклинально-складчатых областей.

Анализ основных положений традиционной (классической) металлогении показывает, что ее основные положения остаются верными и в настоящее время и могут быть при соответствующей корректировке успешно использованы сегодня.

На современном этапе развития металлогенических исследований важное значение приобретает всестороннее изучение мантийных месторождений, их особенностей локализации в структурах земной коры, выявление на этой основе новых закономерностей размещения рудных месторождений в комплексах верхней оболочки литосферы.

Общее металлогеническое развитие Земли имеет отчетливо выраженное необратимое развитие, для которого устанавливается спиралевидный характер эволюции металлогенических процессов, когда при повторении некоторых металлогенических элементов (признаков) предыдущих эпох каждая новая, более молодая эпоха характеризуется специфическими чертами и особенностями.

Это относится наиболее отчетливо к типам месторождений, характеру их локализации, масштабам проявления сходных процессов.

В последние годы в общей (теоретической) металлогении в нашей стране достигнуты определенные успехи. Об этом свидетельствует ряд крупных исследований советских ученых [37, 47, 53, 62, 70, 76, 79, 87, 88, 97, 101, 102 и др.]. В них достаточно развернуто освещены многие проблемы общей металлогении, разработаны новые вопросы, имеющие принципиальное значение для понимания общих особенностей эволюции металлогенических процессов в земной коре. Это важное обстоятельство, как отмечалось ранее, позволило автору не повторять эти работы, не останавливаться на изложении известного уже фактического материала, а сосредоточить внимание прежде всего на самых общих вопросах теоретического плана применительно к различным направлениям металлогении, попытаться отразить главные задачи каждого из них. Такой подход позволял «сфокусировать» внимание читателя на некоторых важных для развития металлогении вопросах теории и практики этой науки и показать (если это удалось?) непреходящее крупное значение металлогении для развития геологических исследований и решения прикладных задач. В этом заключалась основная цель работы. И если она осуществлена в какой-то мере, автор считает, что он выполнил поставленную перед собой задачу.

Список литературы

1. Абдуллин А. А., Шлыгин А. Г. Металлогения и минеральные ресурсы Казахстана. Алма-Ата: Наука, 1983. 312 с.
2. Абдуллаев Х. М. Опыт классификации рудно-петрографических провинций.— Узб. геол. журн., 1959, № 4, с. 3—16.
3. Абдуллаев Х. М., Борисов О. М. Об особенностях развития срединных массивов.— Сов. геология, 1963, № 8, с. 17—26.
4. Аносов П. П. Геогностические наблюдения над уральскими горами, лежащими в округе златоустовских заводов.— Горн. журн., 1826, № 5, с. 3—30.
5. Асаналиев У. А., Джумалиев Т. Д., Наркелюн Л. Ф. и др. Современное состояние и задачи изучения стратиформных месторождений.— В кн.: Стратиформные месторождения цветных, рудных, благородных металлов и других полезных ископаемых. Фрунзе: 1981, с. 4—9.
6. Афанасьев В. П., Харьков А. Д. Ксенолиты алмазоносных эклогитов из кимберлитов Якутии.— В кн.: Геохимия и рудообразование. Вып. 8. Киев: Наукова думка, 1980, с. 87—98.
7. Барсуков В. Л. Основные черты геохимии олова. М.: Наука, 1974. 150 с.
8. Барсуков В. Л. Сравнительная планетология и ранняя история Земли.— Геохимия, 1981, № 11, с. 1603—1615.
9. Барсуков В. Л., Дмитриев Л. В. О верхней мантии Земли как возможном источнике рудного вещества.— Геохимия, 1972, № 12, с. 1515—1540.
10. Барсуков В. Л., Дмитриев Л. В. О мантийном источнике рудного вещества и его роли в формировании и размещении некоторых месторождений полезных ископаемых.— В кн.: Источники рудного вещества эндогенных месторождений. М.: Наука, 1976, с. 12—30.
11. Барсуков В. Л., Дурасова Н. А., Гриценко Л. Н. и др. Некоторые геохимические особенности мафических пород различных структурно-тектонических зон.— Второй Всесоюзный съезд океанологов. Тезисы докладов. Вып. 7, № 1. Севастополь, 1982, с. 123—124.
12. Баскина В. А. Магматизм рудоконцентрирующих структур Приморья. М.: Наука, 1982. 260 с.
13. Белевцев Я. Н. Метаморфогенное рудообразование. М.: Недра, 1979. 275 с.
14. Белоусов В. В. Эндогенные режимы материков. М.: Недра, 1978. 232 с.
15. Белоусов В. В. Переходные зоны между континентами и океанами. М.: Недра, 1982. 150 с.
16. Бергер В. И. Сурьмяные месторождения. Л.: Недра, 1978. 295 с.
17. Билибин Ю. А. Металлогенические провинции и металлогенические эпохи. М.: Госгеолтехиздат, 1955. 88 с.
18. Билибин Ю. А. Общие принципы регионального металлогенического анализа.— Изб. труды, т. 3. М.: Изд-во АН СССР, 1961, с. 16—60.
19. Билибина Т. В. Основные черты металлогении щитов и областей их активизации.— Тр. ВСЕГЕИ, 1973, т. 191, с. 41—61.
20. Билибина Т. В., Казанский В. И., Кратц К. О. Рудные формации и рудоносные структуры раннего докембрия.— Геология рудн. м-ний, 1976, № 4, с. 3—10.
21. Богатиков О. А., Дмитриев Ю. И. Базальты и анортозиты Луны.— В кн.: Проблемы петрологии. М.: Наука, 1976, с. 206—219.
22. Вахрушев В. А., Соболев Н. В. Сульфидные образования в глубинных ксенолитах из кимберлитовых трубок Якутии.— Геология и геофизика, 1971, № 11, с. 3—11.

