

И. Г. Магакбян

ОСНОВЫ
МЕТАЛЛОГЕНИИ
МАТЕРИКОВ

ЕРЕВАН

1959

Ворогину Сергею Семенову на
здоровье и счастие

В. М. Мамонтов

107-X-531.



11

2

ՀԱՅԿԱԿԱՆ ՍՍՌԻ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԱԿԱԴԵՄԻԱ

ԳԵՈՂՈԳՐԱԿԱՆ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԻՆՍՏԻՏՈՒՏ

Հ. Գ. Ասղաթյան

ՄԱՅՐՅԱՄԱՔՆԵՐԻ
ՄԵՏԱԼՈԳԵՆԻԱՅԻ
ՀԻՄՈՒՆՔՆԵՐԸ



ՀԱՅԿԱԿԱՆ ՍՍՌԻ ԳԱ ՀՐԱՏԱՐԱԿՉՈՒԹՅՈՒՆ

Էդիթ

АКАДЕМИЯ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР
ИНСТИТУТ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ НАУК

У. Т. Магакьян

ОСНОВЫ МЕТАЛЛОГЕНИИ МАТЕРИКОВ



ИЗДАТЕЛЬСТВО АН АРМЯНСКОЙ ССР

Ереван

*Печатается по постановлению
Редакционно-издательского совета
Академии наук Армянской ССР*

В настоящей книге рассматриваются принципы металлогенического анализа и картирования, металлогения платформ и складчатых зон, а также металлогения отдельных металлов.

Структура, магматизм и металлогения рассматриваются в тесной взаимосвязи, как различные проявления единого процесса развития крупных структурных единиц земной коры.

Работа написана на основе лекций по факультативному курсу „Основы металлогении материков“, который читается автором с 1937 г. в Ленинградском горном институте и Ереванском государственном университете.

Книга предназначена в качестве пособия для студентов старших курсов геологической специальности, изучающих предмет, а также специалистов-геологов, интересующихся металлогенией как наукой, вскрывающей закономерности распределения месторождений металлов в земной коре и, тем самым, обосновывающей прогнозы и направляющей поиски.

1. ОСНОВНЫЕ ВОПРОСЫ МЕТАЛЛОГЕНИИ

Металлогения представляет часть науки о месторождениях полезных ископаемых и выделилась из нее как самостоятельная ветвь совсем недавно.

Металлогения—наука, изучающая закономерности распределения месторождений в пространстве и во времени, в связи с общим ходом геологического развития отдельных частей земной коры. Эти закономерности рассматриваются в тесной связи с развитием геологических процессов—экзогенных, эндогенных и метаморфогенных, тем самым вскрывая условия и причины возникновения промышленных концентраций отдельных элементов.

Известно, что образование месторождений полезных ископаемых происходит на фоне общего геологического развития (являясь частью этого процесса развития) и контролируется рядом факторов—структурным, магматическим, литолого-стратиграфическим.

Как правило, устанавливается тесная взаимосвязь эндогенного оруденения со структурой и магматизмом (типом тектоно-магматического комплекса); точно так же экзогенное оруденение определяется литолого-стратиграфическим и палеогеографическим факторами (фации осадконакопления, положение береговой линии, климат, рельеф и др.).

Главной научной, теоретической задачей курса „Основы металлогении“ является:

1. Изучение геологических закономерностей развития крупных структурных единиц земной коры—платформ и подвижных складчатых зон, в пределах которых формируются месторождения.

2. Установление последовательности развития крупных структур с характерной, специфической для каждого этапа, минерализацией.

3. Установление закономерностей пространственного обособления минерализации отдельных этапов в пределах крупных структур (или их частей).

Совершенно ясно, что должны изучаться и учитываться также явления пространственного наложения минерализации отдельных этапов, а внутри одного этапа—влияние глубинности магматических и рудных комплексов, глубины эрозионного среза, роль вмещающих пород (особенности литологии, стратиграфии, структуры) и т. д.

Только на базе всестороннего и увязанного с общим геологическим развитием региона металлогенического анализа становится возможным составление металлогенических и прогнозных карт, показывающих пространственное обособление минерализации отдельных этапов и дающих научное обоснование прогнозированию и направлению поисково-разведочных работ.

1. ПОНЯТИЕ О МЕТАЛЛОГЕНИЧЕСКИХ ПРОВИНЦИЯХ И ЭПОХАХ, ПОПЫТКИ ОБЪЯСНЕНИЯ ПРИЧИН ИХ ВОЗНИКНОВЕНИЯ

Металлогенический анализ и обобщения производятся во времени и пространстве. Отсюда и возникли понятия о металлогенических провинциях и эпохах, которые применялись к участкам земной коры (металлогенические провинции) или отрезкам геологического времени (металлогенические эпохи) со специфичным характером минерализации.

Эти понятия были введены давно и вошли в опубликованные в 30-х годах труды отечественных (В. А. Обручев, А. Е. Ферсман) и зарубежных (В. Линдгрэн, В. Эммонс и др.) геологов. Однако понятия эти имели эмпирический смысл и долгое время не предпринималось серьезных попыток объяснить причины несомненно имеющей место

крайней неравномерности в распределении различных типов месторождений на земном шаре.

Причины возникновения металлогенических провинций и эпох не рассматривались вовсе или сводились иной раз, как справедливо отмечает Ю. А. Билибин, к словесным упражнениям, к общим фразам.

Так, В. Линдгрэн определял металлогенические провинции как „значительные участки земной поверхности и недр, которые представляли благоприятные условия для отложения полезных ископаемых“.

Надо также отметить, что в понятие „металлогеническая провинция“ до сих пор вкладывается неодинаковый смысл. Иногда это понятие относят лишь к минерализации одного определенного этапа (например, платиноносная провинция Северного и Среднего Урала, медно-молибденовая провинция Зангезура и др.); в других случаях—ко всему комплексу месторождений данной территории, возникшему в генетическом родстве с геологическими процессами, протекавшими в этой области (например: Уральская, Восточно-Забайкальская, Центрально-Казахстанская, Закавказская, Балканская провинции).

Общей точки зрения по данному вопросу нет. По нашему мнению, под металлогенической провинцией целесообразно понимать территорию, характеризующуюся общностью геологического строения и развития, а следовательно, и общностью металлогении (комплексом месторождений различных этапов развития), а участки проявления отдельных этапов выделять как подчиненные единицы—субпровинции (подпровинции). Например, в пределах обширной и единой Уральской металлогенической провинции следует выделить ряд субпровинций, территориально обособляющихся, подчиненных отдельным тектоно-магматическим комплексам, которые формируются в различные этапы развития всей структуры в целом. Исходя из этого принципа, на Урале выделяются такие субпровинции: платиноносная Среднего и Северного Урала, хромитовая Южно-Уральская, титаномagnetитовая восточного склона Урала, железорудная скарновая гор Благодать и Вы-

сокой, меднорудная (колчеданная) восточного склона Урала и ряд других.

В пределах Закавказской металлогенической провинции выделяются субпровинции: медно-молибденовая Зангезурская, колчеданная Алаверди-Кедабек-Кафанская, железорудная скарновая (с Co) Кохб-Дашкесанская, хромитовая Севанская и Hg-Sb-As-Au Севанская (последние две пространственно частично совпадают, накладываются, но разновременны).

В различных, иногда удаленных друг от друга участках земной коры, но в разновозрастных и однотипных геологических структурах (тектонно-магматических комплексах) возникают сходные металлогенические провинции (и субпровинции), которые объединяются в металлогенические пояса, протягивающиеся на несколько тысяч или десятки тысяч километров и опоясывающие земной шар.

Металлогенические пояса совпадают с крупнейшими структурными элементами земной коры—подвижными складчатыми геосинклинальными зонами—Тихоокеанской, Средиземноморской, Уральской и другими.

Под металлогенической или минерагенической эпохой понимаются отрезки геологического времени, со специфичным комплексом полезных ископаемых.

Металлогенические эпохи образуют ряд однотипных и разновозрастных провинций и проявляются в пределах крупных структурных единиц (складчатых зон, платформ).

Для эндогенной минерализации, тесно связанной с магматизмом и орогеническими движениями, мы выделяем пять металлогенических эпох:

Докембрийскую (без дробного расчленения).

Каледонскую (Cm—D₂).

Герцинскую (D₃—P).

Киммерийскую (J—Cr₁).

Альпийскую (Cr₂—Q).

На карте мира нами выделены области проявления этих металлогенических эпох, причем случаи пространственного наложения отмечены графически.

Для отдельных этапов эндогенной минерализации тер-

мин „металлогеническая эпоха“ не применяется, но было бы полезно ввести термин „период минерализации“ для обозначения того сравнительно короткого отрезка геологического времени, в течение которого имела место минерализация этапа.

Исходя из определения металлогенической эпохи, данного выше, для экзогенной минерализации мы можем выделить, например, олигоценовую эпоху марганцевого оруденения (Никополь, Чиатура, Северный Урал); среднеюрскую железорудную—Лотарингия, Англия; среднедевонскую бокситоворудную—Северный Урал, Саяны и т. д.

Условия возникновения экзогенных металлогенических провинций и эпох рассматриваются исторической геологией и в большинстве случаев даются удовлетворительные объяснения.

Гораздо сложнее и труднее обстоит дело с эндогенными металлогеническими провинциями и эпохами. Многие здесь недостаточно еще ясно, хотя пути решения проблемы возникновения металлогенических провинций найдены и ряд интересных выводов уже сделан советской металлогенической школой, возглавляемой С. С. Смирновым и Ю. А. Билибиным.

В дальнейшем мы будем рассматривать главным образом эндогенную (магматогенную) металлогению подвижных складчатых зон и платформ.

С точки зрения батолитовой концепции В. Эммонса естественна попытка объяснить различия между металлогеническими провинциями (и субпровинциями) различной глубиной эрозионного среза.

Известно, однако, что батолит не единственный тип металлоносных очагов и что малые до- и послебатолитовые интрузии и корневые части вулканических аппаратов дают свои серии месторождений, не укладывающиеся в батолитовую теорию. Далее, батолиты специализированы и не обладают универсальной рудоносностью (Sn и Cu почти всегда, Sn и Au часто антагонисты); батолиты внедряются в несколько фаз и каждая из них сопровождается своей минерализацией.

Глубина эрозионного среза не объясняла и не могла объяснить различий в металлогении соседних областей (Каджаран и Кафан и др.) и не давала никаких направлений для поисков.

Тогда был привлечен дополнительный фактор—проявление определенного типа эндогенной минерализации в различные металлогенические эпохи. Но и это не объясняло всего разнообразия металлогенических провинций и связи с одними гранитоидами, например, Au, с другими, близкими по возрасту,—Sn и W, с третьими—Cu и Mo или Pb и Zn.

На смену представлениям Эммонса об универсальном батолите пришла концепция „специализированных интрузий“, но она не получила развития и свелась к попыткам Бэдингтона и др. увязать характер минерализации с определенными петрографическими типами интрузивных пород.

Другие геологи, пытаясь объяснить богатство отдельных участков земной коры определенными металлами, подчеркивали унаследованность многих черт эндогенной металлогении провинции и объясняли это исходной неравномерностью распределения металлов в земной коре (Линдгрэн, и в особенности Шнейдерхен) с выделением провинций, богатых Cu, Au, Sn и др. металлами.

Все эти представления были бессильны объяснить появление в меднорудных, оловорудных, золоторудных провинциях других отличных типов минерализации.

Отход от „зашедшей в тупик“ магматогенной теории шел по двум направлениям:

1. Признания решающей роли сверхглубинных разломов и связи эндогенного оруденения с непознаваемыми корнями магматических очагов (Биллингслей, Локк, Уайт).
2. Признания решающей роли вмещающих пород в качестве источника металлов. При этом одни геологи подчеркивали роль выщелачивания металлов из горных пород водами магматического или поверхностного происхождения (характер металлогении зависит от состава и особенностей пород), а другие придавали главенствующее значение ассимиляции пород магматическим расплавом. Магма, ассимилируя породы, обогащается металлами или летучими, после

чего только становится способной выделять гидротермальные растворы (по П. Н. Кропоткину, основные богатые металлами магматические породы, ассимилируясь кислыми магмами, богатыми летучими, становятся металлоносными; по А. П. Никольскому, олово гранитной магмы заимствуется из глинистых сланцев и песчаников; по Х. М. Абдуллаеву, ассимиляция магмой осадочных пород играет решающую роль, обогащая расплав металлами и летучими, делая его способным образовать месторождения).

Наконец, надо отметить взгляды гранитизаторов (Сулливан, Судовиков): гранитизирующие растворы выносят из вмещающих пород металлы, создавая рудоносные гидротермальные растворы. При этом часть металлов входит в состав породообразующих минералов метасоматических гранитов, другая часть выделяется в гидротермальный раствор.

Изложенные вкратце взгляды не в состоянии даже частично решить проблему возникновения металлогенических провинций и эпох.

Среди советских геологов, которые первыми заинтересовались проблемой возникновения металлогенических провинций и эпох, следует назвать В. А. Обручева (металлогения золота в Сибири) и А. Е. Ферсмана (Монголо-Охотский рудный пояс). В предвоенные 1939—1940 гг. в Ленинградском горном институте проф. В. Н. Зверевым читался факультативный курс „Металлогенические провинции и эпохи“. Однако надо признать, что в то время это был курс описательный, регистрационный, без попыток вскрытия закономерностей и причин возникновения металлогенических различий.

Впервые, как научная проблема, имеющая важное прикладное значение, металлогения начала развиваться лет 10—12 назад в трудах академика С. С. Смирнова (Очерк металлогении Восточного Забайкалья, 1944, О Тихоокеанском рудном поясе, 1946) и чл.-корр. АН СССР Ю. А. Билибина (1947—1948).

Одновременно в этом же направлении велись работы в геологических институтах Академии наук Казахской ССР

(работы академика К. И. Сатпаева), Армянской (работы автора) и ряда других республиканских академий.

В 1950/51 учебном году в Ленинградском государственном университете Ю. А. Билибин читал небольшой курс „Металлогенические провинции и металлогенические эпохи“ (опубликован в 1955 г.), в котором изложена разработанная им методика производства регионального металлогенического анализа, намечающая направление поисков на этой основе эндогенных месторождений полезных ископаемых. В этой работе обобщены результаты длительного труда большого научного коллектива ВСЕГЕИ, указаны слабые стороны и недостатки существующих зарубежных и отечественных металлогенических теорий и намечены пути дальнейшего развития металлогенической науки.

В результате всех отмеченных выше работ выделены и описаны важнейшие металлогенические пояса земной коры—Тихоокеанский, Средиземноморский, Уральский, установлены различия в характере металлогении внешних и внутренних зон поясов, четко разграничены типы оруденения складчатых подвижных зон и платформ.

Выявлена закономерная связь определенных типов месторождений с отдельными тектоно-магматическими комплексами, которые возникают в различные этапы развития крупных структур и часто обособляются пространственно.

На базе этих обобщений составлены первые металлогенические и прогнозные карты, анализ которых приводит к определенным выводам.

2. МИРОВАЯ КАРТА (НА ТЕКТОНИЧЕСКОЙ ОСНОВЕ) МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ. ВЗАИМОСВЯЗЬ СТРУКТУРЫ, МАГМАТИЗМА И МЕТАЛЛОГЕНИИ

Обратимся к мировой карте месторождений полезных ископаемых (масштаб 1 : 22 000 000 и макет в масштабе 1 : 80 000 000).

В основу ее взята учебная карта полезных ископае-



Рис. 1. Металлогеническая карта мира (схема)

Тектоническая основа по материалам А. Д. Архангельского, В. В. Белоусова, Ю. А. Косыгина, А. Н. Мазаровича, Н. С. Шатского

Тектонические структуры

- I. Докембрийский фундамент щитов и платформ
- II. Участки щитов и платформ, с докембрием, перекрытым более молодыми осадочными толщами, покровами эффузивов или льдом
- III. Области проявления каледонской складчатости, разломов, магматизма и оруденения
- IV. Области проявления герцинской складчатости, разломов, магматизма и оруденения
- V. Области проявления киммерийской складчатости, разломов, магматизма и оруденения
- VI. Области проявления альпийской складчатости, разломов, магматизма и оруденения
- VII. Области герцинской, частью каледонской складчатости, покрытые мощными четвертичными наносами

Важнейшие типы месторождений

А. Собственно-магматические месторождения

1. Хрома
2. Платины уральского типа
3. Титаномагнетитовых руд
4. Апатит-магнетитовых и апатитовых руд
5. Медно-никелевых сульфидных руд

Б. Пегматитовые месторождения

6. Пегматиты с мусковитом, флогопитом и редкими металлами

В. Скарновые (контактово-метасоматические) месторождения

7. Железорудные скарны

8. Редкометалльные (W-Mo) скарны

Г. Гидротермальные месторождения

9. Кварц-Sn-W-Mo и сульфидно-Sn (отдельные месторождения и пояса)
10. Медно-молибденовый и молибденовый (отдельные месторождения и пояса)
11. Полиметаллический
12. Сурьмяно-ртутный
13. Урановые (Co-Cu-U, Co-Ni-Bi-Ag-U, Cu-U, U-гематитовый, U-полим. и др. типы)
14. Колчеданный медный и полиметаллический (отдельные месторождения и пояса)
15. Кварцево-золоторудный и золото-сульфидный
16. Золото-серебряный (отдельные месторождения и пояса)
17. Медистые песчаники типа Катанги-Джезказгана

Д. Осадочные месторождения

18. Железа
19. Марганца
20. Алюминия (боксит)

Е. Метаморфогенные месторождения

21. Железа
22. Марганца
23. Золотоносных и ураноносных конгломератов

Ж. Месторождения выветривания

24. Железистые латериты
25. Глиноземистые латериты
26. Силикатные руды никеля

З. Месторождения алмаза (коренные и россыпи)

мых, на которую дополнительно нанесены многие пропущенные или снятые ранее по разным соображениям месторождения (рис. 1).

На карте выделены основные структурные элементы—платформы и подвижные складчатые зоны.

В пределах структур первого типа—платформ—проявилась в основном металлогения докембрийской эпохи. В пределах складчатых зон выделены участки преимущественного проявления каледонской, герцинской, киммерийской и альпийской металлогении (соответствующая штриховка или окраска).

Проявление в пределах платформ более молодой металлогении (каледонской, герцинской, киммерийской, альпийской, связанной с разломами) и в пределах древних складчатых зон более молодых металлогенических эпох показано накладкой штриховки или цвета.

Месторождения показаны по формациям (характерным минеральным ассоциациям, возникшим при определенных геологических условиях).

На карте и даже на макете ее мелкого масштаба бросается в глаза крайняя неравномерность и, на первый взгляд, беспорядочность в распределении месторождений полезных ископаемых.

Участки с густым расположением значков месторождений сменяются пустыми, безрудными; значки отдельных типов месторождений группируются в полосы, узлы, в то время как рядом они отсутствуют совершенно, сменяясь значками других типов месторождений.

Случайно ли неравномерное распределение месторождений, не объясняется ли это неравномерностью изученности территории и не будут ли открыты новые месторождения на безрудных сейчас участках карты?

Конечно, новые месторождения обнаруживаются ежегодно (в Сибири, Канаде, Бразилии, Китае, Гренландии, Антарктике), однако характер этих находок только подтверждает факт неравномерного, но закономерного распределения.

Действительно, такие страны, как, например, Бразилия,

Боливия и Чили геологически изучены почти одинаково, между тем характер господствующей металлогении здесь резко различен.

Пересекая Южную Америку с запада на восток, т. е. двигаясь от Тихого океана к Атлантическому, мы последовательно пересекаем зону очень интенсивного Cu (и Au-Ag) оруденения Чили, затем богатейшую Sn-W зону Боливии и переходим в обширную рудную область Бразилии, где развиты метаморфогенные месторождения Fe и Mn , высокотемпературные золото-кварцевые жилы, редкометальные пегматитовые месторождения Th , U , Zr , Be , Ta , Nb , Li .

Эти резкие различия в характере металлогении очевидно объясняются принадлежностью территорий указанных трех стран к различным структурам (или частям их) со специфичным магматизмом и металлогенией.

Чили располагается во внутренней (меднорудной) зоне Тихоокеанского металлогенического пояса, Боливия — в пределах внешней (Sn-W) зоны того же пояса; Бразилия расположена в пределах Южно-Американской платформы.

Примеры резкого различия металлогении соседних территорий, в связи с положением их в пределах различных структур, можно умножить.

Таким образом, можно сформулировать тезис о закономерной взаимосвязи типов структуры, магматизма и эндогенной металлогении.

3. СХЕМА РАЗВИТИЯ ЭНДОГЕННОЙ МИНЕРАЛИЗАЦИИ ЩИТОВ И ПОДВИЖНЫХ СКЛАДЧАТЫХ ЗОН

а. Общие положения

Во ВСЕГЕИ коллективом геологов во главе с Ю. А. Билибиным и В. И. Серпуховым разработаны принципы регионального металлогенического анализа, которые позволяют на основе геологического строения подходить к оценке промышленных перспектив по отдельным полезным ископаемым

и выделять внутри региона структурные зоны, наиболее перспективные по каждому из металлов.

Основная задача, которая стояла перед коллективом, состояла в выяснении взаимосвязи процессов эндогенной минерализации с общим ходом геологического развития земной коры. С этой целью было произведено структурно-металлогеническое районирование территории СССР с выделением районов, заметно различающихся между собой по истории геологического развития и комплексу эндогенных месторождений.

Произведен анализ эндогенной минерализации для 30 районов.

1. Эндогенные месторождения сгруппированы в рудные комплексы, объединенные общностью материнского очага, рудоконтролирующей структуры и принадлежностью примерно к одному этапу геологического развития района.

2. Интрузивные породы различного состава, но связанные с одним очагом, сгруппированы в интрузивные комплексы.

3. Сделана попытка установить генетические связи каждого рудного комплекса соответственно с определенным интрузивным комплексом (иногда по литературным данным).

4. Установлена возрастная последовательность интрузивных и соответствующих им рудных комплексов, отражающая изменение во времени характера эндогенной минерализации.

Выводы из этого материала:

1. В различных районах, иногда удаленных друг от друга и различного геологического возраста, встречаются сходные интрузивные и связанные с ними рудные (минеральные) комплексы.

2. Сходные минеральные комплексы связаны в различных районах со сходными же интрузивными комплексами.

Это очень важный довод за генетическую связь минерализации с интрузивными породами. Особенности минерализации имеют место (местные, возрастные, связанные с глубиной эрозии), но они имеют второстепенное значение.

3. Различные интрузивные и минеральные комплексы

сменяют друг друга во времени в некоторой определенной последовательности, одинаковой (более или менее) в различных и разновозрастных регионах.

Иногда одни комплексы выпадают или редуцированы, реже проявляются повторно (гипербазиты дву- и многократно), нередко последовательность нарушается, но все же можно разработать схему нормальной или наиболее обычной последовательности.

4. Последовательность развития интрузивных и минеральных комплексов имеет глубокий смысл и тесно связана с общим ходом геологического развития соответствующих подвижных зон.

Существует тесная связь между эндогенной минерализацией, магматизмом, тектоногенезом и осадконакоплением.

5. Отдельные минеральные комплексы проявляются интенсивно лишь в пределах определенных зон (зоны) и пространственно обособляются—это важно в поисковом отношении.

Каждая такая зона имеет свои особенности осадконакопления, структур, магматизма и эндогенной минерализации; эти зоны названы структурно-металлогеническими зонами (тектоно-магматические комплексы и рудные районы).

Наиболее ранние зоны приурочены к структурам типа антиклинорий; по обе стороны от этой оси на крыльях антиклинория располагаются более поздние зоны данного региона, причем самые поздние зоны отвечают синклинориям или краевым прогибам и разломам на границе складчатой зоны со срединными жесткими массивами. В каждой структурной зоне несколько этапов магматизма и минерализации, но обычно только 1—2 из них резко преобладают и придают своеобразный характер металлогении зоны.

Главная задача—разобраться в направлении развития, „архитектурном плане“ (по Ю. А. Билибину) расположения структурно-металлогенических зон региона, ибо зная его, а также возрастную последовательность магматических и минеральных комплексов каждой зоны, можно научно направить поиски.

б. Схема развития металлогении платформ

Металлогения платформ разработана слабо, значительно слабее металлогении подвижных складчатых зон.

В геологической истории развития платформ следует различать:

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 платформенного режима с позднейшими разломами (вплоть до альпийского возраста) и внедрением вдоль них трещинных интрузий основного и ультраосновного, щелочного и гранитоидного составов.

При этом следует подчеркнуть, что первые два периода могут многократно чередоваться и перекрывать друг друга, третий же всегда является более поздним.

С периодами осадконакопления связана концентрация огромных масс Fe, Mn, местами Au и U (также алмаза, осмистого иридия); скопления железа и марганца представляют сравнительно глубоководные химические осадки, а концентрации Au, U, алмаза и осмистого иридия в конгломератах рассматриваются как результат размыва и механического перетолжения более древних коренных месторождений.

С мощными толщами эффузивных пород, переслаивающих древнейшие осадки, связаны и залегают среди эффузивов крупные колчеданные месторождения Cu, Pb-Zn, As (с примесью Au, Ag и др.). В результате метаморфизма осадочных и вулканогенных толщ, вмещающих указанные выше скопления полезных ископаемых, образуются богатейшие метаморфогенные месторождения железа типа Кривого Рога, КМА, Верхнего озера и др., марганца в Индии, Бразилии, Гане и др. странах, золотоносные и ураноносные конгломераты Витватерсранда, Канады и др., крупные колчеданные месторождения Фенно-Скандинавского массива и Канады.

С многократным внедрением гранитоидов связана обширная серия пегматитовых месторождений (с U, Th, Ta-Nb, Be, Li и др. редкими металлами), высокотемпературных кварцевых жил с Sn, Mo, W, Au, гидротермальных месторождений урана в очень разнообразной ассоциации (с гематитом, Cu, Co-Ni-Bi-Ag, Pb-Zn и др.), меди и кобальта, свинца и цинка.

Синтрузивами основного-ультраосновного состава, которые внедрялись частью в период консолидации щита, частью же вдоль разломов в платформенный период, связаны крупные месторождения хромита (в Южно-Африканском Союзе и Южной Родезии), титаномагнетита (в Канаде, Индии, Танганьике), медно-никелевых (с примесью Pt, Pd) сульфидных руд (на Кольском п-ове, Норильск, Сёдбери и др.), отдельные гидротермальные месторождения магнетита (Ангаро-Илимская группа), Co-Ni-Ag руд (Кобальт, Саус-Лоррэн) и самородной меди (Мичиган).

Со щелочными породами третьего периода (на платформах) связаны крупные месторождения апатита (Хибины), лопарита (Ловозеро), карбонатитов (в Сибири, Африке), алмаза (в Африке, Сибири), а с гранитоидами, внедрявшимися вдоль разломов на платформах, связываются отдельные месторождения полиметаллических, золото-серебряных, урановых и ртутных руд.

Развернутую и более детальную схему развития металлогении платформ целесообразно дать позднее, после обзора фактического материала по металлогении отдельных платформ.

в. Схема развития эндогенных минеральных комплексов подвижных зон

Геосинклинали закладываются как самостоятельные образования, проходят сложный путь развития до складчатого пояса и до состояния, близкого к платформе; в развитии их выделяют два крупных периода—геосинклинального прогибания и период оформления складчатого пояса.

Первоначально было выделено 3 этапа развития подвижного пояса—ранний (прогибание геосинклинали), средний (превращение геосинклинали в складчатый пояс) и поздний (развитие складчатого пояса). Впоследствии ранний этап был подразделен на начальный и ранний, а поздний этап соответственно на поздний и конечный.

Схема развития осадконакопления
(по Н. М. Страхову)

Периоды крупных трансгрессий на платформах и в подвижных поясах, начиная с кембрийского периода истории Земли, в большинстве случаев совпадали.

На плоских платформах даже незначительные колебательные движения могли приводить к обширным трансгрессиям и регрессиям, а в геосинклинальных областях они не отразились существенно на общей площади осадконакопления.

Все же трансгрессии и регрессии на платформах подчеркивали те колебательные движения, которые имели место одновременно с платформами и в геосинклинальных областях.

В послепротерозойский период выделяют три крупных этапа осадконакопления: каледонский—Сп и S; варисский—D—С—Р; альпийский—Mz и Kz.

В каждом этапе несколько ритмов осадконакопления или макроволн трансгрессий; эти ритмы разделены между собой заметными регрессиями или периодами сокращения общей площади осадконакопления. В каледонском этапе—3, варисском—3, альпийском (наиболее сложном)—5 ритмов.

Периоды крупных регрессий хорошо совпадают с наиболее значительными фазами складчатости.

В разрезе каждый подвижный пояс разделяется, таким образом, на три последовательных ритма, разделенных, в свою очередь, крупными фазами складчатости. Поэтому в разрезе каждого подвижного пояса имеется три последовательных структурных яруса—нижний, средний и верхний.

По завершении третьего ритма осадконакопления проявляется третья и последняя в развитии подвижного пояса крупная фаза складчатости.

Породы первого ритма представлены главным образом вулканогенной спилито-кератофировой формацией. Здесь же развиты сланцы, яшмы (с Fe и Mn), рифовые известняки; терригенные породы находятся в подчиненном развитии.

Первая фаза складчатости—интрузии гипербазитов и связанные с ними собственно-магматические месторождения.

Породы второго ритма. Широко развиты терригенные, а вулканогенные породы и известняки уже в подчиненном количестве.

Вторая фаза складчатости. Интрузии габбро-плагиогранитов и граносиенитов. С ними связаны разнообразные контактово-метасоматические, отчасти жильные месторождения.

Складчатость сопровождается разрывами и малыми интрузиями с разнообразной эндогенной минерализацией.

Породы третьего ритма. Главным образом развиты терригенные фации.

Третья крупная фаза складчатости окончательно замыкает геосинклиналь и превращает ее в складчатый пояс.

С этой фазой связаны крупнейшие гранитоидные интрузии и с ними гидротермальные, пегматитовые, отчасти контактово-метасоматические месторождения. Это—средние этапы развития подвижного пояса.

Поздние и конечные этапы развития подвижного пояса характеризуются континентальным осадконакоплением небольшой мощности. Возрастает роль разрывных нарушений.

Широко развиты малые и трещинные интрузии с разнообразным оруденением.

Имеет место постепенное превращение подвижного пояса в платформу.

Таким образом, развитие осадконакопления, структур, магматизма и эндогенной минерализации теснейшим образом взаимосвязано и взаимообусловлено, отражает различные стороны единого закономерного процесса.

1. Начальные и ранние этапы развития

1. Спилито-кератофировый магматический комплекс (слабая Cu минерализация).

2. Гипербазиты первой фазы складчатости, с которыми связаны Cr, Pt, асбест, титаномagnetит (по В. М. Сергиевскому, однако Pt связана с основным комплексом пород).

3. Габбро, нориты, анортозиты с месторождениями титаномagnetита, magnetита, Cu-Ni и Cu (главным образом вкрапленными) месторождениями.

4. Габбро-плагииграниты и габбро-граносиениты—крупные батолиты в связи со второй крупной складчатостью.

Скарновые месторождения Fe, Cu, As (Co, Pb-Zn); характерная примесь W (шеелит) и Mo. Гидротермальные высокотемпературные месторождения Au, Cu, Mo, шеелита. Характерна ассоциация magnetит-Cu-Au-шеелит-Mo (часть геологов относит весь этот комплекс к средним этапам развития).

5. Малые интрузии кварцевых альбит-порфиров с колчеданным оруденением.

II. Переходная группа месторождений

В конце ранних этапов в связи с малыми трещинными интрузиями образуется комплекс близповерхностных месторождений Cu-Mo руд типа Коунрад (во вторичных кварцитах), Au-Ag и Hg-Sb-As руд.

6. Месторождения Коунрад, Кляймакс, Семиз-Бугу (вторичные кварциты).

7. Au-Ag месторождения Тихоокеанского пояса и Карпат.

8. Низкотемпературные месторождения Hg-Sb-As (W) руд.

III. Средние этапы развития

(Проявление основной складчатости)

Батолитовые интрузии (в том числе так называемые самостоятельные граниты со своим комплексом металлов) и малые трещинные до- и послебатолитовые.

9. Комплекс добатолитовых дайковых интрузий диоритов и гранодиоритов—Au (с пиритом, арсенопиритом в березитах и др.).

10. Умеренно-кислые гранитоиды—батолиты, связанные с третьей фазой складчатости, замыкающей геосинклиналь.

Месторождения Au, Mo, шеелита, иногда As, Cu, Zn, Pb—скарновые и жильные.

Скарновые месторождения Средней Азии (шеелит-Mo), Северного Кавказа, золоторудное—Кочкарь, жильные Mo, W (шеелита).

11. Кислые и ультракислые граниты, вызывающие гранитизацию. Пегматиты и высокотемпературные месторождения Sn, W (Mo, Bi, флюорита), As, часть оловянно-сульфидных. Уникален Корнуолл (Cu-Sn).

IV. Поздние этапы развития

(Наземные излияния эффузивов, послебатолитовые гранодиориты и гранодиорит-порфиры).

Месторождения Au, Mo, Sn (сульфидно-касситеритовые месторождения). Появляются Pb, Zn, Fe (магнетит).

12. Малые послебатолитовые интрузии кварцевых диоритов, гранодиоритов и их порфировых разностей; Au-Mo Восточно-Забайкальские месторождения, пиритовые, шеелит-арсенопиритовые месторождения, близкие по типу к добатолитовой минерализации средних этапов (комплексу 9).

13. С малыми трещинными интрузиями связаны сульфидно-касситеритовые месторождения, Sn-полиметаллические месторождения. Состав малых интрузий пестрый: граниты, гранодиориты, гранит-порфиры, гранодиорит-порфиры, дациты, липариты.

Полиметаллические месторождения Центральной и Западной Европы (допермская—ранняя группа, с примесью Sn, W). Секутся поздними полиметаллическими (с примесью Co, Ni, Ag). Руды метасоматические среди карбонатных пород и жильные.

14. Поздняя группа контактово-метасоматических месторождений магнетита (связана с комплексом 13). Примесь Pb, Zn, Sn, Co, шеелита. Связана с монцонитами, граносиенитами, сиенито-диоритами.

15—17. Аналогичны комплексам 6—7—8, представляя переходную группу месторождений: 15—Cu-Mo, 16—Au-Ag, 17—Hg-Sb-As (с примесью W).

V. Конечные этапы развития

Малые или трещинные близповерхностные интрузии гранитоидов. Характерны Pb, Zn, Cu, Ag, Co, Ni, барий, отчасти Fe, Mn.

18. Гидротермальные месторождения Co-Ni-Ag-Bi-As и полиметаллических руд Западной Европы. Жильные минералы—барит и флюорит. Месторождения барита, флюорита, гематита, сидерита (жильные и метасоматические), жильные марганцовые, метасоматические магнезитовые.

19. Комплекс телемагматических месторождений, вне видимой связи с магматическими породами (Pb-Zn Миссисипи—Миссури и Каратау, медистые песчаники Джезказгана и Катанги, Амдерминское флюоритовое, может быть Ата-суйская группа Fe-Mn месторождений).

г. Поправки к схеме Ю. А. Билибина и наши представления

Параллельно с разработкой вопроса о последовательности интрузивных и эндогенных минеральных комплексов подвижных поясов коллективом геологов ВСЕГЕИ, во главе с Ю. А. Билибиным, эта же проблема разрабатывалась нами на фактическом материале Кавказа и Закавказья, как части обширного Средиземноморского металлогенического пояса.

В ряде законченных к 1947 году работ, впоследствии опубликованных, мы пришли к несколько иным представлениям и сейчас, проработав обширный материал по металлогении, не можем безоговорочно принять схему ВСЕГЕИ.

Основные поправки наши сводятся к следующему:

1. Спилито-кератофировый эффузивный комплекс и малые интрузии кварцевых альбит-порфиров (у Ю. А. Билибина комплексы 1 и 5) в громадном большинстве регионов комагматичны и одновременны; они проявляются в доскладчатый период и с ними связаны колчеданные месторождения.

2. Крупные месторождения платины связаны не с внедрением гипербазитов, а с дифференцированными доскладчатыми интрузиями габбро-перидотитов (на это указывал и В. М. Сергиевский).

3. Интрузии умеренно-кислых гранитоидов—габбро-плагиограниты и габбро-граносиениты—связаны со второй крупной фазой складчатости, во времени обособлены от внедрения гипербазитов и должны быть отнесены не к ранним, а к средним этапам развития (часть коллектива ВСЕГЕИ так и делает).

4. Умеренно-кислые батолиты со своим комплексом месторождений связаны обычно не с третьей, замыкающей геосинклиналь, фазой; они проявляются во вторую фазу складчатости. Во всех случаях во времени они резко обособлены от кислых и ультракислых наиболее поздних гранитов (комплекс 11 Ю. А. Билибина); последние должны быть отнесены уже к поздним стадиям развития подвижного пояса.

5. Вызывает возражение выделение двух групп переходных месторождений (комплексы 6—7—8 и 15—16—17). Указанные комплексы характерны для среднего (6 и 15) и конечного (7, 8, 16, 17) этапов.

6. Мало обосновано положение в схеме и выделение в качестве самостоятельных комплексов 18 и 19.

В связи с указанными возражениями мы приводим ниже несколько иную схему развития металлогении подвижных зон, которая лучше согласуется с проработанным фактическим материалом.

В истории развития подвижного складчатого пояса следует различать следующие тектоно-магматические (структурно-металлогенические) комплексы, которые развиваются в следующей последовательности:

1. Мощные вулканогенно-осадочные толщи с широким проявлением подводного вулканизма и фумарольно-сульфатной деятельности с ним связанной; развиты небольшие субвулканические интрузии кератофиров, альбитофиров, порфиритов и порфиров, комагматичные с рудами (очаг общий). Типичное оруденение колчеданное (Cu и полиметаллическое с баритом, гипсом).

Комплексы этого типа развиты на Урале (возраст S_2 — D_1), Северном Кавказе (D_2 —Уруп и др.), в Средиземноморской зоне (Южная Испания, Балканы, Турция, Кипр, Малый Кавказ), Тихоокеанской зоне (Япония, Филиппины, Тайвань), где колчеданные месторождения в основном мезокайнозойского возраста.

К этому же комплексу относятся полиметаллические, колчеданного типа, месторождения Бирмы (Боудвин), Южной Испании (Мацаррон), Югославии, Турции, М. Кавказа (Ахтала, Шаумян).

Аналогом этого типа оруденения на платформах являются, залегающие среди вулканогенно-осадочных метаморфизованных толщ (лептитов), колчеданные месторождения Парандовское в Карельской АССР, Флин-Флон и Шеррит-Гордон в Канаде, Болиден в Северной Швеции, Оутукумпо и Ориярви в Финляндии и другие.

Иногда характерно наложение на колчеданное оруденение Au-Ag с Se, Te (Учалы, Болиден и др.).

Резко подчиненное значение имеют экзгальационные (средне-, низкотемпературные) месторождения Fe (гематит) и Mn (кристаллические пиролюзит-псиломелановые руды с агатом, кварцем, аметистом, баритом), развитые широко, но небольшого промышленного значения.

Примеры: гематитовые месторождения Лан и Диль, Чатах (?), марганцовые месторождения Победа и Добра Надежда в Болгарии, месторождения Турции, М. Кавказа, Мексики, Японии, Филиппин (Бусуанг и Корон).

2. Лакколиты габбро-перидотитов, доскладчатые, хорошо дифференцированные. Особенно хорошо представлен этот комплекс на Северном и Среднем Урале (возраст его D_2), намечается в Колумбии, на Аляске и Чукотке (возраст мезокайнозойский). Типичны месторождения Pt (с Os, Ir, немного Rh, Ru, в ассоциации с хромитом, реже с титаномагнетитом). Месторождения гистеромагматические и сегрегационные.

Аналогом в пределах платформ являются некоторые месторождения Южно-Африканского Союза, связанные с гортонолитовыми трубообразными телами (Муихек и др.).

Интересно отметить, что в обоих случаях (Урал и Бушвельд) платиноносная магма имела основной состав и в ее конечных ультраосновных дифференциатах (дунитах) концентрируется промышленное платиновое оруденение.

3. Крупные массивы ультраосновных пород (дунитов и перидотитов) первого этапа складчатости.

Металлогения представлена хромитом (почти без, или без Pt). С ними же связан асбест, а с выветриванием массивов—Fe, Ni, Co (латериты).

Примеры таких комплексов: Южно-Уральский или Мугоджарский (верхний палеозой), Балканы, Турция, М. Кавказ Япония, Филиппины, Куба, Н. Каледония (мезо-кайнозой).

Аналог в пределах платформ—Бушвельд и Великая Дайка с пластообразными телами и линзами хромита. Мелкие месторождения известны в Индии, Канаде, Бразилии, а также в Украинском массиве.

4. Массивы габбро и анортозитов второго (среднего) этапа складчатости. Месторождения Fe-Ti-V руд Урала (верхний палеозой) и Норвегии (нижний—средний палеозой). Аналоги в пределах платформ в Канаде (Лак-Тио, Аллард Лэйк), США (Адирондайк), СССР (Велимэки, Пудожгорское, месторождения северо-западной части Украинского кристаллического массива).

5. Умеренно-кислые гранитоиды (кварцевые монцониты-гранодиориты) второго (среднего) этапа складчатости; очаги гипабиссальные, пегматитовые процессы не развиты.

Характерна следующая серия месторождений:

а) Скарновые (контактово-метасоматические) Fe, Cu, W (шеелита), Mo, Pb и Zn, As, реже Co, Sn, Be, Nb, Au.

б) Си-Mo месторождения вкрапленного и штокеркового типов.

в) Au-сульфидные.

г) Урановые (западные штаты США, Мексика).

д) Полиметаллические месторождения.

е) (Sb) и Hg месторождения.

Отдельные скарновые, U-Cu-полиметаллические и Си-Mo месторождения известны и в пределах некоторых платформ (Скандинавия), но в целом этот этап развит слабо в пределах платформ, а полиметаллические, Sb и Hg месторождения в последних почти совершенно не известны.

Областями господства и широкого развития первых пяти этапов (комплексов) являются: Балканы, Турция, Закавказье, Япония (и Камчатка), Филиппины, Британская Колумбия, западные штаты США, Чили, Перу.

6. Кислые гранитоиды третьего (позднего) этапа складчатости; очаги абиссальные и частью гипабиссальные. Широко развиты пегматитовые и пневматолитовые (грейзены) процессы в апикальных частях куполов.

Характерна следующая серия месторождений:

а) Пегматиты с редкометальным оруденением (U, Th, Be, Ta-Nb, Li и др.).

б) Кварц-касситеритовые, кварц-вольфрамитовые, кварц-молибденитовые месторождения среди грейзенов.

в) Кварцево-золоторудные и Au-сульфидные месторождения.

г) Урановые месторождения.

д) Сульфидно-касситеритовые и полиметаллические месторождения.

е) Sb и частью Hg месторождения.

Этот этап и связанная с ним металлогения пространственно обычно обособляются от предыдущих и развиты локально.

Некоторые из характерных здесь типов месторождений развиты и в пределах платформ (пегматиты, кварцевые жи-

лы с касситеритом, вольфрамитом, молибденитом, месторождения урана), но другие — ртутно-сурьмяные, касситеритово-сульфидные, полиметаллические, отсутствуют почти совершенно. Металлогения этого типа хорошо представлена к востоку от Сибирской платформы — в Забайкалье и на СВ СССР, в ЮВ Азии, в Боливии, Португалии и Испании, Центральной Франции, Рудных горах.

7. Мелкие тела приповерхностных интрузивов главным образом умеренно-кислого состава. Это — постскладчатые интрузии, приуроченные к конечному этапу, к наиболее поздним прогибам и глубинным разломам (иногда с гипербазитами и хромитовым оруденением). При этом характерна связь с разломами и горячими минеральными источниками.

Типы месторождений:

а) Au-Ag (Тихоокеанский пояс, Балей, Севанский пояс) с Te, Se, иногда Bi, Hg.

б) Sb-Hg месторождения (с W, иногда Au, Ag), на Кавказе, в Перу, США.

в) Cu-Sn и Cu-турмалиновые месторождения Японии и Чили.

г) As (реальгар-аурипигментовые) месторождения.

Обе предложенные схемы (Ю. А. Билибина и наша) даются пока как предварительные. Более обоснованные построения будут сделаны после изложения фактического материала по металлогении главнейших рудных регионов СССР и зарубежных стран.

4. ФАКТОРЫ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ СПЕЦИФИКУ МЕТАЛЛОГЕНИИ РЕГИОНА

Уместно поставить вопрос о том, что же определяет тип металлогении крупных регионов: возраст и состав магматических пород, глубина эрозионного среза рудоносных батолитов, состав осадочных пород и ассимиляция магмой рассеянных в них металлов? Приведенный выше материал позволяет ответить на все эти вопросы отрицательно и вы-

двинуть ряд факторов, в действительности предопределяющих характер металлогении региона.

Эти факторы по степени важности делятся нами на факторы первого порядка (должны учитываться и отражаться на мелкомасштабных картах) и факторы второго порядка (дополнительно учитываются на крупномасштабных картах).

Факторы первого порядка:

1) Положение региона в пределах крупных структур земной коры.

2) Проявление определенных этапов развития (тектоно-магматических комплексов или структурно-металлогенических зон) в зависимости от типа геосинклинального развития.

3) Направление металлогенического развития с обособлением в пространстве или наложением этапов (иллюстрируется схемой на примере М. Кавказа).

Факторы второго порядка:

1) Глубинность интрузивных рудоносных комплексов, в тесной связи с тектоническим режимом внедрения магматических масс.

2) Глубина эрозионного среза (только внутри этапа или рудного комплекса, серии месторождений).

3) Литолого-стратиграфические особенности рудовмещающих пород.

4) Возраст структуры и магматизма (в основном количественные отличия).

а) Факторы первого порядка

Положение региона в пределах крупных структурных единиц земной коры и интенсивность проявления определенных этапов развития этих структур с присущими каждому этапу тектоно-магматическими комплексами и минерализацией, как мы видели, оказывают решающее влияние на характер металлогении.

Закономерности пространственного размещения различных минеральных комплексов тесно связаны с направлением металлогенического развития региона, выражающимся в последовательной смене и обособлении в пространстве (или наложении) отдельных тектоно-магматических комплексов, отвечающих этапам развития структуры.

Наиболее обычна следующая схема развития: ранние комплексы приурочены к структурам типа антиклинориев, по обе стороны от которых на крыльях антиклинория располагаются более поздние комплексы; самые поздние комплексы данного региона располагаются в синклинориях или краевых прогибах и вдоль разломов по границе складчатых зон со срединными жесткими массивами.

Однако в природе эта простая схема часто нарушается, усложняясь пространственным наложением структурно-металлогенических зон различных этапов и типов, пересечением зон или асимметричным развитием их по отношению к оси антиклинориев.

В качестве примеров рассмотрим схему развития металлогении ряда регионов:

Большой и Малый Кавказ. Возраст металлогении в основном киммерийский и альпийский. Структурно-металлогеническое развитие начинается в пределах антиклинориев Большого и Малого Кавказа в средне-верхнеюрский период и выражено колчеданным оруденением М. Кавказа и меднопирротиновым Б. Кавказа примерно по оси антиклинориев.

Несколько позднее, в пределах этих же структур и частью на крыльях их, в связи с умеренно-кислыми гранитоидами J_3 — C_1 , образовались скарновые железорудные (Дашкесан) и гидротермальные полиметаллические (Садон, Абхазские и др.) месторождения.

Далее, в пределах М. Кавказа, вдоль глубинного Севанского разлома имеет место внедрение гипербазитов C_2 —эоценового возраста (сопровождаются хромитовым оруденением), а среди вулканогенных толщ C_2 —эоценового возраста формируется колчеданное оруденение Болнисского и Артвинского районов.

В следующий этап развития, в олигоцене—миоцене, асимметрично по отношению к антиклинориям, к северу от Б. Кавказа и к югу от М. Кавказа, развиты молодые порфировидные гранитоиды, с которыми связано W (шеелит)-Мо оруденение Тырнауза и Cu-Mo оруденение Зангезура и Памбака (возраст Эльджуртинских гранитов и оруденения Тыр-

ныауза 10—20 млн. лет*, возраст Мегринских гранитоидов и Cu-Mo месторождений Зангезура определяется различными методами в интервале 10—22 млн. лет).

Наконец, по наиболее поздним структурам, в связи с дацитами и гранодиоритами мио-плиоценового возраста, вдоль надвиговой зоны южного склона Б. Кавказа и вдоль Севанского надвига (молодых повторных подвижек вдоль него) формируется низкотемпературное Hg-Sb-As, местами Au (с Te, Bi) оруденение.

Для детально изучавшегося нами М. Кавказа схема развития металлогении представлена на приложенном рис. 2.

Восточное Забайкалье—Приморье. Металлогения киммерийская и альпийская. Наиболее ранним (киммерийским) является оруденение Восточного Забайкалья, где по оси антиклинория, в связи с кислыми гранитоидами, образовались Sn-W месторождения, а по обе стороны от антиклинория—к западу Au-Mo, а к востоку полиметаллические месторождения.

Далее, ближе к Тихоокеанскому побережью, на Малом Хингане и Сихотэ-Алине, оруденение связано с более молодыми C_{r2} —палеогеновыми гранитоидами и представлено сульфидно-касситеритовыми и полиметаллическими месторождениями.

Наконец, вдоль наиболее поздних наложенных структур Восточного Забайкалья (в районе Балея), а также вдоль побережья Охотского моря хорошо выражено низкотемпературное Au-Ag оруденение (местами Hg, Sb).

Таким образом, во времени металлогения развивается в направлении от Сибирской платформы к тихоокеанскому побережью.

Любопытно, однако, отметить, что в то самое время (C_{r2} —палеоген), когда в Сихотэ-Алине и Чукотке имеет место внедрение кислых гранитоидов и в связи с ними Sn-W минерализация, в соседних областях—на Камчатке и Корякском хребте—схема развития металлогении резко иная и по характеру минерализации и смене комплексов (колчеданное ору-

* По новым данным Н. А. Хрушова возраст Эльджуртинских гранитов 80—110 млн. лет; они моложе рудного скарна и лейкократовых гранит-порфиров, с которыми тесно связана молибденовая минерализация. Высказывается предположение о варисском возрасте гранит-порфиров и месторождения.

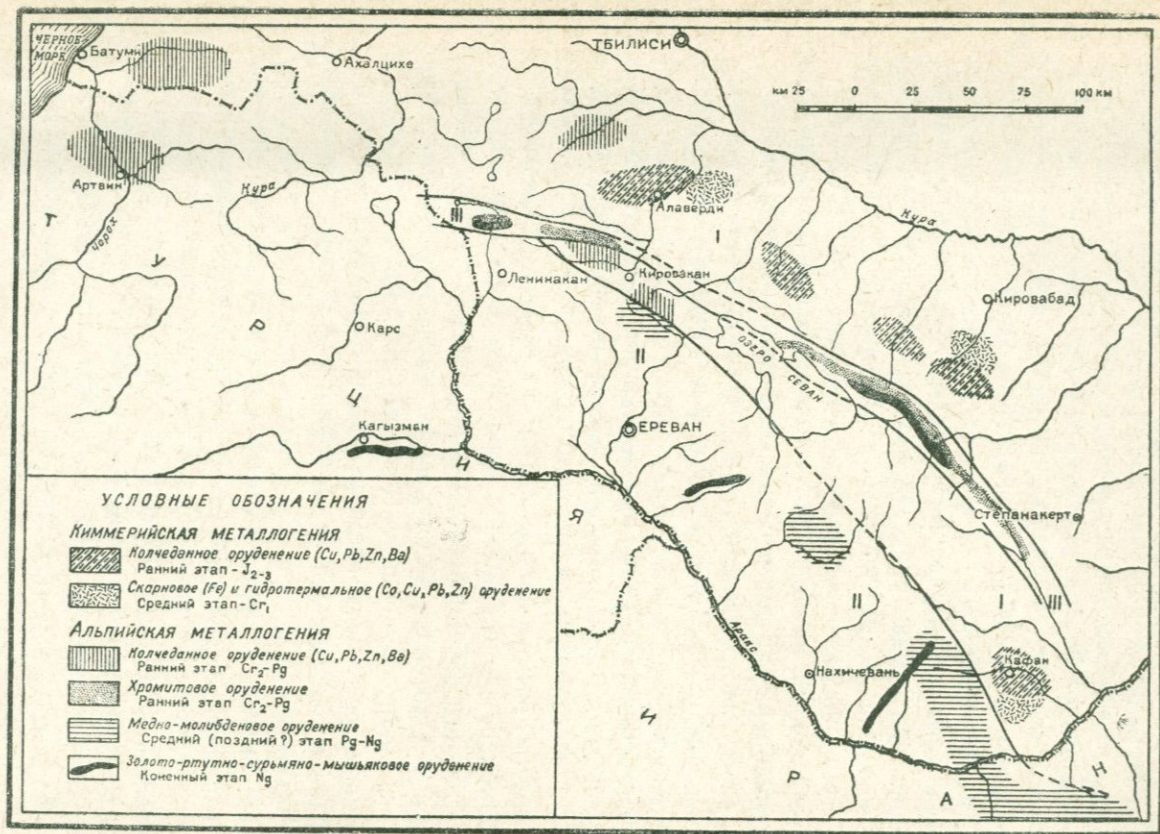


Рис. 2. Схема развития металлогении Малого Кавказа

I— Алаверди-Кафанская структурно-металлогеническая зона
 II—II Памбак-Зангезурская структурно-металлогеническая зона
 III—III Севано-Амасийская структурно-металлогеническая зона

денение, гипербазиты с хромитом, Си-Мо оруденение, Au-Ag и Hg минерализация) во многом аналогична таковой Малого Кавказа. Это резкое различие в характере металлогении соседних регионов (Сихотэ-Алинь—Чукотка и Камчатка—Корякский хребет) очевидно следует связывать с тем, что различные участки единой геосинклинали почти одновременно могут проходить разные этапы развития.

Западные штаты США и частью Мексика. Мегаллогения киммерийская и альпийская. Наиболее древняя зона J_3 - Cr_1 невадийских структур, магматизма и металлогении представляет антиклинорий с крупными батолитами гранитоидов и связанным с ними золото-сульфидным и скарновым (шеелитовым) оруденением.

К востоку, ближе к плато Колорадо и Колумбии, располагается более поздняя Cr_2 -Tg зона с малыми интрузиями кварцевых монзонитов и гранодиоритов с медно-молибденовым, полиметаллическим, а также телетермальным Pb-Zn и U оруденением.

Наконец, в области Берегового хребта развиты наиболее поздние верхнетретичные субвулканические интрузии дацитов и андезитов, с которыми связано Au-Ag, Hg-Sb, Sb-W и U (с Мо) оруденение (этого же типа оруденение частично наложено вдоль разломов в штатах Колорадо, Юта и Айдахо).

В данном случае развитие металлогении идет асимметрично—начинается вдоль антиклинория, перемещается на восток к платформе и заканчивается на крайнем западе, у побережья, в зоне прогибов и разломов Берегового хребта.

Таким образом, направление развития („архитектурный план“) в каждом крупном регионе различно и для научного обоснования направления поисково-разведочных работ наряду с общей схемой (обычной, обобщенной) развития надо иметь еще следующие данные:

1. Возрастную последовательность образования интрузивных и связанных с ними минеральных комплексов.

2. Направление развития структурно-металлогенических зон и пространственное их размещение (а следовательно и размещение подчиненных каждой структурно-ме-

таллогенической зоне интрузивных и минеральных комплексов).

б. Факторы второго порядка

Оказывают большое влияние на характер оруденения, его интенсивность и пространственное размещение минерализации внутри этапа развития (тектоно-магматического комплекса).

Глубинность интрузивных рудоносных комплексов.

Условия застывания рудоносных магматических масс и, в первую очередь, глубинность формирования интрузивов и тесно с ними связанных месторождений играют заметную роль в оформлении облика металлогении—в образовании определенных типов месторождений, явлениях зональности и т. д.

Как общее положение, следует подчеркнуть небольшую глубинность магматических очагов в начальный период развития (кварцевые порфиры и альбитофиры, с которыми связано колчеданное оруденение) и в конечные этапы развития (малые интрузии и субвулканы с Hg-Sb-As и Au-Ag оруденением). Подавляющее большинство интрузивов среднего и позднего этапов развития формируется в условиях умеренных и частью значительных глубин. Влияние глубинности интрузивов на характер минерализации внутри одного этапа развития ярче всего выражено в Боливии, в пределах оловянного пояса.

В Северной Боливии с глубинными гранитами связана серия месторождений, располагающихся вокруг интрузивных массивов зонально в следующей последовательности: пегматиты (с W, Sn, Mo оруденением), высокотемпературные гидротермальные месторождения W, Bi, Sn, средне-низкотемпературные месторождения полиметаллических руд, серебра, сурьмы, золота, ртути.

В Центральной и частью Южной Боливии имеет место резкий перегиб складчатой зоны Анд и в связи с ним крупные разломы, выводившие гранитную магму к поверхности;

широко развиты приповерхностные интрузии и экструзии тех же по составу и возрасту гранитоидов, что и в Северной Бразилии, однако характер оруденения при том же валовом составе металлогении существенно иной.

Явления зональности отсутствуют, месторождения и руды их сложного состава (Sn-W-Bi с примесью Pb, Zn, Sb, Au, Ag); металлы не обособлены не только по месторождениям и зонам, но даже по минералам, в связи с чем обильно развиты сульфосоли (станнин, тиллит, цилиндрит, франкеит и др.).

На северо-востоке, а также и на юго-востоке Азии с глубинными гранитами связаны кварц-касситеритовые, кварц-вольфрамитовые и кварц-молибденитовые, а дальше от массивов—полиметаллические и Sb-Hg месторождения; в этих же областях с гипабиссальными гранитоидами связаны сульфидно-оловянные (в том числе оловянно-полиметаллические) месторождения, а с приповерхностными кварцевыми порфирами связаны и залегают среди них небольшие скопления деревянистого касситерита.

Глубина эрозионного среза. Влияние глубины эрозионного среза на характер металлогении, лежащее в основе батолитовой теории В. Эммонса, в таком понимании решительно отвергается советскими геологами. Однако нельзя отрицать, что для отдельно взятого тектоно-магматического и рудного комплекса, связанного с определенным этапом развития, в связи с зональным расположением различных типов минерализации, глубина эрозионного среза приобретает нередко существенное значение. Так, например, детальное изучение медно-молибденового пояса Армении показало, что по простиранию пояса, на протяжении в 250—300 км, характер оруденения меняется в зависимости от погружения или воздымания оси антиклинория и глубины эрозионного среза рудоносной структуры; в местах воздымания оси структуры и сравнительно глубокой эрозии (Зангезур) вскрыты крупные массивы гранитоидов, сохранились небольшие останцы кровли и на этом уровне среза—среди гранитоидов и частью пород кровли—сосредоточено

интенсивное медно-молибденовое оруденение с резко подчиненной ролью Pb и Zn.

На отрезках этого же рудного пояса, где имеет место погружение оси структуры и слабая степень эрозии (Даралагез), обнажаются небольшие выходы гранитоидов, широко развиты вулканогенные толщи, среди которых установлено Pb-Zn (частью Pb-Sb) оруденение с очень небольшой ролью (примесь) Cu и Mo.

Такие участки, как Даралагез, хотя и отличаются от соседнего Зангезура по характеру минерализации (в Даралагезе Pb и Zn, в Зангезуре Cu и Mo), но считаются нами частью единого рудного пояса и перспективными на глубину в отношении Cu-Mo минерализации. Различия в характере металлогении в данном случае связаны с различным уровнем эрозии и зональным расположением металлов (по вертикали) по отношению к рудоносным интрузивам.

Понимая в таком виде влияние зональности и глубины эрозионного среза, мы далеки, однако, от рекомендации поисков глубже Cu-Mo зоны оруденения Au или Sn и W, ибо последние металлы совершенно не характерны для данного этапа развития и данного рудного комплекса.

Другой пример, опять-таки по М. Кавказу, по минерализации колчеданного рудного пояса, окаймляющего с севера медно-молибденовый, охватывая районы Южной Грузии, Северо-Восточной и Юго-Восточной Армении и Юго-Западного Азербайджана. Здесь сверху вниз характерна для ряда рудных полей вертикальная зональность в распределении следующих типов руд: барит и гипогенный гипс, полиметаллические руды, медные руды, серноколчеданные руды.

В зависимости от глубины эрозионного среза на одних участках вскрыты гипогенный гипс или барит, на других — полиметаллические, медные и серноколчеданные руды. Соседние участки отличаются по характеру минерализации (ведущим металлам), но причина этих отличий — только разный уровень среза минерализации единого типа и этапа развития. Исходя из такого представления, геологи, работающие на Малом Кавказе, считают, что участки с баритовой или гипсовой минерализацией на поверхности на глубину

перспективны в отношении полиметаллов, меди и серного колчедана. Практически это оправдывается (Алаверди, Шамлуг, Маднеули и др.).

Следует отметить, что греки-рудокопы, начавшие разработку этих месторождений еще в XVIII веке, подметили указанную закономерность и уверенно задавали выработки в барите и гипсе, рассчитывая, что на некоторой глубине войдут в богатые Pb-Zn (с Ag и Au) и Cu руды.

Надо однако подчеркнуть, что влияние глубины эрозии и зональности вызывало различия в минерализации лишь внутри единого колчеданного типа и никто не ожидал встретить в этой зоне, на самых глубоких срезах, Cu-Mo или Sn-W оруденение, характерное для иного комплекса и другой зоны.

Третий пример, по рудным полям кварц-вольфрамит-молибденитового оруденения Центрального Казахстана (Восточный Коунрад, Северный Коунрад и др.). Вертикальная зональность в жильных сериях представлена сверху вниз тремя зонами: вольфрамитовой, молибденитовой, убогой кварцевой. В зависимости от глубины эрозионного среза обнажается одна из этих зон и наблюдаются различия в минерализации соседних участков; участки с вольфрамитовым оруденением на поверхности перспективны на глубину в отношении молибдена.

Литолого-стратиграфические особенности рудовмещающих толщ.

Тип месторождения, характер и интенсивность минерализации, морфология рудных тел внутри стадии развития или единого рудного комплекса контролируются во многом литолого-стратиграфическими особенностями толщ, вмещающих оруденение.