23. *Внутреннее* строение рудоносных докембрийских разломов. М.: Наука, 1985. 168 с.
24. *Волочкович К. Л.* Металлогенический анализ с позиций концепций новой глобальной тектоники и геосинклинального развития.— Геология рудн. м-ний, 1978, № 5, с. 89—98.
25. *Второй Всесоюзный съезд океанологов. Тезисы докладов. Вып. 7.* Севастополь: 1982. 138 с.
26. *Вулканические пояса Востока Азии/Под ред. А. Д. Щеглова.* М.: Наука, 1984. 607 с.
27. *Высоцкий Б. П.* Проблемы истории и методологии геологических наук. М., Недра, 1977. 280 с.
28. *Геологическое развитие и металлогения Урала/К. К. Залоев, М. С. Раппопорт, Б. А. Попов и др.* М.: Недра, 1981. 256 с.
29. *Гидротермально-осадочные и гидротермальные рудные образования в Мировом океане/Г. А. Черкашев, С. Г. Краснов, Б. Х. Егизаров и др.* М.: 1985. 66 с.
30. *Глубинные ксенолиты и верхняя мантия/Ред. В. С. Соболев, Н. Л. Добрецов, Н. В. Соболев.* Новосибирск: Наука, 1975. 271 с.
31. *Глубинное строение, магматизм и металлогения Тихоокеанских вулканических поясов.* Владивосток: 1976. 516 с.
32. *Глубинное строение и геодинамика литосферы.* Л.: Недра, 1980. 276 с.
33. *Глубинное строение и условия формирования эндогенных рудных районов, полей и месторождений.* М.: Наука, 1983. 238 с.
34. *Годлевский М. Н., Лихачев А. И.* Медно-никелевое рудообразование в Норильском районе.— В кн.: *Генетические модели эндогенных рудных формаций.* Т. 1. Новосибирск: 1981, с. 48—49.
35. *Гореликова Н. В.* Типоморфные особенности турмалинов оловорудных месторождений различных рудных формаций.— Автореф. канд. дис. Владивосток: 1981. 24 с.
36. *Горжевский Д. И.* Металлогения земной коры.— Геология рудн. м-ний, 1986, № 1, с. 104—106.
37. *Горжевский Д. И., Козеренко В. Н., Константинов Р. М.* Магматические и рудные формации. М.: Недра, 1986. 211 с.
38. *Добрецов Н. Л.* Введение в глобальную петрологию. Новосибирск: Наука, 1980. 200 с.
39. *Докембрийские троговые структуры Байкало-Амурского региона и их металлогения.* Новосибирск: Наука, 1985. 200 с.
40. *Долгинов Е. А., Стихотворцева Н. А., Попов Ю. В.* Докембрийские складчатые пояса и троговые системы — главные генераторы стратиформного медного и свинцово-цинкового оруденения. М.: 1984. 68 с.
41. *Доусон Дж.* Кимберлиты и ксенолиты в них. М.: Мир, 1983. 300 с.
42. *Зайцев Ю. А.* Эволюция геосинклиналей. М.: Недра, 1984. 208 с.
43. *Закономерности формирования континентальной коры в фанерозое/А. В. Пейве, А. Л. Книппер, М. С. Марков и др.*— В кн.: *Тектоника.* М.: Наука, 1984, с. 3—8.
44. *Зеленокаменные пояса древних щитов.* М.: Наука, 1982. 168 с.
45. *Зимин С. С.* Офиолиты, палеомантия и металлогения Тихоокеанского рудного пояса.— В кн.: *Металлогения Тихоокеанского рудного пояса.* Владивосток: 1982, с. 28—38.
46. *Зимин С. С., Грановский А. Г., Юсим Э. И.* Парагенезисы офиолитов, палеомантия и металлогения. М.: Наука, 1983. 136 с.
47. *Зоненшайн Л. П., Кузьмин М. И., Моралев В. М.* Глобальная тектоника, магматизм и металлогения. М.: Недра, 1976. 232 с.
48. *Источники и условия мобилизации рудного вещества/В. И. Рехарский, В. И. Коваленко, Н. В. Петровская и др.*— В кн.: *Металлогения и рудные месторождения.* М.: 1984, с. 20—28.
49. *Источники рудного вещества эндогенных месторождений.* М.: Наука, 1976. 340 с.
50. *Ицксон М. И.* Металлогеническая зональность Тихоокеанского сегмента Земли. М.: Недра, 1979. 232 с.