Так, в пределах уже упомянутого медно-молибденового рудного пояса М. Кавказа оруденение представлено в массивах интрузивных пород прожилково-вкрапленным и частью жильным типом, в контактах с карбонатными толщами—скарновым типом, а в зонах интенсивно раздробленных порфиритов кровли—брекчиевидным (исключительно богатым) типом все тех же Cu-Mo руд.

На северо-востоке Азии, в области развития песчанико-сланцевых пород, оловянные месторождения представлены жильным и штокверковым типом, а в юго-восточной Азии (Южный Китай и др.) на участках развития карбонатных пород широко развиты скарновые месторождения олова. Интересно отметить, что в обоих случаях месторождения часто оловянно-сульфидные и для процесса минерализации характерен бор—в форме турмалина в жилах и штокверковых зонах и в форме аксинита и датолита в скарнах.

Вполне закономерна локализация колчеданного (медного и полиметаллического) оруденения северо-восточной части М. Кавказа в горизонте среднеюрских кератофилов и порфиритов, а также локализация эндогенного марганцового (пиролюзит-псиломелановые руды с агатом, кварцем, баритом) оруденения в вулканогенно-осадочной толще верхнемелового возраста.

В обоих случаях литолого-стратиграфический контроль оруденения определяется генетической связью минерализации с теми глубинными магматическими очагами, с которыми связаны как руды, так и вмещающие их вулканогенные толщи.

Местные особенности колчеданных и марганцовых руд объясняются литологическими особенностями рудовмещающих пород. Так, колчеданное оруденение метасоматического типа с массивными и брекчиеподобными (избирательно замещены обломки известковистых туфов кератофировых брекчий) текстурами развито в горизонте кератофилов, поддающихся замещению, в то время как среди подстилающих плотных порфиритов оруденение жильное и штокверковое.

Для участков развития марганцового оруденения, даже в пределах одного рудного поля (Саригюх-Севкар, Иджеванский район Армянской ССР), в зависимости от характера вмещающих пород, устанавливается несколько морфологических типов оруденения: пластовое метасоматическое в мергелях, брекчиевидное в раздробленных туфах, конгломератовидное (избирательный метасоматоз рудой валунов известняка среди туфо-конгломератов), жильное в порфиритах. Именно в силу такого многообразия морфоло-

гических типов одно из месторождений (Саригюх) было отнесено некоторыми авторитетными геологами частью к осадочному (пласт), частью к гидротермальному (брекчиевидные руды) типу, с чем никак нельзя согласиться; генетический тип месторождения единый, многообразны, в связи с литологическими особенностями, морфологические типы оруденения.

Возраст структуры и магматизма. Однотипные магматические и рудные комплексы повторяются в различные эпохи, однако в интенсивности их развития имеются существенные различия. Так как эти различия носят, в основном, количественный характер, фактор возраста отнесен нами в группу факторов второго порядка. Можно отметить отчетливо выраженную специфику металлогении отдельных эпох, преимущественную приуроченность к каждой из них определенного комплекса металлов.

Так, докембрийская металлогеническая эпоха особенно богата Fe, Ni, Co, Au, Pt, U, Th, Ta-Nb, Be, Li, Ti, также Mn, Cr, Cu; каледонская эпоха резко уступает докембрийской по интенсивности и богатству металлами, для нее характерны Fe, Co, Ni, Au, Pt, Cu, Pb, Zn; для герцинской эпохи характерны Cr, Cu, Pb-Zn, Au, также Sn, W, Mo, U, Fe, Ni, Pt.

Киммерийская эпоха особенно богата Sn, W, Sb, Pb-Zn, также Fe, Cr, Au, Cu; альпийская эпоха исключительно богата Mo, Cu, Hg, Ag, Mn, также Cr, Au, Sb, U, As, Sn.

Роль месторождений отдельных эпох в современной добыче важнейших металлов приведена в табл. 1.

Причины смены характера металлогении по этапам развития и по металлогеническим эпохам во многом пока неясны.

Очевидно, однако, что эти явления необъяснимы с точки зрения наличия единого магматического пояса—металлоносного подкорового очага или, тем более, с точки зрения Г. Шнейдерхена—регенерации месторождений. Гораздо естественнее объяснять эти различия металлогении возникновением в отдельные этапы развития и различной интенсивностью проявления в отдельные эпохи разрозненных металлоносных магматических очагов различного со-

Роль месторождений отдельных эпох
в современной добыче важнейших металлов

Металлогенич. эпохи Металлы	Докембри- ская	Каледонская	Герцинская	Киммерийская	Альпийская
Железо					
Марганец					
Хром					
Никель					
Кобальт					
Молибден					
Вольфрам					
Олово					
Сурьма					
Ртуть	?				
Медь					
Свинец и цинк					
Серебро					
Золото					
Платина					
Уран					
Торий					

става, вероятно за счет переплавления первоначально различных зон земной коры.

Несомненно, что имеющая место металлогеническая специализация объясняется лучше всего не с позиции единого базальтового пояса и магмы (Боуэн, Ниггли), а с точки зрения выделения трех, по крайней мере, ведущих магматических рудоносных комплексов — гранитоидного, базальтоидного и гипербазитового, проявляющихся разновре-

но, в различных структурных условиях, и образующих локально обособленные, временные и местные очаги (В. Н. Лодочников, П. Н. Кропоткин, Ю. А. Кузнецов и др.).

Общий ход эволюции магмы в подвижных поясах следующий:

1. Основные и ультраосновные магмы (как бы наследуемые, по Ю. А. Билибину, от древних платформ) — ранний этап.

2. Гранитоидные дифференциаты основной магмы — средний этап.

3. Самостоятельные кислые граниты — поздний этап.

Затем происходит смена в обратном направлении, и в конечном этапе проявляются снова дифференциаты основной магмы, а на молодой платформе недифференцированные основные породы. Следует отметить, что при платформенном режиме магма поступает из базальтового слоя и сиалическая оболочка по-видимому никогда не затрагивается процессом переплавления.

В подвижном поясе в начальную стадию магма поступает также из базальтового слоя, причем в доскладчатый период преобладают основные-ультраосновные магмы, а после первой крупной фазы складчатости и, в особенности, после второй фазы складчатости — гранитоидные дифференциаты базальтовой магмы (средний этап).

Только в отдельных случаях, в отдельные эпохи и на локальных отрезках подвижного пояса, по-видимому в связи с большими тектоническими напряжениями, имеет место глубокое погружение и переплавление сиалического слоя с образованием самостоятельных гранитов (поздний этап).

Конечный этап выражен интенсивно в областях, где обычно выпадает поздний, является как бы продолжением развития среднего этапа и представлен малыми интрузиями гранитоидных дифференциатов основной магмы.

Теперь можно подвести итог приведенным выше соображениям относительно факторов, контролирующих возникновение металлогенических провинций и металлогенических эпох.

Достаточно обоснованы следующие положения.

Во-первых, возникновение различных металлогенических провинций и субпровинций обязано наличию ряда отличающихся друг от друга типов металлоносных интрузивных очагов, формирующихся в различных зонах земной коры и изначально обогащенных определенным комплексом металлов. Три таких типа интрузивных пород намечаются довольно четко:

а) Ультраосновной-основной с Cr, Fe, Ni, Ti, Pt, Pd (Cu, Co, V).

б) Умеренно-кислый с Fe, Cu, Mo, Au, Pb и Zn, Ag, Sb, Hg, W (шеелит), U.

в) Кислый с Sn, W, Mo, Pb и Zn, Sb, Hg, U, Th, Be, Li, Ta-Nb.

Эти интрузивные комплексы сменяют друг друга в различные этапы развития структур и вместе с соответствующим им рудным комплексом обособляются пространственно, образуя структурно-металлогенические зоны.

Далее, следует учитывать, что металлы распределяются неравномерно в различных дифференциатах очага; в габбро-перидотитовом комплексе, например, платина (вместе с хромитом) накапливается в дунитах, точно так же как в гранитоидах олово и вольфрам тесно связаны с наиболее кислыми разностями гранитов, богатых минерализаторами.

В многофазных интрузивных комплексах металлогеническая роль и специализация отдельных фаз выступают особенно отчетливо. В таких сложных комплексах оруденение во времени часто очень близко с внедрением последних порций магмы, в связи с чем в пространстве руды формируются в тесной связи с мелкими штоками и дайками—последними дифференциатами глубинного металлоносного очага. Эти данные говорят за идущую в магматическом очаге, параллельно с магматической дифференциацией, металлогеническую дифференциацию, сопровождающуюся отделением и выносом металлов в определенные этапы дифференциации очага. В связи с этим одни фазы внедрения интрузивов металлоносны, другие—бесплодны.

В зависимости от условий застывания и дифференциации магматических очагов, типа очага (батолиты, малые

интрузии, вулканические аппараты), минерализация или тесно связана с батолитовыми интрузиями, или в других случаях — с малыми добатолитовыми и постбатолитовыми интрузиями, или, наконец, с корневыми частями вулканических аппаратов.

Во-вторых, различия в металлогении провинций зависят от глубинности магматических очагов, эрозионного среза и литолого-стратиграфических особенностей рудовмещающих толщ. При этом валовой состав металлогении в целом для региона (структурно-металлогенической) зоны сохраняется, меняются лишь типы месторождений, морфология рудных тел, состав руд и т. д.

Резюмируя, можно отметить, что тип металлогении региона зависит от следующих факторов:

1) Положения региона в пределах крупных структур земной коры (платформы, складчатые зоны или части их).

2) Проявления и интенсивности определенного этапа развития структуры (структурно-металлогенические зоны), в зависимости от типа геосинклинального развития.

3) Направления развития (архитектурного плана) структурно-металлогенических зон в пределах региона.

4) Глубинности и типа металлоносного очага (в связи с тектоническим режимом внедрения магматических масс), глубины эрозионного среза, литолого-стратиграфических особенностей рудовмещающих толщ (все это для данной структурно-металлогенической зоны).

Следует подчеркнуть еще раз, что в пределах крупных структур имеет место закономерное распределение оруденения различных типов, смена их во времени и обособление в пространстве. Эта закономерность представляет не только общий научный интерес, но приобретает большое практическое значение в деле прогнозной оценки перспектив металлоносности крупных регионов и отдельных частей их.

Необходимо дополнительно учитывать, что при общих закономерностях развития однотипные, но разновозрастные структурно-металлогенические зоны имеют и отличия в металлогении, в основном количественные, что и определяет специфику металлогенических эпох.

5. МЕТАЛЛОГЕНИЧЕСКИЕ И ПРОГНОЗНЫЕ КАРТЫ, МЕТОДИКА ИХ СОСТАВЛЕНИЯ

Основная задача металлогенической карты состоит в наглядном отражении, на фоне геологического строения региона, закономерностей пространственного распределения месторождений различных генетических типов и различных формаций (минеральных ассоциаций).

Карта прежде всего должна дать ясное представление относительно взаимосвязи типов структур, характера магматизма и металлогении крупных регионов. С этой целью металлогенические карты составляются на тектонической основе с выделением главнейших структур земной коры — платформ и подвижных складчатых зон каледонского, герцинского, киммерийского и альпийского возраста.

Далее, в пределах платформ следует четко разграничить магматизм и металлогению докембрийского фундамента от более молодых наложенных структур, интрузий и месторождений платформенного периода развития. В пределах подвижных складчатых зон, на картах масштаба 1:500 000 и крупнее, можно показать отдельные этапы (ранний, средний, поздний, конечный) развития структур, магматизма и соответственно металлогении.

На более крупномасштабных картах могут быть дополнительно отражены и другие факторы, определяющие характер металлогении региона, как-то: глубинность рудоносных магматических очагов, глубина эрозионного среза, литологические особенности вмещающих оруденение пород.

Карта, составленная с учетом всех отмеченных факторов, определяющих специфику металлогении региона, поможет установить наиболее благоприятные условия и участки, где образуются промышленные концентрации тех или иных руд и тем самым послужит основой и для составления прогнозных карт.

Следует отметить, что впервые вопрос о значении металлогенических карт был поднят в 1942 г. академиком Д. И. Щербаковым и им же была предложена методика их составления (опубликована в 1945 г.). В этот период

(1943—1945) под его руководством были составлены первые металлогенические карты масштаба 1:500 000 для М. Кавказа и 1:200 000 для территории Армянской ССР.

Составление этих карт, сопровождавшееся детальным изучением металлогении региона, позволило выделить в пределах М. Кавказа три рудных пояса с различным геологическим строением и характером оруденения; поясовое расположение рудных областей и выявившаяся в пределах каждого пояса специфика металлогении, тесно связанная с типами структур и магматизма, позволили, в свою очередь, целеустремленно направить поисково-разведочные работы.

Результаты экспедиционных работ по проверке прогнозов превзошли самые смелые ожидания; в течение нескольких лет, на казалось бы очень детально изученной небольшой площади М. Кавказа, были открыты значительные месторождения медно-молибденовых руд (на продолжении намеченного Си-Мо пояса на север) — Дастакерт, Анкаван и др., перспективные месторождения золота (Зод, Меградзор и др.), сурьмы, ртути, мышьяка, железа и др. металлов.

Согласно методике, разработанной Д. И. Щербаковым, за основу металлогенической карты следует принять структурно-геологическую карту с несколько обобщенной геологией и выделением основных литолого-стратиграфических комплексов, показом осей складок, сбросов, надвигов, межформационных подвижек, как возможных контролирующих оруденение структур.

Интрузивные комплексы различного возраста окрашиваются разным цветом, а породы различного состава внутри комплекса выделяются дополнительными значками. Геологический фон карты закрашивается слабыми тонами красок, на фоне которых четко выделяются (яркие цвета) месторождения, наносимые с учетом генетического типа, минеральной ассоциации, ведущего металла и масштаба. Генетический тип обозначается формой значка, ведущий металл — цветом, минеральная ассоциация (формация) — дополнительным усложнением формы значка, а масштаб — размером значка.

На крупномасштабных картах имеется возможность выделения отдельных, контролирующих оружение литолого-стратиграфических горизонтов (карбонатных толщ, спилито-кератофировых толщ и т. д.), показа положения береговой линии и смены фаций осадочных руд по мере удаления от нее, показа центров вулканических извержений, вокруг которых группируются некоторые типы месторождений. Иногда важно показать особым знаком морфологический тип месторождения, отметить направление разведочных и поисковых работ, оценить и отразить графически перспективы месторождения.

Несколько позднее, в 1947 году, Ю. А. Билибин предложил организовать систематическое металлогеническое картирование рудоносных районов с выделением структурно-металлогенических зон и рудоносных интрузивных комплексов.

По его мнению, на металлогенических картах должны быть отражены все геологические факторы, влияющие на локализацию и тип оруденения. На металлогенических картах должны быть показаны все структурные элементы, контролирующие оруденение: складчатые и разрывные структуры, поверхности несогласия, плоскости напластования, контакты интрузивных массивов и т. д. Необходимо выделить отдельные толщи или горизонты, наиболее благоприятные для оруденения, поверхности экранирования, поро-ды-осадители и т. д.

Ю. А. Билибин рекомендует также нанести все магматические породы и условными знаками отразить глубину и глубину эрозионного среза рудоносных интрузивных комплексов. Основным знаком в изображении рудных месторождений должен быть знак рудного комплекса, в пределах которого знаками подчиненного значения должны быть показаны различные типы месторождений.

В развитие указаний Ю. А. Билибина коллектив геологов ВСЕГЕИ разработал методику составления металлогенических карт отдельных регионов и территории СССР в целом.

Металлогеническая карта составляется на основе тектонической карты Н. С. Шатского с показом возраста струк-

тур, стадии развития структуры, магматического комплекса и типов месторождений. Следует отметить, что обозначение типов месторождений, предлагаемое коллективом ВСЕГЕИ, так же как и обозначения, предлагаемые независимо от него Е. Е. Захаровым, очень сложны, делают карту трудночитаемой и поэтому неприемлемы.

Исходя из изложенных выше принципов, металлогеническая карта мира составлена нами на тектонической основе, с выделением важнейших структурных элементов — платформ и подвижных складчатых зон. В пределах платформ выделены участки, где обнажаются породы докембрийского фундамента (щиты) и участки, перекрытые более молодыми осадочными толщами, покровами эффузивов или льдом. Для подвижных складчатых зон выделены области проявления каледонской, герцинской, киммерийской и альпийской складчатости, разломов, магматизма и оруденения.

Наложение на древние структуры относительно более молодых показано соответствующей накладкой штрихов (или цвета); так, отражено проявление каледонского магматизма и металлогении на участке щита Кольского полуострова, герцинского магматизма и металлогении на том же полуострове и в пределах Сибирской платформы, киммерийского и альпийского магматизма и металлогении вдоль разломов в пределах Африкано-Аравийской платформы, Сибирской платформы и др. Случаи наложения более молодой металлогении отражены и в пределах складчатых зон.

Главнейшие месторождения металлических полезных ископаемых отображены по формациям, под которыми понимаются минеральные ассоциации, возникшие в определенных геологических условиях. Из неметаллического сырья на нашем макете даются лишь месторождения алмаза и слюды, но на более детальных картах желательно отразить все виды неметаллического сырья эндогенного происхождения (асбест, барит, флюорит и др.).

Месторождения сгруппированы в общепринятые генетические типы: магматический, пегматитовый, скарновый, гидротермальный, осадочный, метаморфогенный, выветривания, которые обозначаются знаками различной формы.

Внутри генетических типов выделены главнейшие рудные формации (обозначаются цветом или небольшим усложнением формы знака), в которых, для мелкомасштабного макета, допущено объединение, укрупнение близких или сходных по составу или ведущим металлам формаций. Так, для наиболее разнообразных по составу гидротермальных месторождений выделены следующие важнейшие формации или типы месторождений: 1) кварц-Sn-W-Mo и сульфидно-Sn, 2) медно-молибденовый и молибденовый, 3) полиметаллический, 4) сурьмяно-ртутный, 5) урановый, 6) колчеданный медный и полиметаллический, 7) кварц-золоторудный и золото-сульфидный 8) золото-серебряный, 9) медистые песчаники типа Катанги-Джезказгана.

На карте показаны только наиболее крупные месторождения с градацией размера значка, отвечающей двум категориям — крупнейшие, мирового значения, и другие промышленные месторождения. Районы с регионально вытянутым вдоль складчатых структур или разломов однотипным оруденением показаны соответственно как четко очерченные рудные пояса: Sn-W пояса Забайкалья, северо-востока СССР, юго-востока Азии и Боливии, колчеданные пояса Урала, Балкан, Турции, медно-молибденовые пояса западных штатов США и Чили, золото-серебряные пояса западных штатов и Мексики, Южной Америки, Индонезии и др. В результате, даже на мелкомасштабной карте, хорошо выявляется взаимосвязь типов структур и металлогении и специфика металлогении крупных структур земной коры. В то же время карта и проработанный в связи с ее составлением материал позволяют обобщить основные черты металлогении платформ и складчатых зон, уточнить роль отдельных факторов, контролирующих характер металлогении региона и поставить ряд новых вопросов, над разрешением которых надлежит еще много поработать.

Что касается прогнозных карт, то они должны составляться на базе металлогенических и с учетом всех данных по геологии и минерализации, нанесенных на эти карты. Кроме того, на прогнозных картах должны быть показаны контуры гидротермально измененных пород (по типам и ин-

тенсивности изменения), выходы окисленных руд, отражены данные шлихового опробования, геофизических и геохимических работ.

Контуры участков, перспективных, по совокупности имеющихся данных, в отношении тех или иных металлов или типов месторождений, следует обвести цветными линиями (цветом, принятым для металла). Полезно составление для определенной территории ряда прогнозных карт отдельно на различные полезные ископаемые, или комплексы их, тесно генетически взаимосвязанные; при этом на прогнозной карте необходимо отметить перспективность отдельных участков в отношении определенных типов месторождений (формаций) данного металла, геологическая обстановка нахождения которых, а часто и методика поисков, различна.

Следует подчеркнуть, что значение металлогенических и прогнозных карт для направления поисковых работ огромно, поэтому над методикой их составления необходимо еще специально поработать. Готовых рецептов для составления таких карт любого масштаба и для любой территории нет и навряд ли они будут в ближайшее время. Одно надо подчеркнуть, металлогенические карты не должны быть регистрационными, типа старых карт полезных ископаемых или кадастров месторождений. В составление их должна быть вложена следующая основная идея: они должны отражать закономерности геологического и металлогенического развития региона во времени и в пространстве.

II. МЕТАЛЛОГЕНИЯ КРУПНЕЙШИХ СТРУКТУРНЫХ ЕДИНИЦ ЗЕМНОЙ КОРЫ — ПЛАТФОРМ И СКЛАДЧАТЫХ ПОДВИЖНЫХ ЗОН

А. МЕТАЛЛОГЕНИЯ ПЛАТФОРМ

1. **Русская (Восточно-Европейская) платформа.** Территориально эта крупная структура охватывает почти целиком Европейскую часть СССР, а также Финляндию, Швецию, Южную Норвегию, Данию и северные области Германии и Польши. Значительная часть платформы покрыта осадочными толщами палеозойского и мезокайнозойского возраста. Выходы докембрийского основания широко развиты на северо-западе (Фенно-Скандинавский массив) и на юго-западе (Украинский массив) и установлены на относительно небольшой глубине на обширной площади между ними.

Металлогения северо-западной и юго-западной частей щита, наряду с элементами сходства, имеет существенные отличия, в связи с чем удобнее рассматривать эти районы отдельно.

Фенно-Скандинавский массив.

Балтийский щит. Здесь развиты следующие четыре формации докембрия:

Беломорская (Свионийская), представленная гранито-гнейсами. Возраст более 2 млрд. лет.

Ладожская. Гнейсы, филлиты, железистые кварциты.

эффузивы основного и кислого состава, граниты и пегматиты. Возраст 1700—1800 млн. лет.

Ятулийская. Кварциты, диабазы, граниты и связанные с ними слюдоносные пегматиты Карелии. Возраст 1300—1500 млн. лет.

Иотний-Хогландий. Кварциты, песчаники, граниты рапакиви района Выборга и Арендала (Южная Норвегия). Возраст 1000—1200 млн. лет.

По более поздним системам разломов породы докембрия прорваны каледонским комплексом основных-ультраосновных пород Мончегорска, Печенги и Южной Норвегии и герцинским комплексом щелочных пород Ловозера и Южной Норвегии (?).

Металлогения этой области тесно связана с процессами осадконакопления, магматизма и метаморфизма и представлена следующими типами месторождений:

1) Колчеданные месторождения, представленные линзами сульфидных руд среди эффузивных пород кислого и основного состава, часто рассланцованных. Сюда относятся крупные месторождения Параново (серноколчеданное) в Карельской АССР, Оутокумпо (медное с примесью Co и Ni) и Ориярви (медно-свинцово-цинковое) в Финляндии, Фалун и Лявера (медные) в Центральной Швеции, Болиден (медно-мышьяковое) в Северной Швеции и др. Генетически, по-видимому, все эти месторождения связаны с очагами тех эффузивных толщ, среди которых залегают.

2) Метаморфогенные месторождения железистых кварцитов и магнетитовых сланцев (Оленьегорское на Кольском п-ове, Зюдварангер в Северной Норвегии и др.).

3) Гистеромагматические апатит-магнетитовые месторождения Северной Швеции (Кируна, Гелливар и др.), Центральной Швеции (Грэнгсберг), связанные с интрузиями сиенитов докембрия.

4) Ти.аноматитовые месторождения, связанные с габбро,—Пудожгорское и Велимки в Карелии, Таберг в Южной Швеции и др.

5) Скарновые месторождения железа (Арендал в Южной Норвегии, месторождения района Выборга), марганца (Лонгбан в Швеции), цинка (Сала в Швеции), вольфрама (Иссио

в Швеции), олова (Питкяранта в Карелии) и др., связанные главным образом с гранитами рапакиви Иотния.

6) Кварц-молибденитовые жилы и штокверки (часто с примесью Cu), связанные с гранитоидами. Месторождения известны в Карелии и на Кольском п-ове (Паявара, Половина и др.), разрабатываются в Норвегии (Кнабен, Лаксадалена), Финляндии (Матасваара) и Швеции (Айярви).

7) Пегматиты гранитной магмы с мусковитом, сподуменом, местами минералами урана и тория, Ta и Nb развиты широко.

8) Месторождения медно-никелевых сульфидных руд (с примесью Co, Pt, Pd) ликвационного типа, связанные с габбро, норитами и перидотитами каледонского и частью может быть докембрийского возраста. К ним относятся Мончегорск и Печенга на Кольском п-ове, Макала в Финляндии, Эвье, Рингерик и др. в Южной Норвегии.

9) Магматические месторождения апатита (Хибины), ниобия и редких земель (лопаритовое — Ловозеро), связанные со щелочным комплексом герцинского возраста.

10) Месторождения карбонатитов (Nb-содержащий пироксид, карбонаты редких земель и др.) в Норвегии и на Кольском п-ове, в связи со щелочным комплексом герцинского возраста.

Из отмеченных типов месторождений особенно крупное значение имеют апатит-магнетитовые, медно-никелевые, колчеданные, апатитовые и лопаритовые, представленные объектами мирового масштаба. Типичны и широко развиты месторождения титаномагнетита, железистых кварцитов, гранитных пегматитов, а также гидротермальных руд Mo. Господствующими металлами являются: Fe, Ni, Cu, Nb, TR, (Pt, Pd, Ti, Li, Th, U, As, Mo) при подчиненной роли Sn, W, Zn, Co, Au.

Украинский массив (главным образом по материалам Н. П. Семененко). Здесь выделяются в последовательности от древних к более молодым следующие магматические и рудные комплексы:

1) Чудновско-бердичевские граниты и подольская серия гнейсов — возраст 2000 — 2250 млн. лет; с ними связаны пегма-

титовые месторождения с мусковитом, топазом, редкими землями. Источник погребенных континентальных россыпей.

2) Чарнокито-монцитовая формация и побужская серия гнейсов — возраст 1900—2000 млн. лет; примерно того же возраста гипербазиты с хромитовой минерализацией, проявлениями Cu-Ni сульфидных руд и силикатными рудами никеля в коре выветривания.

3) Саксаганские джеспилиты и вулканогенно-сланцевые образования — возраст около 1500—1700 млн. лет; джеспилитам подчинены огромные концентрации железа метаморфогенного типа (Кривой Рог, КМА, Кременчуг). С гранитными интрузиями этой эпохи связаны гидротермальные месторождения, а среди спилито-кератофировой формации вероятно обнаружение колчеданных месторождений.

Интересна концентрация топаза и касситерита в контакте с гранитами (Южно-Ингулецкий район), обнаружение повышенных концентраций Rb в метаморфических сланцах и германия — в рудах и кварцитах Кременчуга. Н. П. Семененко связывает также Самотканские россыпи рутила, ильменита и циркона с разрушением метаморфических сланцев и гранитов этой эпохи.

4) Овручские граниты — возраст 1400 млн. лет. С пержанскими и другими гранитами этой эпохи связана касситерит-колумбит-вольфрамит-торитовая минерализация Воляни.

5) Коростенский комплекс гранитов рапакиви, габбро-норитов и щелочных пород — возраст 1100—1200 млн. лет; приурочен к краевым разломам в северо-западной части массива и представлен сравнительно небольшими интрузивами.

С габбро этого комплекса связан ильменит (в россыпях), а с гранитами — циркон, циртолит, знаки касситерита и молибденита. Характерно высокое содержание в цирконе скандия.

6) Приазовский щелочной комплекс — возраст около 1000 млн. лет (?). Широко развиты мариуполитизация и альбитизация щелочных пород и цирконо-пироксеновая минерализация с огромными концентрациями Zr и Nb. С щелочным же комплексом связано Гнутовское карбонатитовое месторождение (галенит, паризит, флюорит).

В особенности крупное промышленное значение имеют метаморфогенные месторождения железа, подчиненные Криворожской толще (Кривой Рог, Курская магнитная аномалия, Кременчуг) с огромными запасами руд*.

Таким образом, для металлогении Украинского массива характерны Fe, Ti, редкие металлы (Zr, Nb и др.), редкие земли; в целом характер ее несколько менее разнообразен, чем в пределах Фенно-Скандинавского массива (нет, или пока неизвестны месторождения колчеданных руд, Cu-Ni руд, Mo, Au и др.).

К общей характеристике металлогении Русской платформы следует добавить проявление по ее южной окраине, в Донбассе и на Северном Кавказе, киммерийской металлогении, представленной свинцово-цинковым оруденением (Садон в пределах эпигерцинской Скифской платформы и Нагольный кряж) и ртутно-сурьмяным оруденением (Никитовка среди угленосной толщи Донбасса), в парагенетической связи с дайками кератофиров и щелочных пород. В последних химических анализах установлено резко повышенное против кларка содержание ртути (0,002%), что дало основание Б. С. Панову рассматривать щелочные породы и ртутно-сурьмяную минерализацию как производные единого киммерийского магматического очага.

2. Сибирская платформа. Занимает огромное пространство между рр. Енисеем и Леной и в подавляющей своей части перекрыта угленосной толщей пермо-карбона и траппами. Только в бассейне р. Алдан, в пределах Олекмо-Витимской горной страны, Енисейского кряжа, части Анабарского массива и по южной окраине платформы (Восточный Саян, Прибайкалье), широко развиты породы докембрийского основания—гнейсы, кристаллические сланцы (в том числе силлиманитовые и кианитовые) и гранитоидные интрузии.

Главнейшие типы месторождений, связанные с докембрием, следующие:

* Сравнительно небольшие месторождения этого же типа подчинены более древней тетерево-бугской свите архейского возраста (месторождение Корсак Могила и др.).

1) Метаморфогенные и скарновые месторождения железа (в Южной Якутии и Прибайкалье), изучены пока недостаточно, но весьма перспективны (Таежное, Сивагли и др.). Железистые кварциты по р. Онон (Сосновый Байц), скарновые месторождения Курбинское и Балбагар.

2) Пегматиты гранитной магмы с мусковитом, флогопитом, редкими и рассеянными металлами (месторождения бассейнов рр. Мама, Алдан, а также Слюдянка и Бирюсинский район). Редкие земли, Zr, Ti, местами Ta и Nb, дают концентрации и в россыпях Анабарского массива, Алдана и Енисейского кряжа.

3) Месторождения золота, связанные с докембрийскими гранитоидами.

В. А. Обручев выделяет несколько типов золоторудных месторождений:

а. Золото-кварцевые неправильные жилы, связанные с архейскими гранитами; большей частью размыты, золото в россыпях.

б. Кварц-золото-сульфидные высокотемпературные четочные жилы нижнепротерозойского возраста (Советский рудник, Аяхтенское и др.),

в. Золотоносные высоко-среднетемпературные выдержанные кварцевые жилы с импреньяцией сульфидов в боковых породах (Воскресенский рудник в Западном Забайкалье).

г. Пиритизированные зоны (Бодайбо, месторождения гольца Высочайшего в Ленском районе, Южная Якутия, Енисейский кряж).

Золотоносность докембрия Сибирского щита интенсивна и в этом отношении он отличается от бедного золотом Русского щита.

Золото в докембрии Сибири связывается главным образом с кислыми гранитами протерозойского возраста, слабо представленными в пределах Фенно-Скандинавского и особенно Украинского массивов.

4) Кварц-молибденитовые жилы Забайкалья (Гутай) и Алдана (Турук).

В пределах Сибирской платформы, вдоль зон разломов меридионального и частью широтного простиранья, имеет

место внедрение герцинских и более молодых (вплоть до верхнекиммерийских, мелового возраста) интрузий основных и щелочных пород, с которыми связана интенсивная минерализация.

С интрузиями оливиновых диабазов и габбро-диабазов трапповой формации, имевшими место в верхнем палеозое, связаны крупные промышленные месторождения медно-никелевых руд с примесью Co, Pt, Pd (Норильск) и магнетитовых гидротермальных руд (Ангаро-Илимская группа).*

Характерны также жильные и вкрапленные (в карбонатных породах) свинцово-цинковые месторождения и месторождения исландского шпата, связанные с трапповой формацией; известны концентрации борнит-халькозиновых германий - и индийсодержащих руд, генетическая связь которых с определенными изверженными породами неясна.

С киммерийскими интрузиями ультраосновных щелочных пород Анабарского массива и северной окраины Сибирской платформы (Гулинская и Нале-Бор-уряхская интрузии) связаны карбонатитовые месторождения (Nb, Ti, рассеянные металлы), а в последние годы, в тесной связи с породами типа кимберлитов, открыты весьма крупные месторождения алмазов.

По данным В. С. Трофимова, алмазоносная провинция Сибири занимает обширную территорию между Енисеем и Леной, ограничиваясь на севере Таймырской и Анабарской депрессиями, а на юге — северными склонами Восточного Саяна.

Кимберлиты и промышленные россыпи известны пока только в северо-восточной части этой огромной территории, в бассейнах рр. Вилюй, Оленек и Муна (левый приток Лены).

* Месторождения, по Ю. Г. Старицкому, приурочены к тектоническим структурам различных порядков и сосредоточены главным образом по окраине Тунгусской синеклизы и в пределах Приенисейского прогиба. В пределах последнего контролирующими структурами второго порядка являются Хантайско-Рыбнинский и Курейско-Латнинский валы. На крыльях валообразных структур имеет место сгущение интрузий траппов и месторождений.

Интрузии Норильского района и к югу от него приурочены к зонам крупных разломов, которые ограничивают с запада и востока валообразные поднятия окраины платформы.

Надо отметить, что алмазы докембрийского возраста (неоднократно перемывавшиеся, окатанные, ромбодекаэдрического облика) рассеяны по всей алмазоносной территории, но промышленных концентраций в россыпях не дают, а коренной источник их остается неизвестным.

Мезозойские алмазы (октаэдрической формы) находятся только в северо-восточной части территории и тесно связаны с кимберлитовыми трубками. Последние сосредоточены в полосе ЮЮЗ—ССВ простирания параллельно СЗ борту Вилуйской впадины. Длина полосы более 1000 км, ширина от 30—35 км на юге до 200—250 км на севере. К настоящему времени установлены десятки кимберлитовых трубок с диаметром от 50 до 700 м, среди которых наиболее известны трубки Мир, Удачная, Сытыкан, Зарница, Надежная, Ленинград и др. Кимберлитовые трубки рвут отложения кембрия и ордовика и в ряде случаев содержат обломки траппов; возраст их точно не установлен—не древнее J_1 и может быть значительно моложе—меловой, по аналогии с Южной Африкой.

Трубки заполнены обломочным материалом, местами сцементированным ультраосновной магмой; в изверженном материале встречены: алмаз, ильменит, хром-диопсид, оливин и др. Содержание алмазов в 1 м^3 породы часто значительно превышает 1 карат (за рубежом промышленным считается содержание в 0,25—1 карат).

Промышленные россыпи, связанные с разрушением алмазоносных кимберлитовых трубок и тяготеющие к ним, развиты по рр. Вилуй, Ирелях, Марха и др., среди галечников. Содержание алмаза в россыпях колеблется от 0,01 до нескольких каратов на 1 м^3 . Средняя величина сибирских алмазов—0,07 карата (колеблется от 0,01 до 32,5), выход ювелирных—от 9 до 37,5%. Для сравнения интересно указать, что в Бельгийском Конго средний вес алмазов 0,08 карата, в Гане 0,04 карата, а выход ювелирных алмазов соответственно 2 и 17%.

В бассейне р. Алдан среди пород докембрия, но в тесной связи с киммерийскими щелочными интрузиями верхнего структурного яруса, известны крупные коренные ме-

сторождения золота (Лебединское, Аллахюн и др.), а в верховьях р. Витим—киммерийские гранит-порфиры с W-Mo и Sn оруденением.

В целом, для металлогении Сибирской платформы наиболее характерно золото, широко развиты пегматиты, известны метаморфогенные месторождения железа, месторождения Mo, а в связи с более поздними герцинскими и киммерийскими интрузиями—медно-никелевое (с Co, Pt, Pd) оруденение, карбонатиты, Au и алмазы.

Связь алмазов с „трубками взрыва“ несомненна. Наличие в трубках обломков эклогита и данные об изготовлении искусственных алмазов при давлениях в 50—100 тыс. атм. (F. P. Bundy and oth. Man-made diamonds. Nature, 1955, v. 176, № 4471) говорят о больших глубинах образования алмазов.

Металлогения Сибирской платформы имеет ряд общих черт с металлогенией Русской платформы, но такие особенности, как богатство золотом и алмазами, сближают Сибирскую платформу с Африканской и Бразильской.

3. Африкано-Аравийская платформа. Охватывает огромную территорию—целиком Африканский материк (за исключением северо-западной части его—Марокко, Алжира, Туниса, а также южной оконечности материка), почти весь Аравийский полуостров Азии и крупный остров Мадагаскар в Индийском океане.

Значительная часть платформы представлена древними породами—гнейсами, кристаллическими сланцами, рудоносными интрузивными массивами докембрия (в Южной Родезии возраст гранитов 2300—1900 млн. лет), перекрытыми на больших площадях осадочными толщами палеозоя, мезозоя и квартера.

Кристаллический фундамент разбит системой разломов, верхне-протерозойского и более молодого (вплоть до миоценового) возраста, вдоль которых имело место внедрение магматических масс и оруденение.

Минерализация Африкано-Аравийской платформы разнообразна и интенсивна; здесь представлены следующие типы месторождений:

1) Месторождения железистых кварцитов (в Свазиленде, Южной Родезии, Бечуаналенде, Трансваале) и метамор-

физованных оолитовых руд железа (последние только в верхах протерозоя в Трансваале).

2) Месторождения метаморфогенных руд марганца (Постмасбург в Южно-Африканском Союзе, Нсута в Гане и др.).

3) Месторождения золотоносных конгломератов протерозойского возраста (Витватерсранд, Гана); в конгломератах Витватерсранда, кроме Au (10 г/т), содержится также U (0,01%), немного осмистого иридия и алмазы. Все указанные полезные ископаемые извлекаются, при этом Au и U в огромных количествах (Au ежегодно в среднем 400 т, т. е. 40% мировой добычи капиталистических стран, U около 4000 т, почти 20% мировой добычи). Возраст первичных залежей, послуживших источником урана и золота в конгломератах, определяется в 2000 млн. лет.

4) Сегрегационные и гистеромагматические месторождения хромита, связанные с Бушвельдским лополитом и Великой дайкой ультраосновных пород (месторождение Селукве в Южной Родезии, месторождения Южно-Африканского Союза).

5) Гистеромагматические месторождения титаномангита среди основных пород Бушвельдского комплекса и Танганьики (крупное м-ние Лиганга).

6) Ликвационные месторождения медно-никелевых руд с платиной и палладием, среди основных пород Бушвельдского лополита (Рустенбург и др. м-ния горизонта Меренского в Южно-Африканском Союзе).

7) Золото-кварцевые высокотемпературные гидротермальные жилы, связанные с гранитоидами архея и протерозоя—широко развиты в Бельгийском Конго, Танганьике, Южной Родезии (рудник Гвело), Свазиленде, Кении, а также в Судане и Египте.

8) Медно-кобальтовые (халькопирит-линнеитовые) телермальные месторождения типа медистых песчаников в Кантанге (Бельгийском Конго) и Северной Родезии, а также крупное жильное месторождение Килембе в Уганде, генетически связанное с интрузией долерита. Масштаб этих месторождений огромный, они дают до 20% мировой выплавки меди,

до 80% кобальта. Руды этого типа содержат примесь Pb, Zn, Mo, Ni, Se, Au, Pt, Pd, Ge, местами также U. Возраст оруденения Катанги и Северной Родезии 600 млн. лет (верхний протерозой).

9) Урановые гидротермальные месторождения (ассоциация U-Co-Cu) Катанги, среди которых Шинколобве является крупнейшим в мире (ежегодная добыча 4—5 тыс. т урана). Возраст уранинита Шинколобве, согласно Холмсу, датируется верхним докембрием (585 млн. лет).

10) Пегматиты гранитной магмы с крупными скоплениями Ta и Nb, Li, Be, местами Sn, U, Th (в Нигерии, Намакваленде, Бельгийском Конго, Южной Родезии, Юго-Западной Африке, Южно-Африканском Союзе, Мадагаскаре, Мозамбике, Египте). С красными гранитами Бушвельдского комплекса связаны пневматолитовые м-ния Sn, W, Mo, Bi, As, а также гидротермальные месторождения Sb, Au, флюорита.

11) Свинцово-цинковые гидротермальные месторождения Брокен-Хилл (Северная Родезия), Тсумеб и Абенаб (Юго-Западная Африка), Мпанда (Танганьика). Месторождения связываются с архейскими аляскитами (Мпанда) или верхнепротерозойскими гранитами, а для некоторых из них (Тсумеб и Абенаб) предполагается киммерийский возраст.

Для руд месторождения Тсумеб характерна значительная роль меди (энаргита и теннантита) и германия.

С более молодыми киммерийскими и альпийскими магматическими породами связаны отдельные месторождения медно-никелевых сульфидных руд (Инсизва в связи с габбро-норитами в Восточном Грикваленде), меди (Мессина на р. Лимпопо в связи с авгитовым гранофиром), многочисленные и часто крупные месторождения карбонатитов состава ниобиевый пирохлор и перовскит, карбонаты редких земель, апатит, флюорит, магнетит (в Уганде, Кении, Танганьике, Ньясаленде, Родезии, Мозамбике, Трансваале, в связи с щелочными и основными породами), месторождения золота (в Аравии и на Мадагаскаре), свинца и цинка (в Египте) и, наконец, с кимберлитами Южной Африки связаны крупнейшие в мире месторождения алмазов.

Африканская платформа дает основную массу (более 95%) мировой добычи алмазов, в настоящее время главным образом из Бельгийского Конго, Южно-Африканского Союза, Ганы и Анголы. За все время (с 1878 г.) в Африке добыто более 300 млн. кар. (60 т) алмазов.

Выделяют четыре алмазоносные провинции:

Кимберлитовая провинция (Южно-Африканский Союз, Намакваленд, Юго-Западная Африка, Южная Родезия, Танганьика) с месторождениями алмазов, тесно связанными с трубками кимберлитов, возраст которых гелиевым методом определен в 51—58 млн. лет (граница сенона и нижнего эоцена).

Любिलाшская провинция (Бельгийское Конго, Ангола, Французская Экваториальная Африка) с окатанным алмазом в песчаниках и конгломератах триаса; первоисточником алмазов считаются породы докембрия.

Бирримская провинция (Гана, Либерия, Сиерра-Леона, Гвинея) с окатанным алмазом в конгломератах протерозоя.

Витватерсрандская провинция с отдельными зернами алмаза в золотоносных конгломератах Витватерсранда.

Наиболее продуктивны две первые провинции, им уступает третья, в то время как добыча в четвертой ничтожна.

Африка в целом дает ежегодно более 20 млн. кар. алмазов (4 т), главным образом из Бельгийского Конго (12,5 млн. кар.), Южно-Африканского Союза (около 3 млн. кар.), Ганы (более 2 млн. кар.), Анголы (до 1 млн. кар.), ЮЗ Африки (0,6 млн. кар.) и Сиерра-Леоны (0,5 млн. кар.).

Для металлогении Африкано-Аравийской платформы в целом наиболее характерно исключительное богатство золотом (50% зарубежной добычи), ураном (около 50% добычи), алмазами (95% мировой добычи); типичны очень крупные концентрации метаморфогенных руд железа и марганца, гидротермальных медно-кобальтовых руд (80% мировой выплавки кобальта и 20% меди), магматических руд хромита, титаномагнетита, медно-никелевых руд (с Pt, Pd), редкоземельных пегматитов и карбонатитов.

4. Индостанская платформа охватывает почти целиком территорию Индии (без Пакистана) и остров Цейлон.

Древнейшими породами Индии по D. N. Wadia (1944) являются архейские гнейсы Бенгалии и чарнокитовый комплекс Южной Индии; среди гнейсов Бенгалии известны месторождения пегматитов с мусковитом и бериллом, а с чарнокитовым комплексом связаны очень крупные концентрации Th, U, Ti, редких земель (главным образом в морских россыпях Траванкора).

Сравнительно более молодой (но тоже архейского возраста) является дарварская система, представленная сланцами, филлитами, вулканическими породами, кварцитами и мраморами, прорванными интрузиями гранитов. Эта система очень богата полезными ископаемыми, ей подчинены:

1) Метаморфогенные месторождения железных руд в Сингбуме и Майюрбандже с крупнейшими в мире богатыми гематитовыми рудами среди железистых кварцитов.

2) Метаморфогенные месторождения марганцевых руд очень крупного масштаба с рудами высокого качества (Нагпур, Балахат, Бандара и др.). По добыче марганцевых руд Индия занимает второе (после СССР) место в мире.

3) Пегматиты гранитной магмы с концентрациями U, Be, Ta и Nb, Li, Mo и мусковита (знаменитый Бихарский слюдяной пояс). Индия занимает первое место в мире по добыче слюды.

4) Золото-кварцевые высокотемпературные (с арсенопиритом, пирротином) жилы в Майсуре и Хайдарабаде, связанные с гранитами. Рудник Колар в Майсуре дает в среднем 10 т золота ежегодно (глубина рудника 3300 м).

5) Месторождения хромита, титаномагнетита, асбеста, талька (в Майсуре и Сингбуме), связанные с ультраосновными и основными интрузиями дарварского возраста.

Кроме того, известны сравнительно небольшие месторождения Cu, Co и Ni, Pb, Bi, также подчиненные дарварским породам.

Выше пород дарварской системы залегает толща Кудлапах (сланцы, кварциты, известняки, лавы, туфы, силлы основных пород), сходная с альгонком Северной Америки. Этой толще подчинены значительные месторождения барита и

асбеста, связанные с силами основных пород; в верхах толщи известны небольшие месторождения Pb, Cu, Co, Ni.

Породы системы Куддапах прорезаны дайками авгитовых андезитов или базальтов, которые рассматриваются как вероятный материнский источник алмазов, встреченных в вышележащих конгломератах и песчаниках Виндийской (верхи протерозоя или Pz_1 ?) системы. В знаменитых алмазных рудниках „Голконда“* (Мадрас) алмазы встречаются в пласте конгломерата с обильными гальками пород именно этих даек.

Следует отметить также значительные концентрации силлиманита, кианита и корунда (местами рубина и сапфира) в докембрии Кашмира. Из более молодых образований следует упомянуть аурипигментовые месторождения Читраля, которые предположительно связывают с мезозойскими интрузиями.

Для металлогении Индостанской платформы в особенности характерны огромные метаморфогенные месторождения Fe и Mn, редкометальные пегматиты и значительные месторождения золота и алмазов.

5. Кигайско-Корейская (Сино-Корейская) платформа. Охватывает почти целиком Маньчжурию, Северо-Восточный Китай, включая Шандунский п-ов, Корею и северную оконечность хребта Малый Хинган на территории СССР.

Детальных данных о металлогении этого региона в нашем распоряжении нет. Известно, что среди докембрийских образований залегают значительные по масштабу месторождения метаморфогенных руд железа (Кимкан в СССР, Аньшань, Люаньсянь и др. в Китае, Мусан в Корее); с гранитоидами докембрия генетически связаны многочисленные месторождения золота в Маньчжурии и Корее, а также пегматитовые месторождения и скопления монацита.

* Отсюда происходят широко известные крупные алмазы: Орлов (вынут из глаза статуи и приобретен для Екатерины II ее фаворитом Орловым), Эксельсиор (вес 9.1 кар.), Великий Могол (250 кар.), Куинпур или Гора Света (105 кар.) и др. В настоящее время добыча алмазов здесь ничтожна.

С молодыми киммерийскими гранитами, рвущими докембрий, в Корее связаны крупные месторождения вольфрама (Пхеньянская и Кэсонская группы вольфрамитовых месторождений, шеелитовое скарновое месторождение Сангдонг и др.).

6. Западно-Австралийская платформа. Примерно две трети территории Австралии, западная и центральная ее части, сложены, в основном, докембрийскими породами. Наиболее древняя архейская толща представлена кристаллическими сланцами, гнейсами, зеленокаменными породами, над которыми залегает толща протерозойского возраста (конгломераты, сланцы, филлиты, эффузивы кислого и основного состава). Широко развиты гранитоидные интрузии протерозойского и частью архейского возраста.

Докембрию подчинены следующие типы месторождений:

1) Метаморфогенные месторождения железа в Западной и Южной Австралии. Наиболее значительны месторождения округа Мурчисон (Уилги-Миа, Тэйлор, Маунт-Хале), островов Кукел и Кукату и месторождения Айрон-Ноб и Айрон-Монарк в Южной Австралии.

2) Месторождения золота в Западной Австралии (Калгурли, Кулгарди, Леонора, Вилюна, Пилбара), представленные золото-кварцевыми жилами иногда с теллуридами (Калгурли) и золотоносными конгломератами (район к югу от Пилбара).

3) Пегматитовые месторождения Западной и Северной Австралии с Ta-Nb, Be, Li, Cs (Пилбара).

4) Месторождения урана различного генетического типа: в пегматитах (Маунт-Пейнтер в районе Олари), в ассоциации с титанатами (Рэдиум-Хилл), в гидротермальных медных (Рам-Джангл) и полиметаллических (Маунт-Айза) рудах.

5) Полиметаллические (Брокен-Хилл) и некоторые медные месторождения. По данным П. Рамдора, Брокен-Хилл — близповерхностное гидротермальное месторождение Pb-Zn-Ag руд с обильными марганцовыми минералами, претерпевшее сильный метаморфизм с небольшим перемещением рудного вещества, но полным изменением состава руд (высокотемпературные марганцовые силикаты и др.). Возраст место-

рождения, определенный свинцово-изотопным методом—1100 млн. лет.

Следует также отметить концентрации в связи с гранитоидами циркона и монацита, а с основными породами—рутила, которые добываются из россыпей Квинсленда и Западной Австралии.

Интересны указания о единичных находках алмаза в докембрийской толще Западной Австралии. В целом для металлогении Австралии наиболее характерно богатство ураном и золотом и значительный масштаб месторождений редкометальных пегматитов и метаморфогенных месторождений железа.

7. Антарктида. Площадь материка свыше 10 млн. км², почти целиком представляет платформу. В большей восточной части Антарктиды широко развиты гнейсы, кристаллические сланцы и чарнокитовый комплекс гранитов, сиенитов, пегматитов; интенсивно проявлена гранитизация и мигматизация кристаллического комплекса, что сближает его с археем Индии, Южной Африки и Мадагаскара, Австралии.

С запада кристаллический комплекс обрамлен складчатыми зонами каледонского, а еще далее на запад—герцинского и киммерийского—альпийского возраста. В пределах каледонского (?) обрамления щита обнаружены крупные месторождения урана, а на западном побережье моря Росса открыты крупнейшие месторождения каменного угля (пермского ? возраста) и широко развиты дайки и силлы долеритов, излияния траппового типа суммарной мощностью до 1000 м вдоль мезозойских разломов.

Широко развиты также третичные и четвертичные базальты и туфы большой мощности; в значительной степени ими сложен вулкан Эребус, высотой 4023 м над уровнем моря.

Исходя из геологического строения Антарктиды, здесь можно ожидать нахождения месторождений, типичных для платформ: метаморфогенных месторождений железа и марганца, золота, урана, редкометальных пегматитов, ликвационных медно-никелевых, вероятно также алмазов.

8. Северо-Американская (Канадская) платформа занимает огромную территорию—почти всю Канаду (кроме за-

падной ее части), значительную часть США, Гренландии и островов американского сектора Арктики.

По данным Н. С. Соок'а (1947) и I. E. Gill'a (1948), достаточно четко выделяются толщи архейского и протерозойского возраста.

Серия Киватин архейского возраста складывается главным образом вулканическим материалом (основные эффузивы, их туфы и туфобрекчии), интенсивно метаморфизованным, с прослоями осадочных пород, в том числе железистых кварцитов (в районе Верхнего озера). Серия Тимискаминг (верхний архей) складывается, в основном, граувакками, аркозами и конгломератами. Обе серии—Киватин и Тимискаминг—интенсивно смяты и прорваны гранитами альгоманского возраста и более ранними основными интрузиями. В районе Верхнего озера известны и более древние Лаврентьевские граниты, рвущие серию Киватин, но перекрытые несогласно сериями Найф-Лайк (аналог серии Тимискаминг). Протерозойские отложения менее метаморфизованы и несогласно налегают на архейский комплекс.

Ранний протерозой (гурон) сложен кварцитами (в том числе железистыми), глинистыми сланцами, доломитами, граувакками и аркозами.

Поздний протерозой—серия Кивино состоит из песчаников, конгломератов, вулканических пород основного состава. С изверженной деятельностью периода Кивино связаны крупные пластовые интрузии основной магмы Сёдбери и Дулут, а также диабазовый силл Ниписсинг.

Граниты килларнейского возраста интродуцируют серию гурон и, местами, нижнюю часть серии Кивино.

Золото-кварцевые жилы восточного Онтария связаны с альгоманскими гранитами, а медно-никелевые месторождения Сёдбери, руды Кобальта и медные руды Мичигана связываются с основными породами периода Кивино. Месторождения урана различного возраста (от архея до верхнего протерозоя).

В провинции Гренвилл породы интенсивно метаморфизованы, прорваны интрузиями анортозитов и габбро, сиенитов, гранитов, главным образом архейского возраста. С маг-

матизмом провинции Гренвилл связаны магнетитовые руды в гранито-гнейсах и скарнах, титаномагнетитовые месторождения в анортозитах и скарновые месторождения цинка.

Ф. S. Турнеауг'ом выделяются в пределах докембрийского щита Северной Америки следующие рудные провинции.

Провинция Кёркланд-Лейк—Кадиллак. Месторождения золота и колчеданных руд локализируются вдоль крупного сброса и имеют альгоманский или более молодой (колчеданные руды?) возраст.

Золоторудная провинция Поркьюпайн. Золоторудные месторождения тесно связаны с малыми интрузиями кварцевых порфиров и альбититов—дериватов альгоманских гранитов.

Медно-никелево-серебряная провинция Кивиноуна. Месторождения Cu-Ni сульфидных руд Сёдбери, Co-Ag Кобальт и Cu (с примесью Ni и Ag) Мичиган связаны пространственно с основными изверженными породами кивиноуского возраста.

Железная провинция Верхнего озера. Метаморфогенные месторождения главным образом верхне- и среднегуронского, частью архейского возраста.

Металлогения Северо-Американской платформы представлена многообразным и часто интенсивно проявленным оруденением; выделяются следующие типы месторождений:

1) Метаморфогенные месторождения железа, широко развитые в районе Верхнего озера в США и Канаде, где они подчинены железистым кварцитам серии киватин (кряж Вермильон) и, главным образом, толщам среднего и верхнего гурона (кряжи Месаби, Куйюна, Маркет и Миномини). По добыче железных руд этот район до сих пор занимает первое место в мире, но богатые руды в значительной мере здесь уже выработаны.

Крупные месторождения этого же типа открыты в Нью-Фаундлендском Лабрадоре.

2) Метаморфогенные месторождения ураноносных (U в среднем 0,1%) и одновременно слабо золотоносных (1г/т) конгломератов района озера Гурон в Канаде (месторождение Блайнд-Ривер и др.). Масштаб оруденения огромный, и в

ближайшие годы добыча должна достигнуть 9—10 тыс. *т* U в год (примерно 40% мировой зарубежной добычи)*.

3) Колчеданные месторождения, залегающие среди эффузивных толщ гурона и генетически вероятно связанные с корнями их (по другой точке зрения оруденение связано с более молодыми гранитоидами). К этому типу относятся крупные месторождения Канады—Флин-Флон (медное), Шеррит-Гордон (медно-цинковое), Норанда (медное с примесью Au) и др.

4) Ликвационные медно-никелевые месторождения района Сёдбери, генетически связанные с габбро-норитами, внедрившимися в верхнем гуроне. Месторождения этого района дают огромные количества никеля (80% зарубежной выплавки), попутно также значительные количества Cu, Pt, Pd.

К этому же типу относится месторождение района озера Линн (также в Канаде, в провинции Манитоба).

5) Месторождения урана в пятиэлементной ассоциации (Co-Ni-Bi-Ag-U) в районе Большого Медвежьего озера и в ассоциации U-Fe (гематит) в месторождениях Гуннар и Эйс (район озер Атабаска и Биверлодж). Возраст отдельных месторождений от 600—650 до 1800 млн. лет, генетически они связаны с гранитоидами. Масштаб месторождений крупный, они дают ежегодно 2 тыс. *т* урана (примерно 10% мировой добычи).

6) Месторождения золота—кварцевые и кварцево-сульфидные высоко- и среднетемпературные гидротермальные, генетически связаны с гранитоидами архея и альгонка (возраст месторождений от 2000 млн. лет и моложе).

Среди крупных золоторудных месторождений следует назвать Поркьюпайн, Иеллоунайф, месторождения районов Кирклэнд-Лейк и Большого Невольничьего озера в Канаде, а также месторождение Хомстейк (США, Южная Дакота) и Au-Cu месторождения штатов Уайоминг и Калифорния.

* В 1957 году намечалось довести мощность обогатительных фабрик до 15—20 тыс. *т* руды в сутки, что обеспечивает получение в год около 5 тыс. *т* урана.

Продуктивность этих месторождений (особенно канадских) весьма значительна—они дают ежегодно до 200 т. золота, примерно 20% зарубежной добычи этого металла.

7) Титаномагнетитовые месторождения, связанные с габбро и анортозитами архея и альгоманского возраста. К ним относятся очень крупные месторождения Аллард-Лэйк, Лак-Тио и Сент-Урбен в Канаде, а также Адирондак в США.

8) Месторождения хромита, связанные с гипербазитами и представленные крупными концентрациями бедных вкрапленных руд (Стиллуотер в штате Монтана и др.).

9) Месторождения редкометальных пегматитов с концентрациями минералов Li, Ta-Nb, Be, Sn, Mo, U. Значительные поля пегматитов известны в Канаде, в районе к северу от Большого Невольничьего озера, также в провинциях Квебек и Манитоба в США (штат Дакота), в Гренландии (Ивигтут и др.).

10) Скарновые месторождения марганцово-цинковых (Франклин-Фёрнас в штате Нью-Йорк) и медных (Джером в штате Аризона) руд, в контактовых зонах умеренно-кислых гранитоидов.

11) Серебро-никель-кобальтовые гидротермальные месторождения, связанные с основными интрузиями (Кобальт и Саус-Лоррэн в Канаде).

12) Месторождения гипогенной самородной меди с цеолитами в агломератах и мелафирах (связаны, вероятно, с основной магмой) в районе Верхнего озера (Мичиган в США).

В пределах Северо-Американской платформы (плато Колорадо и Арканзас в США) известно проявление очень молодой верхнекиммерийской или альпийской минерализации, связанной с внедрением лакколлитов и даек кислых, щелочных и основных-ультраосновных пород.

С этими молодыми изверженными породами связано, вероятно*, телетермальное очень интенсивное свинцово-цин-

* Имеется точка зрения о верхнепалеозойском возрасте минерализации.

ковое, флюоритовое и баритовое оруденение в бассейнах рр. Миссури и Миссисипи (Тристейт, Юго-Восточный Миссури, Иллинойс и др.), а также урановое оруденение штатов Юта и Колорадо*, представленное в верхних горизонтах карнотитовыми рудами, а на глубине первичными—урановой смолкой с сульфидами меди, пиритом, сфалеритом, молибденитом, селенидами Cu, Ag и Pb (клаусталит и др.), местами флюоритом, баритом, гематитом, арсенидами и сульфидами Co, ванадиевыми слюдами.

Возраст первичного оруденения определен ураново-свинцовым методом в 55 млн. лет, независимо от возраста (от Р до Сг) вмещающих оруденение пород.

С гипербазитовыми дайками штата Арканзас, время внедрения которых определяется границей нижнего и верхнего мела, связаны небольшие коренные месторождения алмазов (трубка Пайк и др.), а со щелочными породами—жилы карбонатитов (месторождение Магнет Ков в Арканзасе).

Среди выступа докембрия, в штате Калифорния, в районе Сан-Бернардино, внутри сиенит-шонкинитового тела, рвущего докембрий, открыто крупнейшее месторождение редких земель карбонатитового типа. Штокообразное тело карбонатита имеет в длину 720 м при мощности 210 м. Руда состоит в основном из карбонатов Ca, Mg, Fe, с примесью карбонатов редких земель (бастнезит, паризит), монацита, церита, слюд, сульфидов. Сумма Ce+TR в рудах 5—15 до 40%, возраст, определенный по монациту, 700—1100 млн. лет.

Таким образом, для металлогении Северо-Американской (Канадской) платформы наиболее типичны метаморфогенные месторождения железа, ликвационные месторождения медно-никелевых руд, крупные концентрации урана (в конгломератах и гидротермальных рудах), золота (гидротермальные месторождения, частью в конгломератах с U), кол-

* Вопрос об условиях образования урановых месторождений штатов Юта и Колорадо окончательно не выяснен; наряду с гидротермальной теорией генезиса высказаны сингенетическая (осадочная) и инфильтрационная.

чеданных руд, титаномagnetита, редкометалльных пегматитов, карбонатитов.

Обращает на себя внимание бедность алмазами.

Наиболее характерные металлы—Fe, U, Au, Ni, Cu, Pt, Pd, Ti, и в этом отношении Канадская платформа по характеру металлогении наиболее близка к Африкано-Аравийской, Индостанской, Бразильской, имея много общих черт также с Русской, Сибирской и другими платформами.

9. Южно-Американская (Бразильская) платформа охватывает целиком Бразилию, Гвиану, Парагвай и Уругвай, значительные части Аргентины, Боливии, Колумбии и Венесуэлы. Широко развиты архейские граниты и гнейсы и более молодые кварциты, сланцы, мраморы.

Месторождения представлены следующими типами:

1) Метаморфогенные месторождения железных руд, огромные по масштабу в Бразилии (Итабира в штате Минас-Гераес), крупные в Венесуэле (Серро-де-Боливарес и Эль-Пао) и в Гвиане.

2) Метаморфогенные месторождения марганца (Морру-ди-Мина в Бразилии).

3) Золото-кварцевые жилы Морро-Вельо и Пассагем в Бразилии, ряд месторождений в Венесуэле, Гвиане и Колумбии.

4) Редкометалльные пегматиты с Ta-Nb, Be, Li, Zr, U, Th, особенно широко развитые в северо-восточных штатах Бразилии.

5) Месторождения урана—гидротермальные и типа золотоносных конгломератов с примесью урана (в штате Баяя возле г. Жакобина в конгломератах протерозоя).