51. *Казанский В. И.* Рудоносные тектонические структуры активизированных областей. М.: Недра, 1972. 240 с.
52. *Казанский В. И., Лаверов Н. П., Тугаринов А. И.* Эволюция уранового рудообразования. М.: Атомиздат, 1978. 208 с.
53. *Ковалев А. А.* Мобилизм и поисковые геологические критерии. М.: Недра, 1978. 288 с.
54. *Ковалев А. А.* Мобилизм и поисковые геологические критерии. М.: Недра, 1985. 223 с.
55. *Когарко Л. Н.* Отношение Ni/Co — индикатор мантийного происхождения магм. — *Геохимия*, 1973, № 10, с. 1441—1446.
56. *Когарко Л. Н., Кригман Л. Д.* Фтор в силикатных расплавах и магмах. М.: Наука, 1981. 126 с.
57. *Козеренко В. Н.* Эндогенная металлогения. М.: Недра, 1981. 279 с.
58. *Константинов Р. М.* Основы формационного анализа гидротермальных рудных месторождений. М.: Наука, 1973. 216 с.
59. *Косыгин Ю. А.* Главные структурообразующие процессы в коре и их связь с движениями в мантии. — *Геотектоника*, 1983, № 5, с. 3—7.
60. *Косыгин Ю. А., Натальин Б. А., Парфенов Л. М.* Тектоническая карта Дальнего Востока и сопредельных районов. — *Тихоокеан. геология*, 1982, № 3, с. 46—52.
61. *Красный Л. И.* О путях теоретических исследований в геологической науке. — В кн.: *Материалы к совещанию «Общие закономерности геологических явлений»*. Вып. 1. Л.: ВСЕГЕИ, 1965, с. 7—10.
62. *Критерии* прогнозной оценки территорий на твердые полезные ископаемые/Под ред. Д. В. Рундквиста. Л.: Недра, 1986. 751 с.
63. *Кузнецов В. А.* Алтае-Саянская металлогеническая провинция и некоторые вопросы металлогении полициклических складчатых областей. — В кн.: *Закономерности размещения полезных ископаемых*. Т. 8. М.: Наука, 1967, с. 275—303.
64. *Кузнецов В. А.* Рудные формации. — *Геология и геофизика*, 1972, № 6, с. 3—14.
65. *Лазыко Е. Е., Целин А. И.* Неоднородные сульфидные включения в первичных минералах кимберлитов Якутии. — В кн.: *Неоднородность минералов и тонкие минеральные смеси*. М.: Наука, 1977, с. 75—85.
66. *Лисицын А. П.* Океанское рудообразование. — *Вестн. АН СССР*, 1986, № 3, с. 3—20.
67. *Магакьян И. Г.* Основы металлогении материков. Ереван: 1959. 280 с.
68. *Магакьян И. Г.* Типы рудных провинций и рудных формаций СССР. М.: Недра, 1969. 224 с.
69. *Магакьян И. Г.* Металлогения. М.: Недра, 1974. 304 с.
70. *Магматогенно-рудные системы*/Г. М. Власов, В. Н. Компаниченко, Ю. Ф. Малышев и др. М.: Наука, 1986. 256 с.
71. *Малич Н. С., Туганова Е. В.* Принципы и методика минерагенического анализа платформ. М.: Недра, 1980. 237 с.
72. *Мантийные ксенолиты и проблема ультраосновных магм*. Новосибирск: Наука, 1983. 216 с.
73. *Маракушев А. А.* Петрогенезис и рудообразование (геохимические аспекты). М.: Наука, 1979. 261 с.
74. *Маракушев А. А., Безмен Н. И.* Эволюция метеоритного вещества, планет и магматических серий. М.: Наука, 1983. 185 с.
75. *Марков М. С., Пуцаровский Ю. М.* Закономерности формирования континентальной земной коры. — *Тектоника Сибири*, 1982, т. 11, с. 25—29.
76. *Металлогения Казахстана*. Металлогенические комплексы и закономерности их проявления. Алма-Ата: Наука, 1983. 208 с.
77. *Металлогенические провинции и пояса Казахстана*/Г. Н. Щерба, Л. П. Санчило, В. В. Степанов и др. Алма-Ата: Наука, 1983. 240 с.
78. *Металлогения рудиты*. М.: Недра, 1976. 255 с.
79. *Металлогения скрытых линейментов и концентрических структур*/И. Н. Томсон, Н. Т. Кочнева, В. С. Кравцов и др. М.: Недра, 1984. 272 с.
80. *Митчелл А., Гарсон М.* Глобальная тектоническая позиция минеральных месторождений. М.: Мир, 1984. 486 с.