Характерны также платина в россыпях Колумбии и Бразилии (вместе с золотом и алмазом), цирконий в бадделеитовых рудах плато Покос-де-Кальдас в Бразилии (в связи с нефелиновыми сиенитами), монацит в морских россыпях, отдельные месторождения карбонатитов, хромита, титаномagnetита. Следует отметить, что после Африканской платформы на втором месте в мире по добыче алмазов стоит Южно-Американская (до 3—4% мировой добычи в Бразилии, Гвиане, Венесуэле). Алмазы добываются из конгломератов

докембрийского возраста и аллювиальных россыпей (в 1939 г. в Бразилии найден алмаз весом 724 кар. названный именем президента Варгаса). В районе Днамантина были найдены красивейшие алмазы мира—Южная Звезда (254 кар.) и Дрезден (119,5 кар.).

За 200 с лишним лет добычи (с 1730 г.) в Южной Америке добыто более 22 млн. кар. алмазов, главным образом в Бразилии, в штатах Минас-Гераес и Байя. Источником алмазов являются докембрийские интрузивы основного состава и, возможно, мезозойские (?) породы, сходные с кимберлитами. Коренных месторождений не найдено, ежегодная добыча из россыпей составляет 250 тыс. кар. (50 кг).

Металлогения Южно-Американской платформы характеризуется крупными метаморфогенными месторождениями Fe и Mn, очень широким развитием редкометальных пегматитов, значительной ролью золота, урана и алмазов. По общему характеру металлогении Южно-Американская платформа наиболее близка к Индостанской и Африкано-Аравийской.

ОСНОВНЫЕ ЧЕРТЫ МЕТАЛЛОГЕНИЙ ПЛАТФОРМ

Обобщая фактический материал по металлогении всех рассмотренных платформ, следует подчеркнуть общность характера минерализации во всех структурах этого типа, общность, которая сохраняет свои основные особенности, несмотря на специфику металлогении отдельных платформ и иногда существенные отличия, связанные с различной интенсивностью проявления разновозрастных магматических комплексов и, в связи с этим, резко различным количественным развитием некоторых типов месторождений.

Можно подчеркнуть типичность и интенсивное почти повсеместно развитие метаморфогенных месторождений железа и марганца, золотоносных и ураноносных конгломератов, редкометальных и слюдоносных пегматитов, сульфидных медно-никелевых месторождений, золото-кварцевых жил, гидротермальных месторождений урана, титаномангнетитовых месторождений, карбонатитов и алмазов; на отдельных платформах интенсивно развиты также колчедан-

Тектоно-магматические комплексы	Типы месторождений	Примеры месторождений и рудных районов	Промышленное значение
1. Мощные толщи осадочных и эффузивных метаморфизованных пород (сланцы, кварциты, зеленокаменные породы) архея и протерозоя	Метаморфогенные м-ния Fe и Mn	Fe: Кривой Рог, КМА, Сингбум, Верхнее озеро, Итабира. Mn: Постмасбург, Нсута, Нагпур, Морро-да-Минас	60% мировой добычи железных руд 30% добычи марганцевых руд
2. Мощные толщи метаморфизованных конгломератов архея и протерозоя	Метаморфогенные м-ния Au и U	Витватерсранд, Гана, Блайнд-Ривер, Жакобина	Около 50% мировой добычи золота, около 60% мировой добычи урана
3. Вулканогенные толщи, сильно метаморфизованные в лептиты и др.	Колчеданные м-ния Cu, Zn, Pb, пирита (с примесью As, Co, Ni, Ag, Au, Te, Se и др.)	Парандово, Оутокумпо, Болиден, Флин-Флон, Шеррит-Гордон, Норанда	Значительная добыча меди, цинка, мышьяка и др.
4. Гранитоиды, внедрявшиеся в несколько фаз, в период консолидации щита (возраст архей—верхний протерозой)	а) Пегматиты редкометалльные (с Ta-Nb, Be, Li, U, Th, TR), с мусковитом, флогопитом	Пегматитовые поля Фенно-Скандинавского массива, Нигерии, ЮЗ Африки, СВ Бразилии, Канады, Индии, Зап. Австралии	Подавляющая часть мировой добычи Ta-Nb, Be, Li, мусковита, флогопита
	б) Скарновые м-ния Fe, Mn, Zn, Cu, W, Sn	Арендаль (Fe), Лонгбан (Mn), Сала, Франклин-Фёрнес (Zn), Джером (Cu), Иссио (W), Питкьянта (Sn)	Небольшая доля мировой добычи Fe, Mn, Zn, Cu, W, Sn
	в) Кварцевые жилы с Au и сульфидами	Советский рудник, Гвело, Колар, Кальгурли, Хомстейк, Поркьюпайн, Иеллоунайф, Морро-Вельо	До 20% зарубежной добычи золота
	г) Кварцевые жилы с Sn, W, Mo, Pb-Zn оруденением	Матасвара, Кнабен, м-ния Нигерии, Бельг. Конго, района Б. Невольничьего озера, Брокен-Хилл (Австралия)	Примерно 10% мировой добычи Sn, Mo, Pb и Zn, немного W
	д) М-ния U, Co-Ni-Bi-Ag-U, Cu-Co-U, полим.-U, гематит-U	Б. Медвежье озеро, Катанга (Шинколобве и др.), Гуннар, Эйс, Рам-Джангл, Маунт-Айза	Около 30% мировой добычи урана, 80% добычи Co, 20% Cu
5. Основные-ультраосновные породы, внедрявшиеся в несколько фаз, главным образом по разломам (возраст архей—мезозой)	а) Хромитовый (местами с Pt)	Селукве, Бушвельд	Около 30% мировой добыча хромита
	б) Титаномагнетитовый (с V)	Велимэки, Пудожгорское, Таберг, Лиганга, Адирондейк, Лак-Тно, Аллард-Лэйк	Значительная добыча Fe, Ti, V
	в) Медно-никелевый сульфидный (с Co, Pt, Pd)	Мончегорск, Печенга, Норильск, м-ния горизонта Меренского (Рустенбург), Сёдбери, Линн	90% зарубежной выплавки Ni, больше 50% добычи Pt и Pd
	г) Co-Ni-Ag жилы	Кобальт, Саус-Лоррэн	Значительная добыча Ag и Co
	д) Cu-цеолитовый	Мичиган	Значительная добыча Cu
	а) Магматические месторождения магнетита (с апатитом) и апатита	Кируна, Гелливар, Хибинны	Значительная добыча Fe, подавляющая часть мировой добычи апатита
	б) Магматические м-ния допарита	Ловозеро	Значительная добыча Nb
	в) М-ния карбонатитов	М-ния Фенно-Скандинавского массива, Сибирской, Африканской, Канадской, Бразильской платформ	Значительная добыча Nb и редких земель
	г) М-ния полиметаллических руд, урана, золота, ртути	Садон, Мпанда, Тсумеб, м-ния Египта, ЮВ Миссури, и Тристейт (Pb-Zn), Юта и Колорадо? (U), Алдан, Аравия, Мадагаскар (Au), Никитовка (Hg)	Значительная добыча Pb, Zn, U, Au, Hg
	д) М-ния алмазов (частью связаны с докембрийскими гипербазитами, частью с кимберлитами мезокайнозойского возраста)	М-ния Сибирской, Африканской, Индостанской, Бразильской платформ	Почти вся мировая добыча алмазов

Таблица 3

Интенсивность проявления главнейших типов месторождений в пределах отдельных платформ

Типы платформ (и щиты)	Русская	Сибирская	Африкано-Аравийская	Индостанская	Сино-Корейская	Западно-Австралийская	С.-Американская (Канадская)	Ю.-Американская (Бразильская)
Метаморфогенный типа Fe-кварцитов								
Метаморфогенный типа Мп-гондитов и др								
Метаморфогенные конгломераты с Au и U (часто с алмазами)								
Колчеданный								
Редкометалльные и слюдоносные пегматиты (с Ta-Nb, Be, Li, Th, U, TR, Zr)								
Золото-кварцевый								
Кварц-касситеритовый, вольфрамитовый, молибденитовый								
Урановый (гидротермальный)								
Хромитовый								
Титаномagnetитовый								
Медно-никелевый								
Апатитовый и апатит-магнетитовый								
Карбонатитовый								
Алмазы								

ные, кварц-касситеритовые и молибденитовые, апатитовые и апатит-магнетитовые, а также хромитовые месторождения.

Многие из указанных типов, как убедимся далее, развиты исключительно или преимущественно в пределах платформ, отсутствуя совершенно или будучи слабо развиты в складчатых подвижных зонах.

Несомненно, металлогения платформ тесно связана и обусловлена всей историей геологического развития этого типа структур земной коры, формируясь в генетической и пространственной связи с тектоно-магматическими и литологическими комплексами, закономерно сменяющими друг друга в ходе формирования платформы и наложения на нее последующих процессов.

В приложенных таблицах 2 и 3 дается общая схема развития металлогении платформ и показана интенсивность проявления главнейших типов месторождений в пределах отдельных платформ.

Б. МЕТАЛЛОГЕНИЯ СКЛАДЧАТЫХ ПОДВИЖНЫХ ЗОН

Металлогения складчатых зон каледонского возраста и наложение каледонской металлогении на платформы

На территории Советского Союза интенсивное проявление каледонского магматизма и металлогении устанавливается в северо-восточной части Казахстана, в Кузнецком Алатау, Салаире, Алтае, Восточном Саяне, Минусинской котловине, Тувинской АССР, а также на Урале.

Проявление каледонской складчатости, магматизма и металлогении отмечается на Северном Кавказе, в северных цепях Средней Азии и в Верхоянском хребте. Каледонский магматизм проявился также на Кольском полуострове, в пределах Фенно-Скандинавского массива, где с основными интрузиями этого возраста связаны крупные медно-никелевые сульфидные месторождения.

За пределами Советского Союза каледонские движения,

магматизм и металлогения установлены в следующих областях: Норвегия, восточная и северная части Гренландии, Квебек (Канада), восточные штаты США, Анды (в Боливии и Аргентине), Новый Южный Уэльс, Виктория и Тасмания. Менее уверенно относят к каледонскому возрасту некоторые структуры и месторождения центральной зоны Балкан, Кам-юньанской области Китая (провинции Сикан и частью Юньнань) и северной Бирмы.

Краткие данные о магматизме и металлогении каледонской эпохи ($Cm-D_1$ и D_2) в пределах отдельных районов приводятся ниже.

а. Каледонская металлогения территории СССР

Северо-восток Центрального Казахстана (по данным Р. А. Борукаева и др.). Спилито-кератофировая толща кембрия прорвана интрузиями габбро, граносиенитов, сиенитов, плагиоклазовых гранит-порфиров, гранодиорит-порфиров салаирской фазы. С магматизмом этого периода связано крупное Бошекульское месторождение медно-молибденовых вкрапленных руд, колчеданные полиметаллические и золото-барито-полиметаллические месторождения (Майкаин и др.), а также медно-турмалиновые месторождения с примесью в рудах Sn, Mo, Au (Одак и др.).

Позднее имело место образование мощной толщи эффузивов основного и кислого состава (возраст $Cm_3 + S_1$) и внедрение малых субвулканических интрузий диабазов и диоритовых порфиритов, комагматичных с эффузивами; минерализация представлена каледонскими золото-полиметаллическими месторождениями (Торткудук, Джангабул и др.), мелкими прожилково-вкрапленными медными и медно-цеолитовыми (последние в амигдалоидных лавах основного состава) месторождениями.

К поздней фазе каледонской складчатости относят эффузивы и малые гранитоидные интрузии, с которыми связаны перспективные месторождения прожилково-вкрапленных медных руд (Приэкибастузская группа).

С позднекаледонскими гранитами связаны зоны альби-

тизации с промышленной концентрацией ниобия в ассоциации с W, Sn, Zr (Лосевское месторождение).

Геологи Н. Г. Кассин, Ю. А. Билибин и другие с малыми интрузиями диоритов каледонского возраста (S_2-D_1) связывают золоторудные поля Степняка.

В целом для каледонской металлогении северо-востока Казахстана характерны крупные промышленные концентрации Cu, Mo, Au, Pb и Zn, барита.

Кузнецкий Алатау, Горная Шория и Салаир (по данным М. А. Усова, К. В. Радугина и др.). Вулканогенно-осадочная толща кембро-силура прорвана небольшими интрузивами гранитоидов (граниты, кварцевые сиениты, граносиенит-порфиры) Тельбесского комплекса (возраст средний девон) в Кузнецком Алатау и более древними гранитоидами и кварцевыми альбитофирами (кембрий—верхний силур) в Салаире и Горной Шории. С гранитоидами связаны скарновые магнетитовые месторождения (с примесью Co и Ni, а также As, Cu, Mo) Кузнецкого Алатау и Горной Шории—Тельбес, Темир-тау, Шерегеш и др., полиметаллические и золото-полиметаллические месторождения Салаира, золоторудные (с наложенной Co-Ni минерализацией) месторождения Кузнецкого Алатау—рудники Центральный, Беркульский, Саралинский, Коммунар и др.

К каледонской металлогении относится также медно-турмалиновое (с Au, Mo, As) месторождение Чувак, титаномагнетитовое (с примесью V) месторождение в Патынском массиве габбро-сиенитов Горной Шории, а также проявления асбеста, хромита, осмистого иридия в связи с гипербазитами*.

Характерные для каледонской металлогении этих областей Западной Сибири металлы: Au, Pb и Zn, Fe (также Co, Ni, Mo, Ti).

Алтай (по А. И. Семенову, Б. С. Левонику и др.). В пределах Рудного Алтая широко развита мощная толща спилитов, кератофиров, их туфов и туфобрекчий, сланцев, песчаников и известняков D_1-D_2 . С эффузивами этой толщи

* По В. А. Обручеву в Марининской тайге по р. Кундустую в россыпях иногда встречается платина в самородках весом до 200 г.

тесно связаны интрузивные субвулканические порфиры, которые имеют штоковую или силловую формы и принимают участие в строении девонских вулканических аппаратов. Колчеданные полиметаллические (с примесью Au и Ag) месторождения Алтая—Лениногорское, Зыряновское, Змеиногорское и др.—парагенетически связываются со штоко-силловой субвулканической фацией альбитовых порфиров девонского возраста.

Однако большинство исследователей Алтая не согласны с такой трактовкой и считает металлогению Алтая герцинской.

Восточный Саян и Минусинская котловина. Здесь широко развита мощная эффузивная толща кембрия и силура (пофириты, кератофиры, диабазы), прорванная каледонскими габбро-пироксенитами и гранодиоритами. С габбро-пироксенитами связаны небольшие месторождения асбеста и платиноидов, с гранодиоритами—скарновые месторождения железа (Абаканское, Ирбинское), меди (рудники Юлия, Глафиринский), а также месторождения золота, молибдена, висмута.

Тувинская АССР. Территория Тувы в значительной мере представляет продолжение Саянской структуры с развитием эффузивно-осадочной толщи кембрия—силура, прорванной каледонскими гипербазитами (приурочены к глубинному Саяно-Тувинскому разлому) и умеренно-кислыми гранитоидами (последние частью, может быть, раннегерцинские).

Основная особенность металлогении Тувинской АССР—интенсивное Co-Ni оруденение (Ховахсы и др.), наличие Cu-Co и Ag-Ni месторождений, связанных генетически частью с гранитоидами, частью с основными интрузиями.

Урал (по А. Н. Заварицкому, В. М. Сергневскому и др.). Каледонскими по возрасту являются: эффузивная спилит-кератофировая формация S_2-D_1 восточного склона Урала, габбро-перидотитовая платиноносная формация Северного и Среднего Урала, часть умеренно-кислых гранитоидов (плагииграниты, кварцевые диориты, гранодиориты, сиениты) и габбро.

Здесь развиты следующие типы месторождений:

1) Колчеданные месторождения меди (с примесью Zn, Pb, Au, Ag) и барита среди эффузивно-осадочной толщи S_2-D_1 в генетической связи с кварцевыми альбитофирами, которые по В. М. Сергиевскому комагматичны плагиогранитам. Возраст колчеданного оруденения доэйфельский*.

Примеры месторождений: Калата, Карпушиха, Дегтярка на Среднем Урале и Бява, Сибай, Учалы, Гай на Южном Урале. Промышленное значение этого типа крупное, он дает 50% выплавки меди Советского Союза.

2) Месторождения платины в ассоциации с хромитом и осмистым иридием среди дунитов—ультраосновных дифференциатов габбро-перидотитовой магмы, внедрившейся в среднем девоне. Типичным примером месторождений является Нижне-Тагильское. Промышленная роль для платины весьма крупная.

3) Месторождения титаномагнетита иногда с примесью палладистой платины (гора Качканар и Гусевы горы среди пироксенитов) или меди (Волковское среди габбро).

4) Скарновые месторождения железа (гг. Благодать, Высокая и Покровское) и меди (Турьинские рудники, Гумешевский рудник) с примесью в рудах Со. Месторождения связаны с гранитоидами D_2 .

5) Отдельные месторождения молибдена (на Полярном Урале по р. Харбей), вкрапленных Cu-Mo руд (Вознесенское), Cu-Co руд (Пышминско-Ключевское), Sn-Bi руд (Торговское), не имеющие большого практического значения.

6) Месторождения золота Учалинской формации (связаны с дайками диоритов и сиенитов S_2 , имеющих общие корни с эффузивами, вмещающими колчеданное оруденение) и Миасской формации (связаны с малыми гранитоидными интрузиями девонского возраста).

Кроме указанных типов месторождений, возможно с каледонскими же (или раннегерцинскими?) гранитоидами

* По данным П. В. Лазарева и И. В. Ленных, возраст большей части колчеданных месторождений— S_2 ; месторождения Сибай, Учалы и Гай более молодого— D_1 возраста, а месторождение имени XIX партсъезда— D_2 возраста.

следует связывать очень крупные магнетитовые месторождения Кустанайской области СЗ Казахстана (Сарбай, Соколовское и др. с наложенной на магнетитовые руды Со минерализацией), а с каледонскими гипербазитами—некоторые крупные хромитовые месторождения Северного Урала (Сарана?).

Северный Кавказ. К каледонскому (или герцинскому?) циклу относятся гранитоиды, габбро и гипербазиты бассейнов рр. Лаба, Белая и Кубань. С этими интрузиями генетически связаны небольшие месторождения золота, меди и полиметаллических руд, никеля, висмута, асбеста.

Недавно открытые крупные колчеданные (медные) месторождения Уруп и др., залегающие среди эффузивов среднедевонского возраста и по типу сходные с уральскими колчеданными, также относятся к каледонскому металлогеническому циклу.

Возможно каледонским (или раннегерцинским?) является также Дзирульский массив в Закавказье, с которым связаны проявления тантало-колумбита, берилла, молибдена, касситерита, шеелита и ортита в пегматитах.

Северные цепи Средней Азии. Каледонская металлогения представлена слабо, небольшими месторождениями полиметаллических руд и золота (в кварц-турмалиновых жилах), а также пегматитами и кварцевыми жилами с Sn, W, Mo минерализацией, отдельными скарновыми месторождениями Fe, W, Cu.

Верхоянский хребет. Интрузии габбро-диабазов с титаномagnetитовым оруденением относят к каледонской эпохе.

В целом для каледонской металлогении территории Советского Союза наиболее характерны колчеданные медные и полиметаллические месторождения (Урал, Рудный Алтай(?), Салаир, Северный Кавказ, Северо-Восточный Казахстан), месторождения золота (Северо-Восточный Казахстан, Кузнецкий Алатау, Урал и др.), платины (Урал), кобальта (Тувинская АССР, Урал), а также скарновые месторождения железа и меди, вкрапленные медно-молибденовые и титаномagnetитовые месторождения.

Типичные металлы: Cu, Pb, Zn, Au, Pt, Co, Fe (Mo, Ti).

На Кольском полуострове с внедрением в породы докембрия каледонских габбро и перидотитов связаны крупные ликвационные месторождения сульфидных Cu-Ni руд (с примесью Co, Pt, Pd).

6. Каледонская металлогения зарубежных стран

Норвегия. Каледонская складчатая структура протягивается вдоль Норвежского моря, окаймляя с запада и северо-запада Фенно-Скандинавский докембрийский массив. С интрузиями габбро, пироксенитов-перидотитов и гранитоидов каледонского цикла связаны многочисленные и часто довольно крупные месторождения. Среди них заслуживают упоминания колчеданные (пирит-пирротин-халькопиритовые) месторождения Сулительма, Ророс, Локкен, залегающие среди сланцев или эффузивов нижнего палеозоя, месторождения кобальта Скуттеруд и Снарум, серебра Конгсберг, связанные, по-видимому, с интрузиями габбро.

С каледонскими гранитами связаны медно-молибденовые месторождения с примесью в рудах Bi, Au, Ag (Омдаль в Южной Норвегии), а с основными и ультраосновными интрузиями—небольшие месторождения хромита и, вероятно, часть медно-никелевых сульфидных месторождений.

Канада. Каледонская металлогения проявилась в восточных провинциях страны—Квебеке и Новой Шотландии. С основными и ультраосновными интрузиями каледонского цикла связаны крупнейшие месторождения асбеста и сравнительно небольшие месторождения хромита (в Квебеке), а с гранитами девонского возраста генетически связываются седловидные золото-кварцевые жилы Южного Квебека и Новой Шотландии (Гольденвилль, Голд-Ривер и др.). По-видимому этого же возраста полиметаллические месторождения восточных провинций Канады и Нью-Фаундленда (крупное месторождение Бьюченс), а также района Батурст, Нью-Брансуик.

США. На территории восточных штатов (Алабама, Мэриленд, Новая Англия) известны сравнительно небольшие

месторождения золота, связанные, по В. Линдгрену, с каледонскими гранитоидами.

Боливия и Аргентина. Месторождения золота в Андах (Боливия) и в Пампассах (Аргентина) частично связаны генетически с девонскими гранитоидами.

Австралия (Новый Южный Уэльс, Виктория, Тасмания). С каледонскими (девонскими) гранитами связаны богатые месторождения золота Нового Южного Уэльса и Виктории—Бендиго, Балларат и др.

С каледонскими же гранитоидами связаны оловянно-вольфрамовые месторождения Тасмании (Авока), а также месторождения меди, полиметаллов и золота в районе Маунт-Лайелл (Тасмания).

Юго-Западный Китай и Северная Бирма. Хуан-Бо-цинъ (1952) выделяет в ЮЗ Китае обособленную металлогеническую область Кам-юньнаньской оси, охватывающую восточную часть провинции Сикан и центральную и северо-восточную части провинции Юньнань. Складчатые структуры разного возраста прорваны интрузиями ультраосновного, основного и умеренно-кислого состава, возраст которых охватывает широкий интервал от архея до перми включительно. Некоторая часть этих интрузий (особенно основные и ультраосновные породы) отнесена к каледонскому циклу, другая, большая часть—к герцинскому.

По-видимому с каледонскими перидотитами и габбро связаны месторождения титаномагнетитовых руд, Ni, Co, Cu (последняя связана частью с эффузивами); с более молодыми, главным образом герцинскими гранитоидами, связаны месторождения золота, свинца и цинка, серебра.

Металлогения этой области изучена пока слабо, по общему своему характеру она очень близка к металлогении Урала, и здесь, очевидно, можно ожидать широкого развития уральских типов месторождений (в частности платины, колчеданных руд меди, золота и др.).

Согласно данным С. Y. Hsieh (1956) в Северном Китае, в провинции Ганьсу, среди вулканогенно-осадочной толщи S—D открыты месторождения медистого пирита Чайхлиэншан и Титцейен, а также эксгаляционно-осадочные месторождения

марганца и гематита (последние по типу аналогичны Лан-Дильскому в Германии).

В приграничной с Китаем северной части Бирмы (княжество Шан) можно ожидать продолжение этого типа минерализации; здесь среди риолитов ордовичского возраста известно крупное месторождение колчеданных свинцово-цинковых руд с халькопиритом, баритом и примесью Со и Ni (Боудвин).

Федеративная Республика Германии. Месторождения, связанные с каледонской металлогенической эпохой, известны в Гарце и Вестфалии. К ним относятся жильное сидеритовое месторождение Зигерлянд, колчеданные месторождения Раммельсберг (медно-полиметаллическое с баритом) и Мёгген (пирит-баритовое), которые залегают среди сланцев, кератофиров и диабазов нижнего и среднего девона.

Зигерлянд относится к среднетемпературным гидротермальным образованиям; в контактах рудных жил с секущими их дайками диабазов верхнедевонского возраста сидерит переходит в гематит и магнетит, факт, по которому возраст оруденения устанавливается определенно как доверхнедевонский.

Условия образования колчеданных месторождений Раммельсберг и Мёгген не совсем ясны и до сих пор являются предметом дискуссии; Н. Schneiderhöhn (1955) относит их к переходному типу от подводно-эксгальационных к осадочным (подводные смешанные эксгальационно-гидротермально-осадочные руды). Близки к последним по условиям образования эксгальационные гематитовые месторождения в девонских кератофирах мульд Лан и Диль, связанные, как полагают, с подводными излияниями кератофиров.

ОСНОВНЫЕ ЧЕРТЫ КАЛЕДОНСКОЙ МЕТАЛЛОГЕНИИ

Подводя итог по каледонской металлогении в целом, следует подчеркнуть типичность для нее колчеданных медных и полиметаллических с баритом месторождений, широкое проявление местами интенсивной золоторудной минера-

Типы месторождений	Геологические условия образования	Примеры месторождений и рудных районов	Промышленное значение
1. Колчеданный медный и полиметаллический (с баритом, Au, Ag, местами Co и Ni)	Среди вулканогенно-осадочных толщ Сп—D ₂ возраста, в связи с субвулканическими малыми интрузиями диоритовых порфиров, порфиров	Майкаин, Салаир, Алтай(?), Урал (Дегтярка, Сибай и др.), Уруп, Сулительма, Бьюченс, Боудвин, Мёгген, Раммельсберг	Крупное для Cu, Pb, Zn, барита (попутно Au, Ag, Co, Ni)
2. Платиновый (в ассоциации с хромитом, осмистым иридием)	Среди дунитов—дифференциатов до складчатых габбро-перидотитов	Урал (Н. Тагил и др.), В. Саян	Крупное для Pt
3. Хромитовый	Среди дунитов и перидотитов ранних этапов складчатости	Урал (Сарана), Норвегия, Квебек	Сравнительно небольшое
4. Титаномагнетитовый (с медью иногда платиной)	Среди габбро ранних этапов складчатости	Урал (Качканар, Волковское), Горная Шория, ЮЗ Китай	Небольшое
5. Золото-сульфидный	С добазальтовыми малыми интрузиями диоритов, кварцевых диоритов, граносиенит-порфиров главным образом девонского возраста	Степняк, Кузнецкий Алатау, Миасс, Квебек, Бендиго и Балларат, Аргентина, Боливия	Крупное для Au
6. Скарновый железорудный и меднорудный	Связаны с умеренно-кислыми гранитоидами ранних этапов складчатости	Горы Высокая, Благодать; Кустанайская группа (?), Тельбес, Абакав, Турьинские рудники, Юлия, Глафиринский	Значительное для Fe, небольшое для Cu
7. Кобальтовый гидротермальный (с Ni, иногда Cu, Ag)	Связаны с умеренно-кислыми гранитоидами и габбро ранних этапов складчатости	Ховахсы, Пышминско-Ключевское, Скоттеруд и Снарум, ЮЗ Китай	Крупное для Co
8. Медно-молибденовый и медный вкрапленный	Связаны с умеренно-кислыми гранитоидами ранних этапов складчатости	Бошекуль, Вознесенское, Омдаль	Сравнительно небольшое для Cu и Mo

лизации (связанной с гранитоидами S_2 и главным образом D_{1-2} возраста), значительную роль кобальта и никеля в гидротермальных, скарновых и местами ликвационных месторождениях, наличие месторождений титаномагнетитовых, хромитовых, платиновых, скарновых железорудных и меднорудных, вкрапленных медно-молибденовых руд.

Обращает на себя внимание бедность каледонской металлогении оловом, вольфрамом, ураном, редкометальными пегматитами, обычно связанными с более кислыми гранитами, слабо представленными в магматизме каледонской эпохи, в котором господствуют основные, ультраосновные и умеренно-кислые породы раннего и среднего этапов развития складчатых подвижных зон.

Следует также отметить, что в громадном большинстве случаев металлогеническое развитие регионов начинается с формирования колчеданных месторождений, месторождений хромита, титаномагнетита, платины (связанных с основными-ультраосновными магмами), после чего, несколько позже, образуются скарновые месторождения железа и меди, гидротермальные месторождения золота, иногда также кобальта и медно-молибденовых руд, связанные с умеренно-кислыми гранитоидами.

Схема развития металлогении каледонских складчатых зон дана в приложенной табл. 4.

Металлогения складчатых зон герцинского возраста и наложение герцинской металлогении на каледонские складчатые структуры и на платформы

На территории СССР интенсивное проявление герцинской складчатости и связанного с ней магматизма и металлогении имеет место по всему протяжению Урала, на огромной территории Казахской ССР и Среднеазиатских республик (Узбекской, Киргизской и Таджикской), а также на Дальнем Востоке, в бассейне р. Амур и слабо — на Северном Кавказе и в Восточном Забайкалье.

Герцинский магматизм проявился также в пределах Фенно-Скандинавского массива (щелочной комплекс Лов-

озера на Кольском полуострове) и в пределах Сибирской платформы (эффузивные и интрузивные породы основного состава—траппы).

За пределами Советского Союза герцинские движения, магматизм и металлогения проявлены интенсивно в странах Западной Европы (Юго-Западная Англия, Португалия, Испания, Италия, Франция, Германия, Чехословакия), Болгарии (Родопы), Турции (западная Анатолия), Монгольской Народной Республике, Китае (Синьцзян, Тибет, центральные и юго-западные провинции), Японии (юго-западная часть острова Нипон, остров Сикоку и др.), в Восточной Австралии, а также в горах Атласа (Марокко), восточных штатах США и в Аргентине.

Краткие данные о магматизме и металлогении герцинской эпохи (в интервале D_3-P) в пределах отдельных районов приводятся ниже.

а. Герцинская металлогения территории СССР.

Урал (в основном по В. М. Сергиевскому). С гипербазитами раннего этапа герцинской складчатости (C_1), широко развитыми на Южном Урале, связаны крупнейшие месторождения хромита—Кемпирсайская группа и др. и титаномагнетитовых руд*.

С умеренно-кислыми гранитоидами среднего этапа герцинской складчатости (C_2-C_3) связаны скарновые магнетитовые месторождения (г. Магнитная, может быть Кустанайская группа), золото-шеелитовые скарновые месторождения (Гумбейка, Боевка), а также крупные месторождения золота и мышьяка (Кочкарь, Джетыгара), золота (Березовское и др.) и небольшие—сурьмы и ртути (Арамашевское, Аятское).

Герцинского же возраста сравнительно небольшие медно-турмалиновое (с примесью Mo и Sn) Еленовское и золото-турмалиновое Куманское месторождения, а также месторождения титано-тантало-ниобатов, и циркония, свя-

* В последние годы приводятся доводы за протерозойский и каледонский возраст многих месторождений титаномагнетита и каледонский возраст главных хромитовых месторождений Урала.

занные со щелочным комплексом Ильменских гор. По-видимому герцинскими (Р возраста) являются телетермальные месторождения флюорита Амдермы (среди известняков кембрия до артинских включительно), свинца и цинка Новой Земли и острова Вайгач (среди известняков и доломитов ордовика и девона), сидерита (Бакальское), магнезита (Сатка), а также крупные месторождения асбеста (Баженово), небольшие коренные месторождения и связанные с ними россыпи алмаза на Среднем и Южном Урале.

В целом для герцинской металлогении Урала характерны очень крупные концентрации хромита, скарновых магнетитовых руд, золота, мышьяка, флюорита, асбеста, магнезита, сидерита.

Казахская ССР, включая Алтай (в основном по Н. Г. Кассину, К. И. Сатпаеву, В. П. Нехорошеву, Г. Н. Щерба). Герцинская металлогения проявлена почти на всей территории республики (кроме Северо-Востока), особенно интенсивно в Центральном Казахстане, и определяет характер минерализации этой обширной области.

Магматизм герцинской эпохи представлен умеренно-кислыми гранитоидами, очень широко развитыми и внедрявшимися в интервале времени, главным образом, C_2 и C_3-R_1 ; менее развиты кислые граниты верхнепермского возраста, богатые минерализаторами. С первыми, умеренно-кислыми гранитоидами, связаны огромные концентрации меди (прожилково-вкрапленное Коунрад с примесью Мо, типа медистых песчаников—Джезказган, жильные—Успенское и др.), свинца и цинка (скарново-гидротермальные и гидротермальные месторождения Карагайлы, Алайгыр, Аксоран и др.), скарновые месторождения железа (Саяк, Кень-Тюбе и др.); со вторыми, кислыми гранитами типа аляскистов, связаны крупные высокотемпературные грейзеновые и кварц-вольфрамитовые и кварц-молибденитовые месторождения (Акчатау, Караоба, Восточный Коунрад, Верхнее Кайракты, Шалгия, Джанет) и сравнительно менее крупные месторождения кварц-касситеритовой формации (Майкуль, Ближнее и др.), скарновые месторождения с редкометальной (W, Be) минерализацией и др.

По данным Г. Н. Щерба, Центральный Казахстан выдвинулся в последние годы в главную редкометальную базу Советского Союза по W, Mo (Sn, Bi и др.). Редкометальное оруденение связано с лейкократовыми гранитами Акчатауского комплекса, которые образуют пояса СЗ, СВ и субширотного простирания, вытягивающиеся на сотни километров вдоль глубинных разломов. Главным редкометальным поясом является Куу-Кзылтау-Мамантасский длиной в 600 км, сопряженный с Калба-Нарымским. Главными типами промышленных месторождений являются: для W—скарновый, грейзеновый (топаз-кварцевый), кварцево-жильный, а для Mo—грейзеновый (мусковит-кварцевый и топаз-кварцевый), кварцево-жильный и вторично-кварцитовый (в последнем Mo с Cu).

Наиболее значительные месторождения железных и марганцевых руд Центрального Казахстана (Атасуйская группа, Джезды, Муржик и др.) большинство геологов обычно считает осадочными, в той или иной мере метаморфизованными образованиями.

По данным И. П. Новохатского, гематит-магнетитовые и браунитовые руды атасуйского типа приурочены к отложениям франского и фаменского ярусов D₃; в известняках руды сопровождаются яшмами и роговиками. Месторождения осадочные, но источником Fe и Mn вероятно был подводный вулканизм и сопровождавшие его термальными источниками.

По времени образования руды атасуйского типа относятся к раннему доскладчатому этапу, который во многих регионах характеризуется не только Fe-Mn, но также колчеданным оруденением.

К герцинской же металлогенической эпохе относятся крупные свинцово-цинковые месторождения хребта Каратау (Ачисай, Миргалимсай и др.), полиметаллические месторождения ЮВ Казахстана (Текели), редкометальное и золоторудное оруденение Калба-Нарымского района и Горного Алтая (кварц-вольфрамит-касситеритовые, вольфрамит-молибденитовые месторождения Калбы и Горного Алтая, месторождения золота Калбы и Нарыма и др.), жильные месторожде-

ния золота в тесной ассоциации с теллуридами на Южном Алтае и ряд других.

Вероятно герцинскими являются также ртутные месторождения Горного Алтая (Чаган-Узун, Акташ) и Тувинской АССР и сурьмяные месторождения Центрального Казахстана (Тургайское и др.).

Большинство геологов относит к герцинскому возрасту и полиметаллические месторождения рудного Алтая.

Основные черты геологии, магматизма и металлогении рудного Алтая обобщены недавно в работах Д. И. Горжевского, Г. Ф. Яковлева, В. И. Чернова и др. (1957).

Начиная с эйфельского века (D_2^1) характерен интенсивный вулканизм, сопровождающийся субвулканическими интрузиями. Наиболее мощная магматическая деятельность имела место вдоль древних разломов на границе зон разной мобильности. В D_3 интенсивный вулканизм имел место вдоль Иртышского разлома, а в C_1 он проявился там же, но уже в узкой зоне.

Петрохимические особенности эффузивов и субвулканических интрузий общие, очаг их был, видимо, единым.

Еще Н. А. Елисеевым в пределах Рудного Алтая было выделено два интрузивных комплекса — Калбинский комплекс биотитовых гранитов и более ранний Змеиногорский комплекс адамеллитов, плагиогранитов, гранодиоритов, диоритов, габбро.

Детальными работами В. И. Чернова и В. Н. Гавриловой выделяются следующие интрузивные комплексы:

а) досреднедевонский (каледонский) — в виде обломков гранитоидов в основании D_2 ;

б) девонский (во второй половине D_2) — гранодиориты, граниты и лейкократовые граниты района Лениногорска, по водоразделу рр. Алей и Уба; они рвут низы D_2 и перекрыты толщей D_3 (франский ярус?);

в) Змеиногорский комплекс гранодиоритов, кварцевых диоритов, диоритов, фельзитовых гранит-порфиров и др. В главной фазе преобладают гранодиориты; пегматитов нет. Возраст — начало перми (?);

г) Калбинский комплекс гранитов и адамеллитов, грано-

сиенитов, аляскитовых гранитов. Часты жилы аплита, пегматита, микрогранита. Характерны акцессорные—монацит, флюорит, ксенотим. Возраст—200—220 млн. лет, условно верхи перми.

Гранитоиды девонского возраста локализованы в ядрах Алейской и Синюшинской антиклиналей, Змеиногорский комплекс—в Быструшинском синклинории и частью (трещинные интрузии) в ядре Алейского антиклинория, Калбинский комплекс—вдоль тектонических зон, ограничивающих Рудный Алтай с СВ и ЮЗ и частью (трещинные интрузии) в пределах Рудного Алтая.

Основными тектоническими структурами Алтая являются: Калбинский синклинорий, Алейский антиклинорий, Быструшинский синклинорий, Синюшинский антиклинорий, Белоубинский (Бухтарминский) синклинорий, перечисленные с запада на восток.

Из разрывных нарушений В. П. Нехорошевым выделена Иртышская зона смятия по границе раннегерцинской и позднегерцинской структур и Северо-Восточная зона смятия по границе каледонской и раннегерцинской структур.

В среднем палеозое Зайсанская геосинклинальная система распалась на ряд геосинклинальных и геоантиклинальных зон. В верхнем палеозое в геосинклинальных зонах имело место внедрение гранитов с Sn-W-Mo оруденением, а в геоантиклинальных зонах—внедрение гипабиссальных гранитоидов с полиметаллическим, Cu, Au оруденением. Именно поэтому в Алейской и Синюшинской геоантиклинальных зонах господствует полиметаллическое оруденение, а в Белоубинской и Калбинской геосинклинальных зонах в первом случае Mo-W, во втором Sn-W оруденение.

Среди полиметаллических месторождений Рудного Алтая выделены две различные группы:

- 1) Пластообразные, линзообразные пологопадающие тела, часто сопряженные с жилообразными телами. Месторождения залегают в ядерных частях антиклиналей, в низах разреза маломощной толщи D_2 среди осадочных и кислых вулканических пород. Месторождения метасоматические, с широким развитием серицитизации и окварцевания, облик

их гипабиссальный, контроль—зоны дробления. Сфалерит+галенит преобладают над пиритом и халькопиритом.

К этой группе относятся Змеиногорское, Березовогорское и Золотушинское месторождения в пределах Алейского антиклинория и Лениногорское в пределах Синюшинского антиклинория.

2) Лентообразные крутопадающие тела на погружениях антиклиналей или воздыманиях синклиналей, среди верхов D_2 и частью среди D_3 осадочных пород, кислых и основных вулканических пород. Наряду с процессами метасоматоза большое значение имело выполнение полостей, а наряду с серицитизацией и окварцеванием—также хлоритизация и карбонатизация. Месторождения более глубинные, в локализации их решающую роль играли зоны рассланцевания. Состав руд колчеданно-полиметаллический, кроме сфалерита и галенита много пирита и халькопирита. К этой группе относятся Березовское, Белоусовское, Иртышское, Лазурское, Шубинское и др. месторождения.

Есть месторождения переходного типа: Зыряновское, Николаевское, Шемонаихинское, расположенные в юго-западном крыле Алейского антиклинория.

Более 90% всех месторождений залегает в толще девонского возраста (Лениногорское и Змеиногорское в D_2^1 ; Зыряновское и Золотушинское в D_2^2 ; Николаевское, Шемонаихинское, Белоусовское, Березовское и др. в D_3) и только Бухтарминское и Заводинское—в толще C_1 .

Месторождения залегают главным образом в туфах кислых эффузивов (известняки инертны) и приурочены к чередующимся неоднородным пачкам пород.

Оруденение приурочено к позднегерцинским разломам, иногда секущим змеиногорские гранитоиды и имеет позднегерцинский возраст. Основные рудоподводящие и рудовмещающие структуры—Иртышская и Северо-Восточная зоны смятия; в пространстве между ними роль рудоподводящих структур играли субширотные разломы. Месторождения расположены в пересечении их с более древними рудовмещающими структурами (D возраста в Алейском геантиклинале, раннегерцинского—в Быструшинском геосинклинале)

широтного простираения, в результате чего возникают рудные узлы (Змеиногорский).

М. С. Бесмертная выделяет четыре последовательных парагенезиса полиметаллических руд: пиритовый, халькопирит-пирротиновый, ранний полиметаллический, поздний полиметаллический.

Руды интенсивно не метаморфизованы и эпигенетичны по отношению к вмещающим породам.

Д. И. Горжевский и В. Н. Козеренко выделяют в пределах Алтая и Восточного Казахстана следующие рудные пояса (с СВ на ЮЗ):

1) Горный Алтай с W и Mo-W оруденением.

2) Полиметаллический пояс Рудного Алтая (Cu, Pb, Zn, Ag, Au).

3) Калбинский пояс W-Sn оруденения, редкометалльных пегматитов и медно-пирротиновых месторождений.

4) Золоторудный пояс (Au и Au с Sb), а несколько западнее W и Mo.

5) Рудный пояс, примыкающий к хребту Чингиз со скарновыми месторождениями меди, колчеданными и жильными месторождениями меди, полиметаллов, барита, месторождениями золота.

Вся эта область представляла средне- и верхнепалеозойскую Зайсанскую геосинклиналь (выделена В. П. Нехоршевым), распадавшуюся на ряд геоантиклинальных и геосинклинальных структур второго порядка; в геосинклинальных структурах развиты кислые граниты и в связи с ними— Sn-W-Mo оруденение, в геоантиклиналях имела место ассимиляция, развиты умеренно-кислые гранитоиды с полиметаллическим и медным оруденением.

В целом для герцинской металлогении Казахстана характерны очень крупные концентрации меди (союзного значения), свинца и цинка, а также вольфрама и молибдена. Сравнительно скромную роль играют олово, золото, железо*, сурьма, ртуть.

* Кустанайская группа очень крупных скарновых месторождений железа каледонского или раннегерцинского возраста, хотя и находится

Средняя Азия. Герцинская металлогения проявилась весьма интенсивно в северных и центральных цепях Тянь-Шаня, охватывая территории Узбекской, Киргизской и Таджикской республик.

Оруденение связано с гранитоидами—кислыми и, главным образом, умеренно-кислыми, время внедрения которых охватывает интервал времени от S_2 до Р включительно.

Характерны следующие типы месторождений:

1) Полиметаллические—скарновые и гидротермальные, иногда весьма крупные (Алтын-Топкан, Кансай, Актюз, Буурду и др.).

2) Мышьяковые—арсенопиритовые, иногда с примесью Au , Co , Bi (Брич-мулла, Уч-имчак, Мосриф, Чалкуйрюк и др.).

3) Скарновые—шеелитовые, иногда с примесью Mo , Au или Sn (Лянгар, Ингичке, Койташ, Сонкуль, Майхура, Чорух-дайрон).

4) Оловянные—скарновые и гидротермальные (Такфон, Зирабулакская группа).

5) Сурьмяные и сурьмяно-ртутные, часто с флюоритом (Кадамджай, Хайдаркан, Джиджикрут, Магиан и др.).

6) Медно-молибденовые (Алмалык).

7) Месторождения флюорита (Такоб, Куликалон).

В целом для герцинской металлогении Средней Азии характерны крупные концентрации свинца, цинка, мышьяка, вольфрама (шеелита), сурьмы, ртути, местами (Алмалык) меди. Мало характерны золото, молибден, олово, железо.

Последняя сводка по магматизму и металлогении Средней Азии, выполненная Х. М. Абдуллаевым (1958), вскрывает ряд интересных особенностей.

В Северной зоне Тянь-Шаня (к северу от важнейшей структурной линии Тянь-Шаня) господствуют каледонская складчатость и магматизм, при подчиненной роли докембрийского и герцинского магматизма.

административно в пределах Казахской ССР, включена в Уральский металлогенический пояс; то же относится и к месторождениям хромита в Мугоджарах (Кемпирсай).

Металлогения каледонская и герцинская, последняя определяет облик этой зоны.

В Центральной зоне Тянь-Шаня (границы: на севере по восточной половине важнейшей структурной линии Тянь-Шаня, на западе по Таласо-Ферганскому разлому, на юге и юго-востоке уходит в Китай) магматизм развит слабо, возраст его и металлогении герцинский.

В Западной зоне Тянь-Шаня (Чаткальский и Кураминский хребты, т. н. Срединный Тянь-Шань В. И. Полова) слабо проявлен раннегерцинский и интенсивно — позднегерцинский магматизм и металлогения.

В Южной зоне Тянь-Шаня (Алайский, Туркестанский, Зеравшанский, Гиссарский хребты, Зирабулак-Зиаэтинские и Нуратинские горы, Тамды-Тау) господствует позднегерцинский магматизм и соответственно металлогения.

На Памире, в Северной его зоне (Дарвазский хребет и южные склоны Заалайского хребта) — магматизм и металлогения герцинского возраста, в Центральной зоне Памира (Ванчский, Язгулемский, Рушанский, Музкольский хребты) — мезокайнозойского возраста, а в Южной зоне Памира широко развиты докембрийский магматизм, метаморфизм и металлогения.

Устанавливается повсеместное резкое преобладание интрузивов гранитоидного ряда при слабом развитии щелочных и основных пород. Щелочные породы, проявляющиеся локально, приурочены к заключительным этапам верхнепалеозойского магматизма.

Постепенное наращивание древнего континента Ангары с севера на юг обусловило возрастное скопление активной магматической деятельности и каскадный (по Х. М. Абдулаеву) характер металлогенического развития среднеазиатской провинции. В отдельных зонах имеет место наложение нескольких магматических и металлогенических процессов при господстве, однако, всегда одного магматического цикла, определяющего металлогенический облик зоны. Только в Северной зоне Тянь-Шаня, наряду с каледонским, интенсивно проявлен герцинский магматизм, причем последний и определяет, в основном, металлогению зоны.

Среди рудных районов выделяются два типа: а) со средним этапом развития магматизма (батолиты) и б) со средним и поздним этапами развития магматизма (кроме батолитов широко развиты более поздние малые интрузии и дайки).

К рудным районам первого типа относятся Северная зона Тянь-Шаня, Западный Узбекистан, Зеравшанский хребет и ряд других; к рудным районам второго типа относятся Кураминский и Гиссарский хребты, часть Северной зоны Тянь-Шаня и Памира.

Следует отметить, что рудные районы разного типа могут обособляться в пределах одной зоны. Так, в Кураминском районе и Гиссаре широко развиты средние и поздние этапы магматизма, а в Чаткальском и Зеравшанском хребтах магматизм прекращается в батолитовом этапе; между тем Кураминский и Чаткальский рудные районы и соответственно Гиссарский и Зеравшанский — входят в одну зону.

В целом Средняя Азия представляет собой в основном герцинскую (после S_2 , позднегерцинскую) магматическую и металлогеническую провинцию с гипабиссальными интрузиями (глубина формирования до 3 км), с которыми связаны скарновые (шеелитовые и полиметаллические), медно-молибденовые, редкометалльные и полиметаллические месторождения. Основные черты металлогении отдельных зон изложены вкратце ниже.

Северная зона Тянь-Шаня. Каледонская металлогения представлена небольшими пегматитовыми и высокотемпературными кварцево-рудными месторождениями с молибденитом, вольфрамитом, касситеритом, шеелитом. Каледонского же возраста небольшие скарновые месторождения железа, меди, олова, золота, вольфрама, а также, вероятно, отдельные оловянно-полиметаллические месторождения (Курган и др.).

Герцинская металлогения представлена высокотемпературными кварц-молибденит-вольфрамитовыми и Sn-As-полиметаллическими месторождениями, скарновыми месторождениями железа, а также более низкотемпературными рудами

Pb (Киргизский хребет), барита, флюорита и меди типа медистых песчаников.

Центральная зона Тянь-Шаня. Металлогения герцинская, выделяются:

добатолитовый этап—выражен слабо проявлениями Os, Ir, Cr, Ni, Co, Fe, Si в связи с основными-ультраосновными породами.

Батолитовый этап—гранитоиды со, скарновыми месторождениями Fe, W (иногда примесь Au, Mo, Co), часть гидротермальных месторождений Cu, Pb и Zn.

Западная зона Тянь-Шаня. Металлогения герцинская.

Батолитовый этап—минерализация сложная (пегматиты, грейзены, скарновые месторождения редких металлов и железа, флюорит). При этом скарновые магнетитовые месторождения (Сусинген) связаны с гранодиоритами C_2 — C_3 возраста, а редкометальные и флюоритовые—с аляскитовыми гранитами C_3 —P возраста.

Послебатолитовый этап (малые порфировые интрузии и дайки) выражен здесь интенсивно; с ним связаны крупные скарново-полиметаллические месторождения—Кургашин-Кан, Алтын-Топкан, Кансай, Курусай, жильные свинцово-цинковые (Кан-и-Мансур, Лашкерек), медно-молибденовые (Алмалык), отдельные золото-кварцевые (Чадак и др.).

С наиболее молодыми ультракислыми и щелочными породами связана интенсивная барит-флюорит-полиметаллическая минерализация (Наугарзан и др.).

Южная зона Тянь-Шаня. Металлогения герцинская.

Добатолитовый этап представлен небольшими месторождениями хромита (Султан-Уиз-Даг), проявлениями Ni, Co, Fe в серпентинитах.

Батолитовый этап (возраст гранитоидов C_3) представлен крупными месторождениями шеелитоносных скарнов—Ингичка, Лянгар, Койташ, Каратюбе иногда с примесью Mo, As, Co, Au, Sn. Своеобразно скарновое месторождение Кабуты (наряду с шеелитом много вольфрамит).

С неконтаминированными гранитоидами поздних фаз

связаны пегматитовые и грейзеновые месторождения олова и редких металлов.

Послебатолитовый этап представлен порфировыми интрузиями гранит-порфиров и кварцевых порфиров Гиссарского хребта, с которыми связаны флюорит-полиметаллические месторождения (Такоб), и щелочными интрузиями с убогой минерализацией редких металлов, As, Pb, флюорита и, предположительно, крупными месторождениями Hg-Sb руд.

Северная зона Памира. С раннегерцинскими гранитоидами связаны скарновые месторождения Fe, Pb, Cu, а с позднегерцинскими альбитофирами и альбитовыми гранитами—золоторудная минерализация Памиро-Дарвазского пояса.

Южная зона Памира. Магматизм и металлогения докембрийского возраста. Известны месторождения флогопита, горного хрусталя, а в скарнах—лазурита и благородной шпинели.

Общая эволюция магматических и металлогенических процессов Средней Азии протекает в следующих направлениях:

1. Добатолитовые этапы выражены везде слабо.

2. Батолитовый этап представлен, в зависимости от роли ассимиляции, интрузиями различного состава (от диоритов до аляскитов).

Выделяются два петрохимических ряда пород:

- а) граниты аляскитового ряда, формирующиеся на больших глубинах и в поздних этапах (каледонские интрузии Северной зоны Тянь-Шаня, аляскитовые фазы гранитоидов Южной зоны Тянь-Шаня). С ними связаны пегматиты и кварцево-грейзеновые месторождения редких металлов.

- б) Гранитоиды (от диоритов до гранодиоритов и гранитов), развитые в Южной зоне Тянь-Шаня и некоторых районах Западной зоны Тянь-Шаня. С ними связаны скарновые месторождения Fe, W, Mo и часть кварц-сульфидных месторождений.

3. Послебатолитовый этап. Интенсивно проявился в Кураминском и Южно-Гиссарском районах, частью в Север-

ной зоне Тянь-Шаня. С малыми порфировыми интрузиями и дайками связана интенсивная полиметаллическая и барит-флюоритовая минерализация.

Полиметаллы и флюорит связаны в основном с платформенными постскладчатыми стадиями магматизма.

Средняя Азия в целом представляет герцинскую металлогеническую провинцию постмагматических месторождений с широким развитием скарновых, а также сульфидных гидротермальных месторождений. Среди последних слабо развиты высокотемпературные вольфрамитовые и касситеритовые и особенно широко — полиметаллические. Полиметаллические месторождения скарнового типа тесно связаны с малыми порфировыми интрузиями послербатолитового этапа, а гидротермальные — частью с батолитовым, частью же с послербатолитовым этапом.

Некоторые свинцово-цинковые месторождения, залегающие среди карбонатных пород D—C₁ возраста, возможно осадочного генезиса.

В Южной зоне Тянь-Шаня особенно широко развиты месторождения сурьмы, ртути и флюорита, возраст их пермский (установлен на Алайском хребте), генетическая связь с интрузиями недостаточно ясна. Вероятно, эта группа месторождений связана с очагами щелочной магмы.

В работе Е. Д. Карповой, посвященной металлогеническому районированию Тянь-Шаня и Памира, рассматривается вопрос о закономерностях распределения рудных и некоторых нерудных месторождений складчатых структур, в связи с развитием структур и эволюцией магматизма этих регионов.

В подвижных зонах различаются геосинклинальные и геоантиклинальные зоны; первые испытывали устойчивое длительное погружение, вторые же были стабильны и в их пределах преобладало поднятие. Внутри геосинклинальных зон различаются подзоны: первичные, вторичные и поздние геосинклинальные прогибы, а внутри геоантиклинальных зон — подзоны поднятий и депрессий на древнем фундаменте.

Выделенные тектонические элементы отличаются друг от друга спецификой магматизма и минерализации.

Выделены следующие интрузивные и рудные комплексы:

1. Образующиеся в условиях преобладания погружения, в геосинклинальных зонах подвижных поясов. Характерны габбро-перидотиты и габбро-диабазы.

2. Образующиеся в ходе главной складчатости и общего поднятия в геосинклинальных зонах и (одновременно) в смежных геоантиклиналях.

Характерны гранитоиды с редкометальным оруденением:

а) Гранитоиды повышенной основности и иногда щелочности с магнетит-редкометальной и золото-редкометальной минерализацией (Чаткало-Кураминская и Нуратинская зоны).

б) Гранитоиды нормальной и отчасти повышенной кислотности в виде крупных гранитоидных интрузий с Sn-W оруденением (Зирабулак-Каратюбинская, Гиссарская, Чаткальская, Базардаринская зоны).

3. Образующиеся после главной складчатости в консолидированных геосинклинальных и геоантиклинальных структурах.

Характерны гипабиссальные интрузивы:

а) повышенной основности и щелочности (гранодиориты—монзониты) с сульфидно-редкометальным и магнетит-редкометальным оруденением Зеравшано-Алая, Чорух-Дайрона, Западной Киргизии;

б) нормальной и повышенной кислотности и щелочности с полиметаллическим оруденением Кызыл-Нуратинской, Северо-Терской и др. зон;

в) щелочных и субщелочных гранитов и сиенитов с полиметаллическим (?) и вероятно Sb-Hg оруденением Алая.

Хорошо доказывается положение о том, что расцвет редкометальной минерализации в разновозрастных структурах (каледонидах, варисцидах, киммеридах) везде связан с периодом главной складчатости и внедрением крупных гранитоидных интрузий. Расцвет полиметаллической и сурьмяно-ртутной минерализации имеет место лишь после завершения главной складчатости.

Очень четко показаны различия в металлогении гео-

синклинальных и геоантиклинальных зон: для первых ведущее значение имеет редкометальная минерализация и более поздняя сурьмяно-ртутная (характерна для внешних вторичных прогибов); для геоантиклинальных зон господствующим типом минерализации является гидротермальная полиметаллическая.

Достаточно отчетливо и место телетермальной минерализации, которая проявляется среди раздробленных карбонатных пород, контролируясь разломами в пределах геосинклинальных структур, наложенных депрессий в геоантиклинальных структурах, а также и в платформенных условиях.

На основе проведенного анализа, автор не только представляет удачное металлогеническое районирование Средней Азии, но и выделяет, кроме известных, ряд новых перспективных металлогенических зон и рекомендует постановку здесь поисковых работ.

Восточное Забайкалье. Вероятно с герцинскими умеренно-кислыми гранитоидами связаны скарновые месторождения железа (Железный кряж), а также часть месторождений Au и Sn Борщевочного хребта.

Дальний Восток (бассейн р. Амур). По материалам Н. А. Беляевского и др., с герцинскими гранитоидами связаны Умалтинское кварц-молибденитовое месторождение и ряд золото-шеелитовых месторождений (Харгинское, Селемджинское и др.)

К герцинской металлогении относятся, кроме того, крупные месторождения лопарита, апатита и титаномагнетитовых руд на Кольском полуострове (связаны с внедрением щелочного массива в породы докембрийского основания), а также очень крупные месторождения сульфидных медно-никелевых руд с примесью Co, Pt и Pd в Норильске и значительные месторождения гидротермальных жильных магнетитовых руд (Ангари-Илимская группа), связанные с трапповой формацией Сибирской платформы.

В целом для герцинской металлогении территории СССР характерны крупные концентрации хромита, железных руд

скарнового и гидротермального типов, гидротермальных месторождений меди типа медистых песчаников и вкрапленных месторождений (с примесью Mo), скарновых и гидротермальных месторождений свинца и цинка, скарновых шеелитовых, кварц-вольфрамитовых и кварц-молибденитовых (реже кварц-касситеритовых) месторождений; довольно характерны гидротермальные месторождения Au, As, U, Sb, Hg.

Главные металлы: Cu, Cr, Pb, Zn, Fe, Mo, W (также Au, U, As, Sb, Hg, Be, Sn), а с учетом герцинской металлогении в пределах платформ также Ni, Pt, Pd, Nb, TR.

6. Герцинская металлогения зарубежных стран

Западная Европа. Герцинская металлогения хорошо проявлена в юго-восточной Англии (полуостров Корнуолл) на территории Пиренейского полуострова, в центральном массиве Франции, на острове Сардиния и в Рудных горах (Богемия и Саксония).

Везде в этих районах господствуют кислые граниты C_3 —Р возраста и характерна в общем однотипная, связанная с ними минерализация. В Корнуолле с герцинскими гранитами генетически связаны знаменитые оловянные рудники Корнуолл (с примесью в рудах вольфрама и меди), месторождения урановой смолки, полиметаллических руд и сурьмы. Обособление руд различного состава объясняется Петрашеком многостадийностью единого прерывистого рудного процесса, в котором выделяются следующие стадии: олово-вольфрамовая, медная, урановая, свинцово-цинковая, сурьмяная.

На Пиренейском полуострове герцинские граниты широко развиты в центральной Месетте и в северо-западной части полуострова (Лузитано-Галисийская глыба); эти герцинские структуры с севера и юга окаймляются молодыми альпийскими складчатыми зонами.

С герцинскими гранитами связаны довольно крупные вольфрамитовые и вольфрамит-касситеритовые месторождения СВ Португалии и соседних районов Испании (Панаскей-

ра, Боралья, Гуарда) обычно с примесью мышьяка и урана, а также крупные полиметаллические месторождения Испании—Реоцин, Пенньярройя и Линарес.

С герцинскими же гранитами связаны перспективные медно-урановые месторождения в горах Гвадаррамы и вероятно золото-кварцевые месторождения этого же района и Галисии.

С раннегерцинскими кварцевыми порфирами очень тесно парагенетически и вероятно также генетически (в смысле общности очага) связаны крупные медноколчеданные месторождения Гуэльвы (Рио-Тинто). Некоторые авторы связывают предположительно с герцинскими же гранитоидами огромное ртутное месторождение Альмаден, однако в связи с тем, что во всей Средиземноморской зоне ртутные месторождения молодого—мезокайнозойского—возраста, с этим трудно согласиться.

Во Франции с герцинскими гранитами центрального плато генетически связаны сравнительно небольшие месторождения олово-вольфрамовых и висмутовых руд, пегматиты с минералами Be и Li, полиметаллические месторождения, а также довольно значительные месторождения As (арсенопирига), сурьмы и совсем недавно открытые очень перспективные месторождения урана.

В Италии герцинская металлогения хорошо представлена в юго-западной части острова Сардиния, где с герцинскими гранитами связаны крупные месторождения полиметаллических (богатых Pb и Zn) руд—жилые среди гранитов и сланцев (группа Монтевекио) и метасоматических в известняках (группа Монтепони). Здесь же известны сравнительно небольшие месторождения сурьмы и пегматиты с минералами Be и Li.

В Рудных горах (Саксония и Богемия) герцинский магматизм и металлогения представлены особенно интенсивно. В верхнем карбоне имело место внедрение гранитов и сиенитов, застывших в виде крупных массивов; позднее по крупным разломам магма достигла поверхности и образовала мощный покров и близповерхностные штоки так на-

ываемых „тепличкиx“ порфиров, широко развитых в восточной Саксонии. Тепличкиe порфиры в нижнепермское время были прорваны небольшими телами гранит-порфиров и богатых минерализаторами оловоносных гранитов. С последними связана подавляющая часть оловянных и олововольфрамовых месторождений района (Циннвальд, Альтенберг, Граупен и др.); по-видимому, с ними же связаны крупные месторождения урана пятиэлементной формации (Co-Ni-Bi-Ag-U) в Саксонии (Шнееберг, Аннаберг, Иоганнсгеоргенштадт и др.), Богемии (Яхимов и др.), Верхней Силезии (Шмидеберг), а также полиметаллические и барит-флюоритовые, часто серебросодержащие месторождения Саксонии и Гарца (Фрейберг, Клаусталь и др.).

В целом герцинская металлогения Западной Европы довольно своеобразна, отличается от металлогении большей части герцинских провинций СССР и зарубежных стран необычно широким развитием кислых гранитов и гранит-порфиров позднего этапа развития подвижных зон, с которыми связаны довольно значительные концентрации Sn, W, U; характерны также Pb, Zn, Ag, Sb, Co, Ni, Bi, As, флюорит, в то время как роль Cu и Au резко подчиненная.

Болгария и Турция. Древние породы, прорванные герцинскими гранитами, слагают Родопские горы (в Болгарии) и Лидийско-Карийский и другие массивы в Западной и Центральной Анатолии (Турция).