81. *Мушкин И. В., Ярославский Р. И.* Щелочно-базальтоидный магматизм Южного и Юго-Западного Тянь-Шаня в связи с проблемами регионально-геохимической специализации на золото.— В кн.: Минералогия и геохимия эндогенных месторождений Средней Азии. Вып. 1. Ташкент: 1978, с. 91—99.
82. *Ножкин А. Д.* Геохимическая неоднородность архейской литосферы и ее значение для металлогении.— Геология и геофизика, 1985, № 6, с. 3—12.
83. *Обручев В. А.* Металлогенические эпохи и области Сибири. Вып. 21. М.: Госиздат, 1926. 64 с.
84. *Обручев В. А.* Закономерности распределения полезных ископаемых в главных районах СССР.— Социал. реконстр. и наука, 1933, вып. 6, с. 46—64.
85. *Общие принципы регионального металлогенического анализа и методика составления металлогенических карт для складчатых областей/Под ред. П. М. Татарина, В. Г. Грушевого, Г. С. Лабазина.* М.: Госгеолиздат, 1957. 150 с.
86. *Осипова Г. А., Азарова Л. И., Чубаров В. М., Бутенко Л. А.* Хромит и минералы титана в касситерите оловорудных месторождений.— Докл. АН СССР, 1982, т. 226, № 2, с. 439—441.
87. *Основы металлогении метаморфических поясов докембрия.* Л.: Наука, 1984. 340 с.
88. *Основные закономерности развития и металлогения областей тектономагматической активизации юга азиатской части СССР/В. А. Амантов, Е. В. Быковская и др.* Л.: Недра, 1979. 303 с.
89. *Палеогидрохимические исследования: Принципы и методы оценки рудоносности геологических формаций/Е. А. Басков, С. А. Вересов, Н. А. Петрова и др.* Л.: Недра, 1985. 251 с.
90. *Петровская Н. В.* О некоторых случаях пространственного совмещения разнотипных эндогенных минеральных образований.— Зап. Всесоюз. минерал. о-ва, 1956, № 3, с. 331—352.
91. *Пейве А. В.* Геология раздела Мохоровичича.— В кн.: Проблемы тектоники земной коры. М.: Наука, 1981, с. 7—13.
92. *Пейве А. В., Савельев А. А.* Структуры и движения в литосфере.— Геотектоника, 1982, № 6, с. 5—24.
93. *Поветика И. А.* Общие свойства месторождений золота.— Горн. журн., 1866, ч. 1, с. 49—98.
94. *Проблемы тектоники земной коры.* М.: Наука, 1981. 276 с.
95. *Пуцаровский Ю. М.* Крупные неоднородности в строении земной коры и их возможные интерпретации.— Геотектоника, 1982, № 5, с. 3—16.
96. *Радкевич Е. А.* Очерк металлогении Тихоокеанского рудного пояса. М.: Наука, 1977. 78 с.
97. *Радкевич Е. А.* Металлогенические провинции Тихоокеанского рудного пояса. М.: Наука, 1977. 176 с.
98. *Рахматулаев Х. Р., Панов Б. С., Пилат И.* Изотопный состав серы сульфидной минерализации Западного Узбекистана.— Узб. геол. журн., 1983, № 2, с. 69—70.
99. *Региональная геология и металлогения СССР/Под ред. Д. В. Рундквиста и А. А. Смыслова.* Л.: Недра, 1985. 275 с.
100. *Рудоцентрирующие структуры Азии и их металлогения/М. А. Фаворская, В. А. Баскина, Н. Л. Шилин и др.* М.: Недра, 1983. 192 с.
101. *Рудоносные орогенные структуры и методы их изучения.* М.: Наука, 1981. 232 с.
102. *Рудоносность и геологические формации структур земной коры/Под ред. Д. В. Рундквиста.* Л.: Недра, 1981. 424 с.
103. *Рундквист Д. В.* Эволюция рудообразования во времени.— В кн.: Геологическое строение СССР. Т. V, М.: Недра, 1969, с. 303—321.
104. *Рундквист Д. В.* Использование закономерностей развития минеральных образований во времени при прогнозно-металлогенических исследованиях.— Зап. Всесоюз. минерал. о-ва, 1982, вып. 4, с. 407—421.
105. *Рундквист Д. В.* Современные проблемы металлогении.— Вестн. АН СССР, 1984, № 5, с. 74—85.
106. *Сатпаев К. И.* О прогнозных металлогенических картах Центрального Казахстана.— Изв. АН КазССР. Сер. геол., 1953, № 6, с. 15—25.