С герцинскими гранитами связаны некоторые скарновые магнетитовые месторождения, крупные месторождения вольфрамитa в районе Эдремит (Западная Анатолия), а также месторождения флюорита и урана (в Болгарии и Турции), сидеритовые (Яворик) и золото-шеелитовые месторождения Югославии. С герцинскими гипербазитами, внедрявшимися до гранитов, некоторые геологи связывают часть хромитовых месторождений Турции (крупное месторождение Даг-Арди?) и Югославии.

Монгольская Народная Республика. Герцинские складчатые структуры, прорванные кислыми герцинскими гранитами, протягиваются на территорию МНР из

Казахской ССР; с ними связаны крупные месторождения кварц-вольфрамитовых и кварц-касситерит-вольфрамитовых руд, а также многочисленные месторождения золота Монгольского Алтая.

Китайская Народная Республика. Герцинские складчатые структуры занимают огромные пространства в Северо-Западном и Центральном Китае, а также в Тибете и юго-западных провинциях Сикан и Юньнань, протягиваясь на территорию КНР из советской Средней Азии, и Казахской ССР. Герцинская металлогения изучена слабо. Известны крупные кварцеворудные жилы с W, Sn, Mo оруденением, а также золотом в Синьцзяне, богатые месторождения полиметаллических руд в Тибете (среди известняков). По данным Хуан-Бо-Цзиня (1952) с герцинскими же гранитоидами связаны полиметаллические, золоторудные и скарновые железорудные месторождения Кам-Юньнаньской оси (Юго-Западный Китай) и центральных провинций Китая.

Япония. Герцинская складчатость широтного простирания охватывает юго-западную часть Японии. С палеозойскими эффузивами свиты самбагава (низы докарбоновой толщи) связано крупнейшее медно-колчеданное (с примесью Co) месторождение Бесси (сходно с Уральскими, скорее доскладчатое, каледонского возраста), а с гипербазитами ранней стадии складчатости связаны промышленные месторождения хромита. С герцинскими гранитоидами острова Сикоку связаны гидротермальные месторождения полиметаллических руд (Cu, Pb, Zn), железа, марганца, вольфрама.

Восточная Австралия. Эта область представляет герцинскую складчатую структуру, прорванную гранитоидами и менее развитыми гипербазитами. Герцинская металлогения хорошо проявлена в Квинсленде и Новом Ю. Уэльсе, где с гранитами пермского возраста связаны значительные месторождения вольфрама (кварц-вольфрамитовые и кварц-шеелитовые жилы), местами вместе с ним также Sn, Bi, Mo. Промышленное значение имеют месторождения Гербертон и Чиллагоз (в Квинсленде) и Хилльгров (в Новом Ю. Уэльсе). С герцинскими же гранитами связаны месторожде-

ния золота в Квинсленде (Шартер-Тоуэрс и др.). С раннегерцинскими гипербазитами связаны многочисленные, но небольшие месторождения хромита, а также проявления осмистого иридия и небольшие коренные и россыпные месторождения алмаза.

Марокко. Герцинская складчатая зона окаймляет с севера Африканскую платформу, слагая горы Атласа. С герцинскими гранитоидами связаны крупное скарновое месторождение шеелита с молибденитом и наложенной гидротермальной урановой минерализацией (Азегур), значительное по масштабу месторождение арсенидов Co и Ni с примесью Au и U (Бу-Азер) и месторождения полиметаллических руд.

Восточные штаты США. С небольшими массивами гранитов пермского возраста генетически связаны месторождения золота штатов Джорджия, Алабама, Южная и Северная Каролина, Массачусетс и Нью-Гэмпшир, а также вольфрамовые и пегматитовые Sn-Li месторождения Северной Каролины (Хамме, Кингс-Маунтин и др.).

Аргентина. С герцинскими гранитами связаны крупные месторождения вольфрама (Лос-Кондорс и др. в провинции Сан-Луи), часть месторождений Sn, Cu, Au в горных хребтах Пампасс, а также пегматитовые месторождения с бериллом. К северу, в северных районах Аргентины и в Боливии, как бы на продолжении герцинского Sn-W пояса, расположена богатейшая оловянно-вольфрамовая провинция третичного возраста.

ОСНОВНЫЕ ЧЕРТЫ ГЕРЦИНСКОЙ МЕТАЛЛОГЕНИИ

Подводя итог по герцинской металлогении в целом, следует подчеркнуть четкое выделение двух типов герцинских металлогенических провинций:

1. Провинций с резко выраженным преобладанием ранних и средних этапов развития с широким проявлением умеренно-кислых гранитоидов, а также гипербазитов (Урал, значительная часть Казахской ССР и Средней Азии, Кам-Юньнаньская структура в Юго-Западном Китае, Юго-Западная Япония).

2. Провинций с проявлением, наряду с умеренно-кислыми гранитоидами, более поздних кислых, богатых минерализаторами гранитов, которые сопровождаются своей специфичной металлогенией (часть Центрального Казахстана и Средней Азии, Калба-Нарымский район и Горный Алтай, Западная Европа, Монгольская Народная Республика, Северо-Западный Китай, Квинсленд, Аргентина).

В провинциях первого типа широко развиты месторождения хромита, характерен асбест и небольшие месторождения алмаза (в связи с гипербазитами), крупные концентрации меди (прожилково-вкрапленные Cu-Mo, жильные медные, мелистые песчаники), свинца и цинка (скарновые и гидротермальные месторождения), железа (скарновые и гидротермальные сидеритовые месторождения), золота (золото-сульфидные и золото-мышьяковые, золото-шеелитовые месторождения), а также скарновые месторождения с шеелитом и молибденитом, связанные с умеренно-кислыми гранитоидами.

Характерные металлы: Cr, Cu, Fe, Au, Pb, Zn, также Mo, W (шеелит).

В провинциях второго типа широко развиты кварц-вольфрамитовые, кварц-молибденитовые, кварц-касситеритовые месторождения, пегматиты с редкометальной минерализацией (Be, Li), месторождения урана, свинца и цинка, сурьмы, ртути, флюорита, местами также Ag, Co, Ni.

Характерные металлы: W, Mo, Sn, U, также Be, Li, Pb, Zn, Sb, Hg, Au, Ag, Co, Ni.

Для герцинской металлогении Русской платформы (Кольский п-ов) характерны месторождения апатита и лопарита (связаны с щелочным комплексом), для металлогении Сибирской платформы—Cu-Ni сульфидные месторождения (связаны с основной магмой) и магнетитовые месторождения Ангаро-Илимской группы.

Схема развития металлогении герцинских складчатых зон отдельно для обоих типов провинций дана в приложенной табл. 5.

Типы провинций и месторождений	Геологические условия образования	Примеры месторождений и рудных районов	Промышленное значение
<i>I. Провинции с преобладанием раннего и среднего этапов развития складчатых зон</i>	Месторождения связаны с гипербазитами, основными породами, умеренно-кислыми гранитоидами	Урал, частью Казахская ССР и Средняя Азия, ЮЗ и Центр. Кигай, ЮЗ Японии	Крупное для Cr, Cu, Fe, Au, Pb, Zn, (Mo, W)
1. Колчеданный	Среди эффузивов, связаны с кварц-порфирами	Гуэльева, Бесси, Алтай (?)	Значительное для Cu
2. Хромитовый	Среди дунитов и перидотитов раннего этапа складчатости	Кемпирсай, Даг-Арди, м-ния ЮЗ Японии	Крупное для Cr
3. Титаномагнетитовый	Среди габбро раннего этапа складчатости	Кусинское (?), Первоуральское	Значительное для Fe, Ti, V
4. Скарновый железорудный	В контактах с умеренно-кислыми гранитоидами средних этапов складчатости	Гора Магнитная, Кустанайская гр. (?), м-ния Прибалхашья	Крупное для Fe
Скарновый с шеелитом и молибденитом	В контактах с умеренно-кислыми гранитоидами средних этапов складчатости	Гумбейка, Лянгар, Чорух-дайрон, Азегур	Значительное для W и Mo
6. Медно-молибденовый прожилково-вкрапленный	Среди умеренно-кислых гранитоидов средних этапов складчатости	Коунрад, Алмалык	Значительное для Cu и Mo
7. Медный типа медистых песчаников и медных жил и залежей	Большей частью телетермальные, вероятно связаны с гранитоидами	Джезказган, Успенское	Очень крупное для Cu
8. Золото-сульфидный и золото-мышьяковый	Связаны с малыми интрузиями кварц-порфиров и гранит-порфиров	Кочкарь, Джэтыгара, Березовское	Крупное для Au
9. Полиметаллический—скарновый и гидротермальный	Связаны с умеренно-кислыми гранитоидами	Алтын-Топкан, Кансай, Карагайлы, Аксоран	Крупное для Pb и Zn
10. Свинцово-цинковый телетермальный	Среди карбонатных толщ вне видимой связи с интрузиями	Ачисай, Миргалымсай	Крупное для Pb и Zn
11. Сидеритовые среднетемпературные	Среди карбонатных толщ вне видимой связи с интрузиями	Бакал, Яворик	Значительное для Fe
<i>II. Провинции с преобладанием позднего этапа развития складчатых зон</i>	Месторождения связаны с кислыми гранитоидами	Частью Центр. Казахстан и Средняя Азия, Калба-Нарымский р-н, Западная Европа, Монгольская Народная Респ., СЗ Китай, Квинсленд, С. Аргентина	Крупное для W, Mo, Sn, U, Pb, Zn, Sb, Hg, местами Au
1. Кварц-вольфрамитовые и кварц-молибденитовые жилы и грейзены	Связаны с кислыми поздними (пермскими) гранитами	Акчатау, В. Коунрад, Шалгия, Жанет, Паваскейра, Боралья, Эдремит, м-ния Синьцзяна, Гербертон, Лос-Кондорс	Крупное для W и Mo
2. Кварц-касситеритовые м-ния	Связаны с кислыми гранитами	Майкуль, Ближнее, Корнуолл, Циннвальд	Значительное для Sn
3. Золото-кварцевые м-ния	Связаны с кислыми гранитами	Калба-Нарымский р-н, Гвадарамма, Шартер-Тоуэрс, м-ния В. штатов США	Сравнительно небольшое для Au
4. Пегматиты с Be, Li	Связаны с кислыми гранитами	Пегматиты Центр. плато Франции, Аргентины	Небольшое для Be, Li
5. Урановые гидротермальные м-ния пятиэлементной формации и урано-полиметаллические	Связаны с кислыми гранитами	Месторождения Корнуолла, Гуарда, Гвадарамма, Шнееберг, Яхимов	Значительное для U
6. Полиметаллические м-ния	Связаны с кислыми гранитами	Актюз, Буурду, Пеньярроя, Линарес, м-ния Сардинии, Саксонии, Тибета	Крупное для Pb и Zn
7. Сурьмяные и сурьмяно-ртутные месторождения	Связь с интрузиями неясна, вероятно связаны с гранитами и сиенитами	Тургайское, Кадамджай, Хайдаркан	Значительное для Sb и Hg
8. Флюоритовые м-ния—телетермальные и среднетемпературные гидротермальные	Связаны с гранитами	Амдерма, Такоб	Значительное для флюорита

Металлогения складчатых зон киммерийского возраста и наложение киммерийской металлогении на герцинские и каледонские складчатые структуры и на платформы

На территории Советского Союза киммерийская складчатость и магматизм проявились на Кавказе и в Закавказье, и особенно интенсивно на обширной территории Забайкалья и северо-востока СССР (бассейны рр. Яна, Индигирка, Колыма, а также бассейн р. Алдан и побережье Охотского моря). Киммерийский магматизм и минерализация проявились также в Донбассе и по южной окраине Русской платформы (на Северном Кавказе и Мангышлаке), на Таймырском полуострове и на отдельных участках Сибирской платформы (бассейны рр. Анабара, Оленек, Вилюй и др.).

За пределами Советского Союза киммерийская складчатость, магматизм и оруденение проявились интенсивно, на территории Юго-Восточной Азии (ЮВ и Центральный Китай, Вьетнам, Лаос, Таиланд, Бирма, Малайя, Индонезия), Маньчжурии, Кореи, Японии, Северной Америки (западные штаты США, Мексика, Британская Колумбия, Аляска), Аргентины, а также слабо проявлены на Балканах и в Западной Европе. Киммерийская (большей частью альпийская) минерализация установлена вдоль разновозрастных разломов в пределах южной и восточной частей Африканской платформы (алмазы, карбонатиты) и, локально, в пределах Индостанской платформы (реальгаровые месторождения Читраля).

Материалы о магматизме и металлогении киммерийской эпохи (в интервале $T-Cr_1$) в пределах отдельных районов приводятся ниже.

Для удобства сопоставления описание приведено раздельно для Средиземноморской и Тихоокеанской складчатых зон — сначала описаны отрезки зон в пределах Советского Союза, затем части их, находящиеся в зарубежных странах.

а. Киммерийская металлогения территории СССР

Металлогения Средиземноморской зоны (Северный Кавказ, Закавказье). С интрузивными кератофирами киммерийского возраста пространственно и генетиче-

ски, в смысле общности магматического очага, связаны полиметаллические месторождения Северной Осетии (крупное жильное месторождение Садон и др.), а с юрскими гранодиоритами—свинцово-цинковые метасоматические месторождения Абхазской АССР (Дзышра и др.); с юрскими интрузиями диабазов Главного Кавказского хребта связывают небольшие медно-пирротиновые (с примесью Со) месторождения Девдорак-Белоканской полосы. По-видимому, киммерийского возраста очень крупные жильные баритовые месторождения Кутаисского района, залегающие среди среднеюрских порфириров и генетически связанные с их корнями.

Киммерийская металлогения проявилась довольно интенсивно и в пределах Малого Кавказа, в особенности в Азербайджанской и Армянской республиках. С гранодиоритами предсеноманского возраста связаны скарновые магнетитовые месторождения (Дашкесан), гидротермальные месторождения кобальта (Дашкесан) и небольшие полиметаллические месторождения (Мехмана). С малыми субвулканическими интрузиями кварцевых порфиров и альбитофиров, приуроченных к мощным вулканогенным толщам среднеюрского возраста, тесно связаны пространственно и генетически (в смысле общности магматического очага) промышленные колчеданные месторождения меди (Алаверди, Шамлуг, Кафан, Кедабек), полиметаллических руд (Ахтала, Шаумян), серного колчедана (Чирагидзор), а также месторождения барита (Човдар, Уч-Килиса и др.); все эти месторождения локализованы в порфиритах среднеюрской толщи и возраст их считается доверхнеюрским. Колчеданные месторождения Малого Кавказа представляют молодые, слабо метаморфизованные аналоги Уральских месторождений и образовались в начальную доскладчатую стадию развития.

Для киммерийской металлогении Северного Кавказа и Закавказья в целом наиболее характерно колчеданное (медное и полиметаллическое) оруденение, очень типичны полиметаллические месторождения, крупные концентрации барита и промышленные скарновые месторождения железных руд с наложенной местами кобальтовой минерализацией.

К киммерийскому же поясу оруденения относится ртутно-сурьмяная минерализация Никитовки в Донбассе, полиметаллическая—Нагольного края, медные месторождения Мангышлака.

Металлогения Тихоокеанской зоны. Забайкалье целиком (и Восточное, и Западное) представляет область киммерийской складчатости и металлогении.

Для Восточного Забайкалья Ю. А. Билибин выделяет следующие комплексы: T_2 или J_1 —Верхнеононские малые интрузии кварцевых диоритов, гранодиоритов, гранит-порфиров, с которыми связано золото-шеелитовое Пешковское месторождение.

J_1 —Адунчолонские кислые граниты с пегматитами и зонами грейзенизации с касситеритом, вольфрамитом, тантал-колумбитом, сподуменом и литиевыми слюдами.

J_1 — J_2 —Кукульбейские малые интрузии гранитов и гранодиоритов с кварц-касситеритовыми и кварц-вольфрамитовыми месторождениями (Онон, Этыка, Шумиловка).

J_2 —Шахтаминские гранодиориты, граносиениты, граниты с хорошо выраженным золото-молибденовым оруденением (Давенда, Шахтама, Пильное).

J_3 — C_{T1} —порфировидные гранодиориты и биотитовые граниты с вольфрамитовым оруденением (Белуха, Букука, Антонова гора).

Пост J Хапчерангинские малые интрузии гранит-порфиров, липаритов, дацитов, вероятно также Шерловогорские гранит-порфиры. Характерны Sn, W; появляются полиметаллы (Хапчеранга, Шерловая гора, Тыринский рудник).

Пост J_3 —Нерчинско-заводский комплекс кварц-порфиров, гранит-порфиров, гранодиорит-порфиров, сиенито-диоритов, кварцевых диоритов с полиметаллическим оруденением (Нерчинская группа месторождений). Указанные комплексы пространственно обособляются, образуя три рудных пояса, выделенных С. С. Смирновым,—центральный олово-вольфрамовый, западный—золото-молибденовый и восточный—полиметаллический.

Однако разобшение Mo и W оруденения в Забайкалье не повсеместно и намечаются два рудных узла с интен-

сивным промышленным Мо-W оруденением: Шилкинский (преобладает Мо) и Джидинский (преобладает W). Минерализация Джидинского рудного узла сложная по составу; здесь характерны: W (гюбнерит), Mo, Sn, Be, Mn, также Pb, Zn, Cu, Au, флюорит.

В Западном Забайкалье с мезозойскими гранитоидами связана полиметаллическая минерализация с трубообразными (Тарбогатый) и гнездообразными (Намаминское) рудными телами среди карбонатных пород. Руды Pb-Zn и Pb-Zn-Cu с примесью Cd, In, Se, Te.

В Восточном Забайкалье имели место интрузии и более молодых гранитоидов (возраст Cr_2 —Tr) с альпийской металлогенией, представленной низкотемпературными месторождениями золота, сурьмы, ртути и флюорита.

С гранитоидами J_3 — Cr_1 возраста связаны также крупные месторождения золота в Восточном Забайкалье—Дарасун, Ключевское и огромное по масштабу Джидинское месторождение (кварц-гюбнеритовые жилы, примесь Au, более ранний этап Mo оруденения) в Западном Забайкалье; месторождения золота нижнего Приамурья и, вероятно, часть редкометального (Sn, W, Mo, Sb, Hg) оруденения центрального Сихотэ Алиня.

В результате детального изучения вольфрамовых месторождений Юго-Восточного Забайкалья, А. Д. Щеглову удалось выделить пять групп месторождений этого металла, формирующихся в различной тектоно-магматической обстановке.

1 Золото-шеелитовые жилы с арсенопиритом и стибнитом. Связаны с штоками гранодиоритов и кварцевых диоритов, дайками диоритов частью палеозойского, частью нижнемезозойского (пред J_2) возраста. Локализованы в Забайкальской горной стране и Шилка-Аргунском междуречье.

2. Скарновые месторождения шеелита (нередко с магнетитом) в тесной связи с умеренно-кислыми гранитоидными батолитами палеозойского, частью до J_3 возраста. Локализованы в Шилка-Аргунском междуречье, в пределах крупной антиклинальной структуры (Быстринское месторождение и др.).

3. Пегматитовые, грейзеновые и высокотемпературные кварцевые жилы с вольфрамитом, часто с примесью олова, в тесной связи с кислыми гранитными батолитами и частью (Sn-W месторождения) более поздними штоками. К этому типу относится большая часть месторождений вольфрама и среди них ряд крупных. Все они сосредоточены в пределах Агинского песчано-сланцевого поля (Sn-W пояс С. С. Смирнова), возраст их после J_2 , но до J_3 .

4. Вольфрамитовые и вольфрамит-шеелитовые месторождения (без Sn), в связи с малыми постбатолитовыми трещинными интрузиями гранит-порфиров и порфировидных биотитовых гранитов.

Месторождения расположены на крыльях главных антиклиналей, возраст их после J_3 . Характерно обилие сульфидов, многостадийность (до семи стадий) рудного процесса, повышенная роль Mo в рудах, развитие низкотемпературной стадии с флусоритом и карбонатами.

5. Ферберит-шеелитовые (с стибнитом, киноварью) месторождения, иногда в связи с дайками дацитов, а чаще вне связи с интрузиями, вдоль зон крупных разломов. Приурочены к Ундинской депрессии и залегают среди конгломератов и песчаников мела. Возраст оруденения Cr_2-Pg (?). Последовательность образования месторождений этого типа: золоторудные; кварц-стибнитовые, ферберитовые, ртутные.

Закономерности распределения на территории Юго-Восточного Забайкалья оловянных месторождений рассмотрены Н. И. Тихомировым.

Все месторождения олова сосредоточены в пределах мезозойских структур и, главным образом, в пределах антиклиналей; мелкие месторождения известны в крайних частях Шилка-Газимурского прогиба.

Контролируют оруденение глубинные разломы, вдоль которых внедрялись оловоносные интрузии и имела место эффузивная деятельность.

Среди оловоносных магматических комплексов выделены: Асакан-Шумиловские и Кукульбейские интрузии, близкие по возрасту, более молодой Гыр-Голунский комплекс и, наконец, наиболее молодые субвулканические и эффузивные

породы. В пределах наиболее крупной Даурской геоантиклинальной структуры выделены следующие магматические и рудные комплексы:

1. Асинские гранодиориты и биотит-амфиболовые граниты и диориты допермского возраста. С ними связана часть месторождений золота.
2. Даурские биотитовые граниты и аляскиты. Допермские (?). С ними связаны оловоносные пегматиты.
3. Кыринские гранодиориты и граниты, рвущие толщу пермского возраста. С ними связана часть золото-шеелитовых месторождений. Главная часть золоторудной минерализации связана с добатолитовыми малыми интрузиями Хангарукского комплекса (внедрились до Кыринских гранодиоритов и гранитов).
4. Асакан-Шумиловские лейкократовые и биотитовые граниты, частью пегматоидные и малые интрузии. Возраст мезозойский, с ними связаны кварц-касситеритовые и грейзеновые оловянные месторождения юго-западной части Даурского хребта.
5. Кукульбейский комплекс (до J_3) с кварц-касситеритовыми и пегматитовыми месторождениями восточной части Даурской структуры.
6. Гыр-Голунский комплекс малых трещинных интрузий гранит-порфиров. С ними связаны касситеритово-сульфидные месторождения железистого ряда.
7. Кислые приповерхностные интрузии и эффузивы J_3 и связанные с ними типичные касситеритово-сульфидные месторождения.

В пределах Агинской геоантиклинальной структуры с Кукульбейским комплексом связаны кварц-вольфрамит-касситеритовые и кварц-касситеритовые месторождения, а с J_3 субвулканическими интрузиями и эффузиями—два крупных месторождения касситеритово-сульфидного типа—Шерловогорское и Новое.

Можно сделать вывод о связи: кварц-касситеритовых и большей части пегматитовых месторождений с Асакан-Шумиловским и Кукульбейским комплексами; промежуточного типа месторождений, близкого к сульфидно-касситеритовому,

с Гыр-Голунским комплексом, а типичных сульфидно-касситеритовых месторождений с субвулканическими и эффузивными проявлениями магматизма.

С киммерийскими малыми интрузиями щелочного состава—сиенит-порфирами и лейцитофирами—связано золотое оруденение Алдана (ассоциация Au-Bi-Te) в месторождениях Лебедином и др. и, вероятно, также, сходные по типу и составу руд, месторождения Баргузинского района—Карафтит, Кедровка и др.

Киммерийская металлогения проявилась на Таймырском полуострове в горах Бырранга, в связи с малыми субщелочными интрузиями раннемезозойского возраста.

Здесь широко развита флюоритовая и полиметаллическая минерализация и намечается пояс низкотемпературного As-Hg-Sb оруденения.

Богатейшую металлогеническую провинцию киммерийского возраста представляет советский северо-восток Азии в бассейнах рр. Яна, Индигирка и Колыма (Верхоянский хребет и хребет Черского) и Анадырь. Здесь развиты песчаниково-сланцевые отложения триаса (частью пермь), интенсивно смятые и прорванные гранитоидными интрузиями.

На северо-востоке СССР выделяются две области—Верхоянско-Чукотская с мезозойской, главным образом, металлогенией и Корякско-Камчатская с металлогенией кайнозойского возраста.

В пределах Верхоянско-Чукотской области Ю. А. Билибин выделил три разновозрастных комплекса гранитоидов: верхнеюрские граниты колымского типа (с ними связаны Sn, W), нижнемеловые гранодиориты охотского типа (с Mo), верхнемеловые-палеогеновые гранитоиды омурчанского типа (с Sn). Им же была выделена предбатолитовая предверхнеюрская дайковая золотоносная формация.

С гранодиоритами и габбро верхнетретичного возраста предположительно связаны Hg, Sb, As, Au, Ag.

Интрузии гранитоидов и дайковая формация кварц-порфиров, диоритовых порфиритов и порфиритов вытягиваются вдоль глубинных разрывов, в связи с чем четко выделяются структурно-металлогенические пояса СЗ простирания, протя-

женностью в сотни километров. Огромный Яно-Индибирско-Колымский пояс золотоносности состоит, по В. Т. Матвеевко и Е. Т. Шаталову, из ряда полос: Иньяли-Дебинской, Чай-Урьинской, Тенькинской и Эльгино-Адычанской.

Господствующим типом оруденения являются средне-температурные золото-кварцевые жилы, частью стибнит-кварцевые и шеелит-кварцевые золотоносные жилы, тесно связанные пространственно с малыми интрузиями и дайками. Несколько меньшие масштабы имеют Аллах-юнская, Кюгюлюрская, Анюйская и Чаунская золотоносные полосы.

С колымскими гранитными батолитами и их саттелитами верхнеюрского возраста связаны редкометальные пояса с большой ролью Sn, W, местами также Mo, As, Co в кварц-касситеритовых, частью пегматитовых и скарновых месторождениях. Выделяются редкометальные пояса запад-юго-западного простирания: Главный (длиной 1100 км), Северный (600 км), Таскыстабытский (650 км) и меньшие по размерам пояса на Чукотке.

Таким образом, Au и Sn разобщены и во времени, и в пространстве.

С верхнемеловыми-палеогеновыми гранитоидами омсукчанского типа также связаны очень важные, секущие складчатость, редкометальные полосы Верхоянья и Балыгычано-Сугойского междуречья с господством малосульфидного и касситерит-силикатного (с турмалином и хлоритом) оруденения и большой ролью Pb, Zn, Ag.

Обособленно стоит Охотско-Чукотский рудный пояс (Магаданский и Омолонский рудные узлы), где господствующим типом оруденения является кварц-молибденитовое, в генетической связи с нижнемеловыми гранодисритами охотского типа; здесь же в связи с эффузивами и среди последних известны проявления деревянистого олова и низкотемпературные месторождения Au и Hg.

Металлогения того же типа, что на Северо-Востоке, намечается и на Северной Земле, Новосибирских островах, островах Врангеля и Геральда, где известны гранитоиды киммерийского возраста и в связи с ними проявления и ореолы в шлихах минералов Sn, W, Au, Hg.

Характерным минерализатором рудных процессов Северо-Востока является бор, который фиксируется в виде обильного в рудах турмалина—раннего железистого, отложенного в дорудную стадию и более позднего (менее богатая железом разность) турмалина, в тесной ассоциации с хлоритом, касситеритом и частью сульфидов.

Киммерийская металлогения советского отрезка Тихоокеанской зоны характеризуется в целом широким развитием Sn, W, Mo и подчиненных им Pb, Zn, Ag, Co; широко и интенсивно развито оруденение Au, обособленное однако во времени от предыдущего и связанное с малыми доботолитовыми и частью послебазальтовыми интрузиями гранитоидов и щелочных пород.

Таким образом, киммерийская металлогения Средиземноморской и Тихоокеанской зон в пределах Советского Союза резко различна и представлена провинциями разного типа. Это объясняется интенсивным проявлением в первом случае ранних этапов магматизма и оруденения (колчеданы, барит, скарны с магнетитом), во втором—поздних этапов магматизма и соответствующего им оруденения (Sn, W, Mo, Pb, Zn, также Au).

Следует отметить также проявление позднекиммерийского (или альпийского) магматизма вдоль разломов в пределах Сибирской платформы; с магматизмом этого возраста, представленного ультраосновными породами повышенной щелочности (типа кимберлитов), связаны недавно открытые очень крупные месторождения алмаза в бассейнах рр. Анабара, Оленек, в верховьях р. Вилюй и в других пунктах Якутской АССР.

6. Киммерийская металлогения зарубежных стран

Металлогения Средиземноморской зоны.

Очень интенсивная складчатость, магматизм и металлогения имели место в альпийскую эпоху, однако на отдельных участках Средиземноморской зоны Европы движения начались с триаса и часть металлогении является ранне- и позднекиммерийской (на Балканах, в Бельгии, Силезии).

По данным А. Cissarz'a (1956) в триасе на территории Югославии имели место интрузии и экструзии кварцевых кератофиров, порфиритов и андезитов; с ними связаны довольно крупные сидерит-гематитовые месторождения (Варес и др.), близкие по типу к Лан-Дильским; этого же возраста эпигенетические месторождения марганца (Чевлянович, Цер и др.), месторождения серного колчедана с баритом, галенитом, сфалеритом (Боровица), близкие по типу к Раммельсбергу и Мёггену. С порфиритами триаса предположительно связываются также крупное ртутное месторождение Идрия и небольшие полиметаллические и ртутные месторождения Черногории.

С лярामीйскими гранодиоритами, банатитами и интрузивными дацитами Восточной Сербии связаны небольшие контактово-метасоматические месторождения железа и гидротермальные проявления Cu, Pb, Zn, Au, Mo, W (шеелита).

В отличие от большинства других исследователей, А. Cissarz относит к киммерийскому (J_3-Cr_1) возрасту внедрение гипербазитов и связанные с ними крупные месторождения хромита (Люботин, Ораза и др.).

В целом для киммерийской металлогении Югославии характерен ранний этап магматизма и минерализации.

Предположительно киммерийскими являются крупные свинцово-цинковые метасоматические телетермальные месторождения Силезии (Блейшарлей в Германии, Олькуш в Польше), приуроченные к карбонатным породам триаса, а также менее крупные месторождения района Аахена и Мехерниха (левобережье Рейна) с продолжением оруденения и на территории Бельгии (свинцово-цинковые пластообразные и жильные тела среди известняков верхнего девона и нижнего карбона).

Т. Galkiewicz (1957) приводит интересные данные об условиях образования силезско-краковских свинцово-цинковых месторождений.

Оруденение сосредоточено в доломитах триаса, в тех горизонтах, которые подверглись гидротермальной доломитизации; в доломитах осадочного генезиса, содержащих прослой гипса, оруденение отсутствует. Минерализация контро-

лируется часто сбросовыми трещинами, а жильные тела свинцово-цинковых руд переходят из толщи триаса в юру.

Абсолютный возраст свинца дал цифры в пределах до 130 млн. лет (мезозой), в то время как в случае осадочного генезиса источником оруденения должны были бы послужить месторождения палеозойского цикла. Эти данные говорят за киммерийский возраст и эпигенетический (гидротермальный) генезис оруденения.

Металлогения Тихоокеанской зоны. Китайская Народная Республика. По данным Хуан-Бо-циня (1952), киммерийский (яньшанский) тектогенез и магматизм проявились на обширных территориях Северного Китая (в провинциях Жэхэ, Хэбэй, внутренней Монголии, Северной Маньчжурии) и особенно интенсивно в южных и частью центральных провинциях Китая (Гуандун, Гуанси, Юньнань, Цзянси, Хунань, Фуцзянь, Чжецзянь).