107. *Сатпаева М. К.* Руды Джекказгана и условия их формирования. Алма-Ата: Наука, 1985. 208 с.
108. *Сергеев К. Ф.* Геосинклинальная концепция развития структуры «осадочной» оболочки Земли и «новая глобальная тектоника». — Тихоокеан. геология, 1985, № 6, с. 13—25.
109. *Синицин А. В.* О металлогеническом изучении структурно-тектонического районирования докембрийских щитов. — Геология рудн. м-ний, 1985, № 6, с. 17—25.
110. *Смирнов В. И.* Металлогения геосинклиналей. — В кн.: Закономерности размещения полезных ископаемых. Т. 5. М.: Изд-во АН СССР, 1962, с. 17—81.
111. *Смирнов В. И.* Зоны Беньофа и магматогенное рудообразование. — Геология рудн. м-ний, 1974, № 1, с. 3—17.
112. *Смирнов В. И.* О металлогении океана. — Геология рудн. м-ний, 1975, № 1, с. 3—12.
113. *Смирнов В. И.* Эволюция источников минерального вещества эндогенных рудных месторождений в истории развития земной коры. — В кн.: Источники рудного вещества эндогенных месторождений. М.: Наука, 1976, с. 5—11.
114. *Смирнов В. И.* Общие проблемы доорогенной металлогении. — В кн.: Закономерности размещения полезных ископаемых. Т. 12. М.: Наука, 1978, с. 5—14.
115. *Смирнов В. И.* Эндогенная металлогения. — В кн.: Тектоносфера Земли. М.: Наука, 1978, с. 121—169.
116. *Смирнов В. И.* Проблемы металлогении. — Вестн. Моск. ун-та. Сер. геол., 1979, № 6, с. 14—29.
117. *Смирнов В. И.* Периодичность рудообразования в геологической истории. — В кн.: Металлогения и рудные месторождения. М.: Наука, 1984, с. 3—10.
118. *Смирнов С. С.* Металлогения Западного Верхоянья. — Проблемы сов. геологии, 1934, № 4, с. 1—28.
119. *Смирнов С. С.* Схема металлогении Восточного Забайкалья. — Проблемы сов. геологии, 1936, № 10, с. 846—864.
120. *Смирнов С. С.* О Тихоокеанском рудном поясе. — Изв. АН СССР. Сер. геол., 1946, № 2, с. 13—28.
121. *Смыслов А. А. (редактор).* Геодинамическая карта территории СССР и прилегающих акваторий. Л.: 1981.
122. *Соболев В. С.* Строение верхней мантии и способы образования магмы. М.: Наука, 1973. 34 с.
123. *Соболев В. С., Добрецов Н. Л., Соболев Н. В.* Петрологический разрез земной коры и верхней мантии. — В кн.: Геология процессов метаморфизма. Свердловск: 1977, с. 58—66.
124. *Соболев Н. В.* Глубинные включения в кимберлитах и проблема состава верхней мантии. Новосибирск: Наука, 1974. 264 с.
125. *Современные идеи теоретической геологии/И. И. Абрамович, В. В. Груза, И. Г. Клушин и др.* Л.: Недра, 1984. 280 с.
126. *Сорохтин О. Г.* Теория тектоники литосферных плит — современная геологическая теория. М.: 1984. 40 с.
127. *Старицкий Ю. Г.* Некоторые особенности магматизма и металлогении платформенных областей. — В кн.: Закономерности размещения полезных ископаемых. Т. 1. М.: Изд-во АН СССР, 1958, с. 262—272.
128. *Старицкий Ю. Г.* Основные проблемы металлогении платформ. — В кн.: Проблемы региональной металлогении. — Тр. ВСЕГЕИ, 1973, т. 191, с. 33—40.
129. *Судовиков Н. Г.* Принципы металлогенического анализа докембрийских областей. — В кн.: Проблемы изучения докембрия. Л.: Наука, 1967, с. 16—23.
130. *Таусон Л. В.* Геохимические типы и потенциальная рудоносность гранитоидов. М.: Наука, 1977. 280 с.
131. *Гвалчрелидзе Г. А.* Опыт систематики эндогенных месторождений складчатых областей. М.: Недра, 1968. 176 с.

132. *Твалчрелидзе Г. А.* О главнейших металлогенических эпохах Земли.— Геология рудн. м-ний, 1970, № 1, с. 22—36.
133. *Твалчрелидзе Г. А.* Металлогенические особенности главных типов вулканических поясов. М.: Недра, 1977. 110 с.
134. *Твалчрелидзе Г. А.* Мобилизм или классическая геотектоника. М.: ВИНТИ, 1979. 114 с.
135. *Твалчрелидзе Г. А.* Металлогения земной коры. М.: Недра, 1985. 160 с.
136. *Тектоника, магматизм и оруденение сквозных систем нарушений/ М. А. Фаворская, И. К. Волчанская, Е. Н. Сапожников и др.* М.: Наука, 1985. 168 с.
137. *Умитбаев Р. Б.* Охотско-Чаунская металлогеническая провинция. М.: Наука, 1986. 286 с.
138. *Уэда С.* Новый взгляд на Землю. М.: Мир, 1980. 214 с.
139. *Фаворская М. А.* Новое направление металлогенических исследований в ИГЕМ АН СССР.— Изв. АН СССР. Сер. геол., 1974, № 6, с. 5—13.
140. *Фаворская М. А.* Металлогения сквозных систем дислокаций.— Вести. Моск. ун-та. Сер. геол., 1981, № 5, с. 46—48.
141. *Фаворская М. А., Томсон И. Н., Иванов Р. Г. и др.* Связь магматизма и эндогенной минерализации с блоковой тектоникой. М.: Недра, 1969. 264 с.
142. *Фаворская М. А., Томсон И. Н., В. А. Баскина и др.* Глобальные закономерности размещения крупных рудных месторождений. М.: Недра, 1974. 292 с.
143. *Фаворская М. А., Баскина В. А., Шилин Н. Л. и др.* Рудоконцентрирующие структуры Азии и их металлогения. М.: Недра, 1983. 192 с.
144. *Ферман А. Е.* Монголо-Охотский металлогенический пояс.— Поверхность и недра, 1926, т. 4, № 3, с. 8—10.
145. *Флюиды* в магматических процессах. М.: Наука, 1982. 298 с.
146. *Хаин В. Е.* Об общих закономерностях развития тектонических процессов во времени — проблемы прерывистости — непрерывности, цикличности — направленности.— Вести. Моск. ун-та, 1971, № 4, с. 3—18.
147. *Хаин В. Е.* Окраинно-континентальные и межконтинентальные геосинклинальные пояса: сопоставления особенностей развития.— В кн.: Тектоника. М.: Наука, 1984, с. 60—63.
148. *Херасков Н. П.* Роль тектоники в изучении закономерностей размещения полезных ископаемых в земной коре.— В кн.: Закономерности размещения полезных ископаемых. Т. 1. М.: 1958, с. 14—91.
149. *Хренов П. М.* Негеосинклинальные вулканоплутонические пояса континентального массива Восточной Сибири. М.: Недра, 1981. 223 с.
150. *Цепин А. И., Лазько Е. Е.* Пирротин-пентландит-халькопиритовая ассоциация из сульфидных нодулей в кимберлитовых породах Якутии.— Докл. АН СССР, 1976, т. 231, № 1, с. 195—198.
151. *Чебаненко И. И.* О методологических недостатках «новой глобальной тектоники». — Геол. журн., 1978, т. 38, № 5, с. 40—51.
152. *Чень Гоа.* Область дива — послеплатформенная подвижная область нового типа.— Scientia Sinica, 1965, vol. 14, № 10, p. 1478—1498.
153. *Чиков Б. М.* Стадийность формирования и основные типы структурных элементов земной коры континентов.— Геология и геофизика, 1981, № 8, с. 3—14.
154. *Шарапов И. П.* К проблеме геологических законов.— Геология и геофизика, 1983, № 10, с. 80—87.
155. *Шило Н. А., Туезов И. К.* Тектоника и геологическая природа Азиатско-Тихоокеанской зоны перехода.— Тихоокеан. геология, 1985, № 3, с. 3—15.
156. *Шлезингер А. Е.* О причинах разного понимания природы орогенных структур.— Геотектоника, 1975, № 2, с. 47—54.
157. *Щеглов А. Д.* Основы металлогенического анализа. М.: Недра, 1980. 432 с.
158. *Щеглов А. Д., Говоров И. Н.* Нелинейная металлогения и глубины Земли. М.: Наука, 1985. 321 с.

159. Шерба Г. Н. Геотектогены и рудные пояса. Алма-Ата: Наука, 1970. 184 с.
160. Шерба Г. Н., Сенчило Н. П., Степанов В. В. и др. Металлогенические провинции и пояса Казахстана. Алма-Ата: Наука, 1983. 240 с.
161. Шерба Г. Н. Металлогения и мантийные месторождения.— Геология рудн. м-ний, 1986, № 2, с. 115—122.
162. Щербаков Д. И. Особенности металлогении Средней Азии.— В кн.: Таджикско-Памирская экспедиция 1934 г. М.—Л.: Изд-во АН СССР, 1935, с. 37—50.
163. Щербаков Д. И. Принципы и методика составления металлогенической карты.— Сов. геология, 1945, № 5, с. 52—64.
164. Эндогенное рудообразование. М.: Наука, 1985. 328 с.
165. Эндогенные режимы формирования земной коры и рудообразования в раннем докембрии. Л.: Наука, 1985. 290 с.
166. Яншин А. Л., Шлезингер А. Е. Соотношение основных тектонических структур земной коры.— Изв. АН СССР. Сер. геол., 1981, № 1, с. 5—20.
167. Anderson D. L. A global geochemical model for the evolution of the mantle.— In: Evolution of the Earth. Geodynamics series. Washington, 1981, vol. 5, p. 6—18.
168. Aoki K., Ishiwaka K., Kanisawa S. Fluorine geochemistry of basaltic rocks from continental and oceanic regions and petrogenetic application.— Contr. Mineral. Petrog., 1981, vol. 76, p. 53—79.
169. Baumann L., Tischendorf G. Einführung in die Metallogenie.— Mineralogische Jahrbuch, Leipzig, VEB Deutscher Verlag für Grundstoff. 1976. 401 p.
170. Chen Zhiming, Yang Peisi, Pan Zhenghu, Hou Kui, Liu Guoling. Sedimentary carbonate facies and their associated stratiform and stratibound ore deposits in the middle and upper Devonian in South China.— In: Research on Geology. Institute of Geology, Academia Sinica, 1982, vol. 1, p. 131—140.
171. Global tectonics and metallogeny, 1978, USA, vol. 1, № 1. 122 p.
172. Guild Ph. Metallogeny and the new global tectonics. 1972, 24 IGC, sect 4, Monreal, p. 17—26.
173. Guild Ph. Massive sulphide deposits as indicators of former plate boundaries. U.S. Geol. Survey, Open-file report, 1973, p. 11.
174. Guild Ph. Application of global tectonic theory to metallogenic studies. Geol. Survey of USA, 1974. 30 p.
175. Guild Ph. W. Metallogenic maps: principles and progress.— Global Tectonics and metallogeny, 1978, vol. 1, № 1, p. 10—16.
176. Hollister V. F., Discussion for the manuscript of J. A. Noble: Metallogenic provinces of the cordilleras of western North and South America.— Mineral Deposita, 1977, № 2, p. 239—240.
177. Metallogeny and plate tectonics/edited by D. Strong. 1976. Geological Association of Canada, sp. paper, № 14. 662 p.
178. Noble J. A. Metal provinces and metal finding in the Western United States.— Mineral Deposita, 1974, № 1, p. 1—25.
179. Ruitenberg A. A., Fyffe L. R. Mineral deposits associated with granitoid intrusions and related subvolcanic stocks in New Brunswick and their relationship to Appalachian tectonic evolution.— GIM Bull., 1982, vol. 75, № 842, p. 83—97.
180. Saager R., Meyer M., Muff R. Gold distribution in supracrustal rocks from Archean greenstone belts of Southern Africa and from Paleozoic ultramafic complexes of the European Alps: metallogenic and geochemical implications.— Econ. Geol., 1982, vol. 77, № 1, p. 1—24.
181. Sillitoe R. Relation of metal provinces in Western America to subduction of oceanic lithosphere.— Bull. Geol. Soc. Amer., 1972, № 83, p. 813—818.
182. Sillitoe R. H. Metallogenic evolution of a collisional mountain belt of Pakistan. 1976. Abstract of 25 IGC, № 3. 745 p.
183. Sillitoe R. H. Andean mineralization.— In: Metallogeny and plate tectonics. 1976. Geological Association of Canada, sp. paper, № 14, p. 57—100.
184. Watson J. V. Metallogenesis in relation to mantle heterogeneity.— Geol. Trans. Roy. Soc. London, 1980, vol. A 297, № 1430, p. 347—352.

Оглавление

Введение

3

ГЛАВА

1

Цели и задачи современной металлогении. Краткий обзор
состояния металлогенических исследований

7

ГЛАВА

2

Основы традиционной (классической) металлогении. Металлогения континентов и океанов. Несколько слов о рудных формациях и значении этого понятия для прикладной металлогении

34

ГЛАВА

3

Нелинейная металлогения: ее главная суть и значение. Эмбриональная рудоносность мантии

122

ГЛАВА

4

Металлогения и гипотеза тектоники плит

155

ГЛАВА

5

Главные законы металлогении. Закономерность и случайность в металлогении; их взаимоотношения. Общие тенденции проявления рудных процессов в земной коре

167

ГЛАВА
6

Металлогенная и геологическая практика. Всегда ли практика — критерий истинны? 183

ГЛАВА
7

Дальнейшие пути развития металлогенетических исследований 208

Заключение 221

Список литературы 223

НАУЧНОЕ ИЗДАНИЕ

Алексей Дмитриевич Щеглов

**ОСНОВНЫЕ ПРОБЛЕМЫ
СОВРЕМЕННОЙ МЕТАЛЛОГЕНИИ
(вопросы теории и практики)**

Редактор издательства *В. С. Селиванов*
Оформление художника *А. И. Бородина*
Технический редактор *Н. П. Старостина*
Корректоры *В. Н. Малахова, Е. А. Стерлина*

ИБ № 7613

Сдано в набор 18.05.87. Подписано в печать 08.09.87.
М-21132. Формат 60×90^{1/16}. Бумага тип. № 1. Гарнитура
литературная. Печать офсетная. Усл. печ. л. 14,5. Усл. кр.-отт.
14,75. Уч.-изд. л. 16,94. Тираж 2000 экз. Заказ № 1957/810.
Цена 2 р. 90 к.

Ордена «Знак Почета» издательство «Недра». Ленинградское
отделение. 193171, Ленинград, С-171, ул. Фарфоровская, 18.

Ленинградская типография № 4 ордена Трудового Красного
Знамени Ленинградского объединения «Техническая книга»
им. Евгении Соколовой Союзполиграфпрома при Государст-
венном комитете СССР по делам издательств, полиграфии
и книжной торговли. 191126, Ленинград, Д-126, ул. Социали-
стическая, 14.

2 p. 90K.

5104