С яньшанскими гранитами Северного Китая связаны месторождения золота и полиметаллических руд, отдельные месторождения вольфрама; с умеренно-кислыми гранитоидами (гранодиоритами) бассейна р. Янцзы (Центральный Китай) связаны скарновые месторождения железа и меди (Дае, Линьян, Дунгуаншань и др.). Особенно интенсивна и в промышленном отношении ценна металлогения юго-восточных и южных провинций Китая, где широко развиты кислые граниты яньшанского цикла.

Среди гранитных массивов и в непосредственном экзоконтакте их сосредоточены многочисленные и часто очень крупные месторождения вольфрама (кварц-вольфрамитовые высокотемпературные жилы) и олова (кварц-касситеритовые жилы и грейзены, скарновые сульфидно-касситеритовые месторождения среди известняков), часто со значительной примесью Мо и В.

Особенно богата вольфрамом провинция Цзянси (месторождения Тайшишань, Ква-ми-шань, Пан-ку-шань и др.), а оловом — провинция Юньнань (район Кочиу); в юго-восточных провинциях Китая сосредоточена $\frac{1}{3}$ мировых запасов олова и подавляющая часть мировых запасов вольфрама; здесь получают 50% мировой продукции вольфрамовых

концентратов и очень значительные количества олова. Интересной особенностью металлогении является богатство Sn-W руд литием (литиевые слюды), который извлекается также в значительных количествах. Несколько дальше от выходов гранитных интрузий располагаются полиметаллические месторождения (Pb-Zn с примесью Ag, Au, Cu), залегающие среди осадочных пород.

Вне видимой связи с яньшанскими гранитами, вдоль разломов и зон дробления, развито низкотемпературное гидротермальное оруденение с крупными концентрациями Sb, Hg и As (реальгара и аурипигмента); здесь следует отметить огромное по масштабу сурьмяное месторождение Си-гуань-шань (дает примерно $1/2$ мировой добычи сурьмы), крупные ртутные месторождения пояса Куэйчжоу, а также ряд месторождений Sb, Hg, As провинции Юньнань.

Все эти месторождения, от высокотемпературных Sn-W до низкотемпературных Sb-Hg-As, рассматриваются как части одного единого цикла металлогении, связанного с яньшанскими гранитами; за это говорит не только зональное расположение месторождений по отношению к массивам гранита, но также геохимическое родство различных типов месторождений, включая такую интересную особенность, как ураноносность, установленную как для Sn-W, так для полиметаллических и Sb-Hg-As руд. Следует оговорить, что часть Sb-Hg и As месторождений юга Китая (провинция Юньнань) залегает среди осадочных пород третичного возраста и относится к альпийским образованиям.

Вьетнам, Лаос, Таиланд, Бирма. С киммерийскими гранитами, выходы которых обычны в этих странах, связана металлогения, сходная по типу с таковой Южного Китая.

В районе Као-Банг, близ границы Вьетнама с Китаем, известно крупное месторождение кварц-касситерит-вольфрамитового типа и аллювиальные россыпи, связанные с его разрушением. В известняках триаса на территории Вьетнама известны полиметаллические, сурьмяные и ртутные месторождения. В Аннаме и Северном Тонкине (провинции Вьетнама) известны месторождения Au и U.

В Лаосе разрабатываются касситеритовые россыпи района Нам-Патен, известны лимонитовые шляпы, содержащие касситерит и возникшие в результате окисления месторождений сульфидно-касситеритового типа.

В Западном Таиланде широко развиты киммерийские гранитоиды двух различных возрастов. С более древними (триас) амфибол-биотитовыми гранитами связаны многочисленные, не крупные месторождения золота, меди, молибдена, железа, свинца и цинка, сурьмы. С более молодыми (мел) мусковитовыми кислыми гранитами связаны кварц-касситерит-вольфрамитовые жилы и грейзены (крупные месторождения Пилок, Мелама и др.). Продолжением этого типа минерализации являются также очень крупные рудные поля районов Маучи и Мергуи-Тавой в Бирме.

Малайя и Индонезия. С широко развитыми в Малайе и на островах Банка, Биллитон и Синкеп Индонезии киммерийскими (возраст J_3 — Cr_1) порфировидными биотит-мусковитовыми гранитами связаны многочисленные кварц-касситеритовые жилы и месторождения типа оловоносных грейзенов (с примесью вольфрамита), отдельные скарновые сульфидно-касситеритовые месторождения (с примесью шеелита) и богатейшие аллювиальные и элювиальные россыпи, возникшие в процессе разрушения коренных выходов руд.

Малайя и Индонезия дают в сумме более $1/2$ мировой добычи олова. Имеются данные о содержании в Sn-W рудах Малайи Nb (колумбита) и U (уранинита). Территориально обособлены от месторождений олова и вольфрама и тесно связаны с малыми интрузиями кварцевых порфиров сравнительно небольшие месторождения золота и сурьмы восточного склона Главного хребта Малайи. В целом, для киммерийской металлогении юго-востока Азии характерны огромные концентрации Sn и W, также Sb, Hg; типична примесь U.

Следует упомянуть о наличии небольших промышленных месторождений алмаза и проявлений платины в юго-восточной части о-ва Борнео (район Мартапура), связанных, по-видимому, с гипербазитами нижнемелового возраста (брекчии этих пород считаются материнскими породами алмазов).

Корея. С киммерийскими (меловыми?) гранитами

связаны многочисленные и крупные месторождения кварц-вольфрамитового типа (с примесью Bi, Sn) в районе Пхеньяна, Сеуда и Кэсона, а также крупное скарновое (шеелитовое) месторождение Сангдонг в Южной Корее, где на шеелитоносные скарны наложено гидротермальное кварц-вольфрамит-висмутиновое оруденение.

Япония. В восточной—юго-восточной части Японии довольно широко развиты киммерийские (возраст $J-Cr_1$, частью T) ультраосновные, основные и умеренно-кислые интрузии, широко развиты вулканогенные толщи юры и мела.

С юрским магматизмом связаны колчеданные месторождения меди, эпигенетические концентрации Mn и Fe-Mn руд, а также месторождения хромита; с нижнемеловыми гранитоидами связаны некоторые месторождения золота, железа, полиметаллических руд. Среди киммерийских месторождений Японии наибольший практический интерес представляют медноколчеданные и хромитовые.

Аляска и Британская Колумбия. Киммерийские интрузии, главным образом умеренно-кислые гранитоиды J_3-Cr_1 возраста, широко развиты на Аляске в бассейне р. Юкон и в западной части Канады (Британской Колумбии), исключая узкую полосу, примыкающую к Тихому океану, где в пределах Берегового хребта проявилась более молодая—альпийская металлогения.

С киммерийскими гранитоидами связаны коренные месторождения и россыпи золота Клондайк и Баркерсвилла (Британская Колумбия), Нома (Аляска), крупные месторождения меди с примесью золота и серебра и месторождения золота в ЮВ Аляске и в бассейне р. Фрейзер (район Коппермаунтин), а также очень крупное полиметаллическое (Pb-Zn руды с примесью Ag, Sn, In) месторождение Сулливана в Британской Колумбии и другие однотипные на Аляске. С киммерийскими же более кислыми гранитоидами связаны месторождения олова Сюордского п-ова и района Руби (среднее течение р. Юкон) и крупные скарновые шеелитовые месторождения района Сальмо, Британская Колумбия.

США (западные штаты). С киммерийскими (J_3-Cr_1) гранитоидами связаны крупные месторождения золота в Кали-

форнии (Материнская жила, Грасс Валли, Аллегейни и др.), жильные месторождения золота, меди, свинца и цинка, серебра в штатах Невада и Аризона (в генетической связи с батолитом Сиерра Невада).

К киммерийской металлогенической эпохе следует отнести скарновые шеелитовые месторождения западных штатов США (Милл-Сити в Неваде, Пайн-Крик в Калифорнии и др.) и Мексики (Эль-Феномено в Калифорнии и др.). Необходимо отметить также довольно широкое распространение в западных штатах хромитового оруденения (масштаб месторождений небольшой) в связи с гипербазитами юрского—мелового возраста (в россыпях встречается платина, местами алмаз) и наличие колчеданных месторождений меди (Шаста-Каунти в Калифорнии и др.), залегающих среди эффузивных толщ и, по-видимому, не связанных с гранитами Сиерра Невады.

В целом, в отличие от ярко выраженного олово-вольфрамоворудного характера минерализации юго-востока Азии, киммерийская металлогения Тихоокеанского пояса обеих Америк, а также Японии богата медью (в том числе колчеданные месторождения), золотом, свинцом и цинком, при очень скромной роли олова и вольфрама. Эти существенные отличия в специфике металлогении объясняются, в основном, тем, что на юго-востоке Азии интенсивно проявился поздний этап развития складчатой зоны, сопровождавшийся внедрением кислых гранитов, в то время как на территории обеих Америк и Японии проявились главным образом ранний и средний этапы развития, магматические породы основного и умеренно-кислого состава и связанная с ними минерализация.

Основные черты киммерийской металлогении

Подводя итог по киммерийской металлогении в целом, следует подчеркнуть четкое, как и для герцинской металлогении, выделение двух типов металлогенических провинций:

1. С резко выраженным преобладанием ранних и средних этапов развития и с широким проявлением умеренно-

кислых гранитоидов, а также гипербазитов (Северный Кавказ, Закавказье, Балканы, Япония, Аляска, Британская Колумбия, западные штаты США).

2. С господством поздних этапов развития и широким развитием кислых гранитов, сопровождающихся резко отличной металлогенией (Забайкалье, северо-восток СССР, юго-восток Азии, Корея). В провинциях первого типа широко развиты медные колчеданные, жильные и скарновые месторождения, месторождения полиметаллических руд, барита, скарновые месторождения железа (местами с наложенной минерализацией Co); большую роль играют золото-сульфидные месторождения, местами хорошо выражено шеелитовое оруденение в скарнах. Все указанные типы месторождений связаны с магмами умеренно-кислого состава: колчеданные руды и барит, по-видимому, с корнями мощных толщ эффузивов, среди которых залегают; месторождения золота—главным образом с малыми добатолитовыми и частью послебатолитовыми интрузиями, остальные типы руд (и часть Au) с батолитами умеренно-кислых гранитоидов средних этапов развития. В этих же провинциях с обычными здесь гипербазитами связаны месторождения хромита (местами крупные) и проявления или небольшие месторождения платины и алмаза.

Характерные металлы: Cu, Cr, Fe, Au, Pb, Zn, локально W (шеелит).

В провинциях второго типа совершенно отсутствуют или очень слабо представлены некоторые из отмеченных выше типов месторождений. Здесь особенно характерны кварц-касситеритовые, кварц-вольфрамитовые, кварц-молибденитовые месторождения (часто с примесью минералов Bi, Li, местами Co, Be, U), золото-сульфидные месторождения (обычно более ранние, чем Sn-W-Mo, связаны с малыми интрузиями добатолитовой стадии), сульфидно-касситеритовые (связаны с гипабиссальными постбатолитовыми штоками), а также крупные месторождения Pb-Zn, Sb, As и Hg руд.

Характерные металлы: Sn, W, Mo, также Au, Pb, Zn, Sb, Hg, Bi, U, Li.

Типы провинций и месторождений	Геологические условия образования	Примеры месторождений и рудных районов	Промышленное значение
<i>I. Провинции с преобладанием раннего и среднего этапов развития складчатых зон</i>	Месторождения связаны с гипербазитами и умеренно-кислыми гранитоидами	Северный Кавказ, Закавказье, Балкавы, Япония, Аляска, Британская Колумбия, западные штаты США	Крупное для Cu, Cr, Au, Fe, Pb, Zn, локально—W (шеелита)
1. Колчеданный и баритовый	Среди эффузивов, связанных с их корнями или малыми интрузиями кварц-порфиров, кварц-альбитофиров	Алавердский и Кафанский рудные районы Арм. ССР, Келабекский и Чирагидзорский рудные районы Азерб. ССР; м-ния барита Ку-таиси, Човдара, Копет-дага; Боровица, ЮЗ Япония, Шаста-Каунти	Крупное для Cu, серного колчедана, барита (попутно Pb, Zn, Au, Ag)
2. Сидерит-гематитовый и пиролюзитовый	Среди эффузивов, вероятно подводные эксгальационные образования	Варес (Fe) и Чевлянович (Mn) в Югославии, м-ния ЮВ Японии (Fe, Mn).	Сравнительно небольшое для Fe и Mn
3. Хромитовый	Среди гипербазитов	М-ния Югославии, ЮВ Японии, западных штатов США	Значительное для Cr в Югославии и Японии (попутно иногда Pt, алмаз)
4. Скарновый железорудный (местами с наложенным Co оруденением)	В контактах с умеренно-кислыми гранитоидами	Дашкесан, м-ния Югославии, Японии, Мексики	Небольшое для Fe и Co
5. Скарновый с шеелитом	В контактах с умеренно-кислыми гранитоидами	Западные штаты США, Мексика	Небольшое для W
6. Полиметаллический	В связи с умеренно-кислыми гранитоидами	Садон, Сулливан	Значительное для Pb и Zn (попутно Ag, Cd, In, местами Sn)
7. Золото-сульфидный	В связи с умеренно-кислыми гранитоидами	М-ния Аляски, Калифорнии, Невады, Аризоны	Значительное для Au
<i>II. Провинции с преобладанием позднего этапа развития складчатых зон</i>	Месторождения связаны с кислыми гранитными батолитами, также добатолитовыми и по-слебатолитовыми малыми интрузиями	Забайкалье, северо-восток СССР, юго-восток Азии, Корея	Очень крупное для Sn, W, Sb, Au; значительное для Pb, Zn, Hg
1. Кварц-касситеритовый, кварц-вольфрамитовый, кварц-молибденитовый	Связаны с кислыми гранитами (батолиты и штоки)	Онон, Белуха, Букука, Антонова гора, Шерловая гора, Бутыгычаг, Иультин (Sn—W и W); Магадан, Омогон (Mo). М-ния ЮВ Азии, Кореи	Очень крупное для Sn и W, значительное для Mo, Bi
2. Сульфидно-касситеритовый	Связаны с кислыми и умеренно-кислыми гранитоидами	Хапчеранга, Эге-Хая, Имтанджа. М-ний Ю. Китая и Лаоса (часть)	Очень крупное для Sn
3. Полиметаллический	Связаны с кислыми и умеренно-кислыми гранитоидами	Нерчинская группа, м-ния Ю. Китая, Вьетнама	Значительное для Pb и Zn
4. Золото-сульфидный	Связаны с добатолитовыми малыми интрузиями, частью с батолитами гранитоидов	Дарасун, Лебединое, м-ния Колымы, м-ния Малайи и Вьетнама	Очень крупное для Au
5. Скарновый вольфрама (шеелита) и олова	Связаны с кислыми гранитами	Сангдонг, некоторые м-ния Ю. Китая и Малайи	Значительное для W, небольшое для Sn
6. Пегматитовый с Sn и W	Связаны с кислыми гранитами	В. Забайкалье, СВ СССР, ЮВ Азии	Значительное для редких металлов
7. Сурьмяно-ртутный и мышьяковый	Связь с интрузиями неясна, вероятно с кислыми гранитами	Месторождения Ю. Китая, Вьетнама	Очень крупное для Sb, значительное для Hg

Схема развития металлогении киммерийских складчатых зон, отдельно для обоих типов провинций, дана в приложенной табл. 6.

Металлогения складчатых зон альпийского возраста и наложение альпийской металлогении на киммерийские, герцинские и каледонские складчатые структуры и на платформы

На территории Советского Союза альпийская складчатость, магматизм и металлогения интенсивно проявились на Кавказе и в Закавказье, в Закарпатье, а также на Чукотке, Камчатке, Курильских островах, вдоль побережья Охотского и Японского морей, в Забайкалье, предположительно также на Памире, в Дарвазе и Горном Алтае (?).

За пределами Советского Союза альпийская складчатость и сопровождающие ее магматизм и интенсивная минерализация проявились почти во всех странах ЮЗ и Ю Азии (Турция, Иран, Афганистан, Пакистан, Индия, Бирма, Таиланд, Южный Китай, Индонезия), в пределах Средиземноморского складчатого пояса, а также в островных дугах Азии (Япония, Тайвань, Филиппины), представляющих часть Тихоокеанского складчатого пояса.

Альпийская металлогения интенсивна также на Новой Гвинее, островах Фиджи, Новой Каледонии, Новой Зеландии и достигает максимума развития вдоль Тихоокеанского побережья обеих Америк (Аляска, Британская Колумбия, западные штаты США, Мексика, Куба, страны центральной Америки, Венесуэла, Колумбия, Эквадор, Перу, Боливия, Аргентина, Чили).

Альпийская складчатость, магматизм и металлогения охватывают также Северную Африку (Марокко, Алжир, Тунис), проявились в ряде стран Западной Европы (Южная Испания, Центральная Франция, Южная Германия, Италия, Австрия, Венгрия, Чехословакия), на Балканах и на о-ве Кипр, в пределах Средиземноморской складчатой зоны.

Альпийская металлогения проявилась в пределах Африканской платформы (Саудовская Аравия, Египет, Мада-

гаскар, Танганьика и др.) и по южной окраине Северо-Американской платформы (в бассейнах рр. Миссури и Миссисипи).

Материалы о магматизме и металлогении альпийской эпохи (в интервале C_2 —Q) в пределах отдельных районов приводятся ниже. Для удобства сопоставления описание приведено отдельно для двух крупнейших структур—Средиземноморской и Тихоокеанской складчатых зон—сначала для отрезков их в пределах Советского Союза, затем для частей этих складчатых зон, проходящих в зарубежных странах.

а. Альпийская металлогения территории СССР

Металлогения Средиземноморской зоны (Кавказ и Закавказье, Памир и Дарваз).

Главный Кавказ. Альпийская складчатость, магматизм и металлогения проявились особенно интенсивно в западной и центральной части хребта; с порфировидными гранитами-гранодиоритами Эльджуртинского типа (абсолютный возраст 20 млн. лет*, миоцен) генетически связано крупное скарновое месторождение W (шеелита) и Mo Тырнауз, небольшие месторождения Pb и Zn, Sb, Sn, а также, вероятно, крупное жильное арсенопиритовое месторождение Цена.

С малыми приповерхностными интрузиями дацитов мио-плиоценового возраста связаны многочисленные, большей частью небольшие месторождения сурьмы (Зопхито), вольфрама с сурьмой (Ноцара и др.), мышьяка в форме реальгара и аурипигмента (Лухуми), иногда в ассоциации с киноварью (Кодис-дзири), ртути (Ахей, Талахиани, Хлек и др.), которые образуют рудный пояс, вытянутый на сотни километров параллельно направлению Главного Кавказского хребта. В этом рудном поясе очень характерна ассоциация Sb-W-As-Hg (местами с теллуридами Au).

* По данным Н. А. Хрущева возраст эльджуртинских гранитов 80—110 млн. лет, а месторождение древнее и возможно герцинского возраста.

Еще интенсивнее проявились альпийский магматизм и металлогения в пределах Малого Кавказа. В узком принадвиговом Севанском поясе, вдоль глубинного разлома, внедрились гипербазиты Cr_2 —Еос₁ возраста, с которыми связаны промышленные месторождения хромита (Шорджа, Гейдара и др.), асбеста (Дара) и проявления Pt. С верхнемеловыми дацитами связано колчеданное (Cu, Pb, Zn, барит) месторождение Маднеули и гематитовое месторождение Чатах в Южной Грузии.

Позднее, в верхнем эоцене, имело место внедрение гранодиоритов северного склона Памбака и Мокрых гор, с которыми связаны небольшие скарновые и гидротермальные месторождения меди (Шагали-Элар, Сисимадан и др.), серного колчедана (Чибухлы, Тандзут) и телетермальные месторождения свинцово-цинковых руд (Привольное).

Наиболее интенсивная складчатость, сопровождавшаяся внедрением крупных массивов габбро, монзонитов и порфировидных гранитов-гранодиоритов, имела место в пределах Памбак-Зангезурского антиклинория в среднем—верхнем миоцене (абсолютный возраст гранодиоритов по ряду измерений 10—15 млн. лет). С габбро этого цикла связаны месторождения титаномагнетитовых руд (Калакар, Арамазд и др.), с монзонитовой и главным образом гранит-гранодиоритовой фазами внедрения связаны многочисленные медно-молибденовые месторождения (и среди них такие крупные, как Каджаран, Агарах, Дастакерт, Анкаван), сравнительно небольшие месторождения полиметаллических руд и сурьмы (в Даралагезе), проявления золота, шеелита (в скалах), урана.

Наконец, с наиболее поздними мио-плиоценовыми интрузивными дацитами (и гранодиоритами?) связаны месторождения реальгар-аурипигментовых руд Нахичеванской АССР (Дарри-даг), Вединского и Сисианского районов Армянской ССР; месторождения сурьмы (с реальгаром), ртути и золота с Те, Вi (Зод) Севано-Амасийского рудного пояса. Эта низкотемпературная минерализация приурочена к наиболее поздним северо-восточным и меридиональным нарушениям, секущим структуры общекавказского (СЗ—ЮВ) прости-

рания, или накладывается вдоль Севанского глубинного разлома в связи с имевшими здесь место повторными подвижками.

Для альпийской металлогении Кавказа и Закавказья особенно характерны медно-молибденовые и скарновые W-Мо (шеелит-молибденитовые) месторождения с крупными концентрациями Мо и Cu в Армянской ССР, Мо и W на Северном Кавказе.

Характерны низкотемпературные приповерхностные месторождения Sb, W (ферберита и шеелита), Hg, As (реальгара и аурипигмента), золота (с Te, Bi), а для Малого Кавказа, в связи с гипербазитами, также хромита.

Закарпатье. Десятки рудных месторождений и среди них промышленные открыты после 1950 г. и тесно связаны с андезито-базальтами паннона и плиоцена (вплоть до верхнего плиоцена).

Здесь широко развиты, по Б. В. Мерличу, флишевые отложения олигоцена и молассовые—миоцена. Основная складчатость имела место на границе палеогена и неогена и сопровождалась внедрением малых интрузий и субвулканических тел конечных этапов развития подвижных зон.

В тесной связи с магматизмом образовались месторождения ртути, сурьмы, мышьяка (реальгара), полиметаллических руд района Чоп и др.

Памир, Дарваз, Копет-даг. Полиметаллическое оруденение западного Дарваза (телетермальные Pb-Zn руды в доломитизированных известняках турона) и разнообразные по составу, в большинстве слабо изученные, месторождения Северного и Центрального Памира (кварцевые жилы с Au, сульфидами Cu, Pb, Zn, Mo, арсенопиритом, жилы горного хрусталя, флюорита, барита), так же как и баритовые, витеритовые и кварц-сульфидные жилы (содержащие Cu, Pb, Zn, Hg) Копет-дага в Туркменской ССР, относятся к альпийской металлогенической эпохе.

Металлогения Тихоокеанской зоны (Восточное Забайкалье, Сихотэ-Алинь, Чукотка, Корякский хребет, Камчатка, Курильские о-ва).

Восточное Забайкалье. Господствующей в В. Забай-

калье является киммерийская металлогения, представленная крупными концентрациями Sn, W, а также месторождениями Mo, Au, Pb и Zn. Однако в зонах альпийских прогибов и разломов с дацитами или с не вскрытыми на поверхности интрузивными массивами Cr_2 —Tg возраста в В. Забайкалье связаны достаточно крупные месторождения золота (Балей, Тасеевское) низкотемпературного типа в ассоциации: халцедон, кальцит, адуляр, электрум, пираргирит, а также отдельные месторождения Sb, иногда с W (Могоча, Ново-Ивановское), проявления ртути (Ильдикан в Юго-Восточном Забайкалье) и крупные месторождения флюорита (Солонечное, Абагатуй и др.).

Вероятно, к альпийскому циклу следует отнести и липариты Хапчерангинского рудного поля, содержащие в проглоточках деревянистый касситерит.

По представлениям А. А. Якжина (1955), Забайкалье и Южное Приморье представляют отрезок Монголо-Охотского пояса А. Е. Ферсмана (1931) или Тихоокеанского рудного пояса С. С. Смирнова (1946).

Докембрийская складчатость и металлогения проявились в Прибайкалье и Восточном Саяне (главным образом золото), каледонская—в Джугджурском хребте, бассейнах рр. Джиды и Баргузин (золото, титаномагнетит), варисская—в полосе Рухлово-Зей (железорудные месторождения Западного Забайкалья).

Наиболее интенсивно проявились в Восточном Забайкалье и Приамурье киммерийская (максимум в пред J_3 и пред Cr_1 периоды) и альпийская (в Приморье) складчатость и металлогения. Магматизм и металлогения тесно связаны с типами структур, имеют свои особенности; выделяются следующие мезокайнозойские металлогенические провинции (рис. 3):

1) Буреинская с интрузиями мезозойского и частью кайнозойского возраста. Типично золото (с доюрскими и пост- J интрузиями) и редкие металлы, в связи с биотитовыми гранитами австрийской фазы складчатости.

2) Ханкайская мезокайнозойская, с редкими металлами, флюоритом, железом.

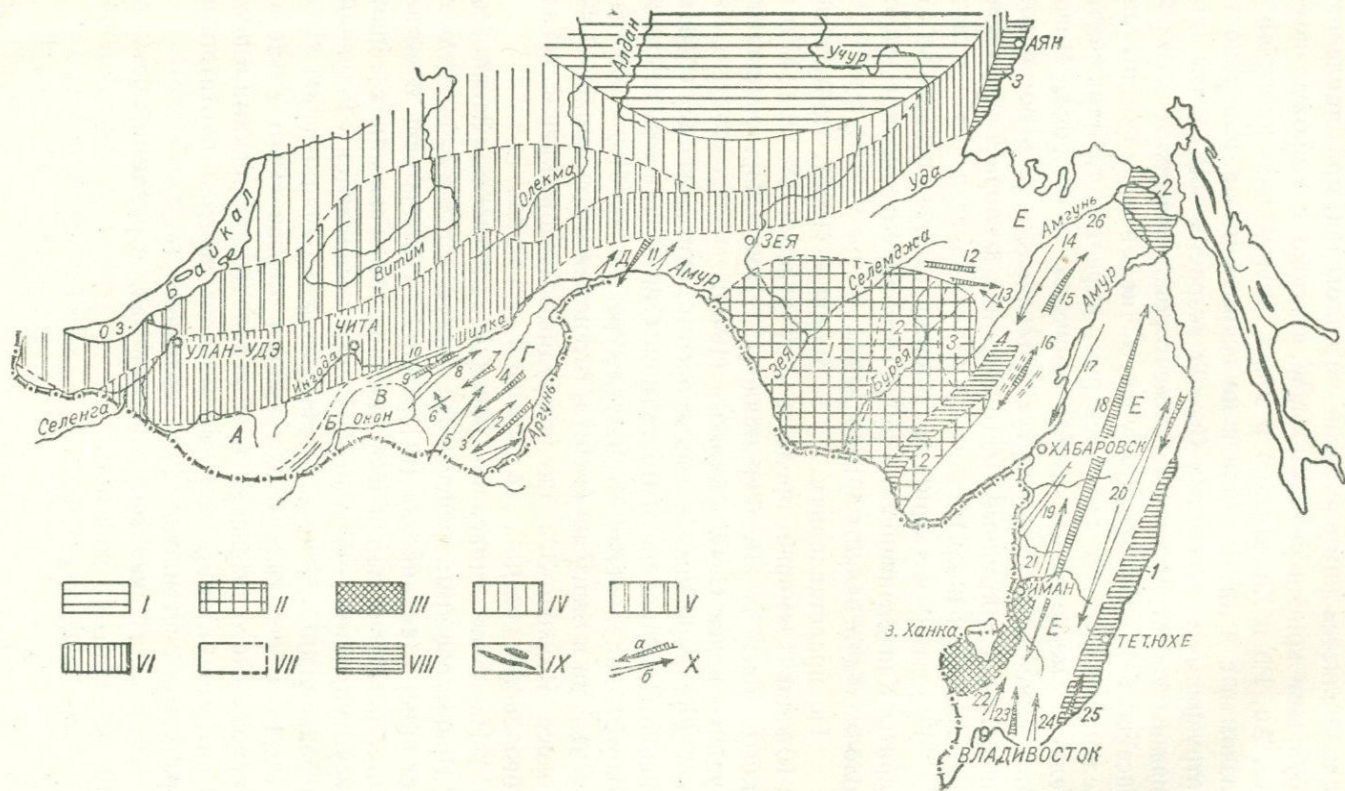


Рис. 3. Схема геологической структуры Забайкалья и южной части Дальнего Востока

(по А. А. Янжину)

I — Алданский щит; II — Амуро-Маньчжурская плита: 1 — Нижнезейская депрессия, 2 — Буреинский кристаллический массив; 3 — Буреинский грабен; III — Ханкайский древний массив; IV — Область преимущественного развития протерозойских структур; V — Область развития каледонской складчатости; VI — Область возможного развития варисской складчатости; VII — Область развития мезозойской складчатости: А — районы Джидинской и Чикойской тайги с наложенными мезозойскими структурами на древние складчатые сооружения, Б — Даурская мобильная зона, В — Агинское сланцевое поле, Г — район междуречья Шилки и Аргуни, Д — верхнеамурский район, Е — район Дальневосточной мезозойской складчатости; VIII — область развития верхнемеловых (ларамийских) структур: 1 — Приморский район, 2 — Нижнеамурский район, 3 — Охотский район, 4 — Тын-Хинганский прогиб; IX — Область палеогеновой складчатости; X — антиклиналы или антиклинории (а), синклинали или синклинории (б) мезозойского возраста: 1 — Аргунский синклинал, 2 — Кличкинско-Кадаинский антиклинал, 3 — Савво-Борзинский синклинал, 4 — Цаган-Олуевский антиклинал, 5 — Урюмкан-Борзинский синклинал, 6 — складчатость Кукульбейского района, 7 — Газимурский антиклинал, 8 — Удинский синклинал, 9 — структура Борщовочного хребта, 10 — Ингодино-Шилкинский синклинал, 11 — Сковородинский синклиний, 12 — Эзоповский антиклинал, 13 — Верхнебуреинская складчатая зона, 14 — Амгунский синклиний, 15 — Амгуно-Амурский антиклинорий, 16 — антиклинал хребта Ян-Огды, 17 — Амурский синклиний, 18 — Сихотэ-Алиньский антиклинорий, 19 — Бикинский антиклинорий, 20 — Сихотэ-Алиньский синклиний, 21 — Даубихинский синклинал, 22 — Суйфунский синклинал, 23 — Муравьевский антиклинал, 24 — Сучанская синклинальная зона, 25 — Прибрежная антиклинальная зона, 26 — Область развития изоклинальных складок Нижнеамурской складчатой зоны.

3) Нижнеамурская с месторождениями редких металлов, мышьяка и полиметаллических руд верхнекиммерийского и альпийского возраста. С послепалеогеновой жерловой фазией магматизма связаны низкотемпературные месторождения Au-Ag руд.

4) Южно-Приморская провинция пост-верхнемелового возраста. Месторождения сульфидно-касситеритового типа, скарновые полиметаллические, магнетитовые и аксинит-даолитовые.

5) Тырмо-Хинганская, аналогичная Южно-Приморской с гранит-порфирами и месторождениями редких металлов и флюорита.

6) Забайкальская с выделением трех поясов (по С. С. Смирнову): Центрального—Sn-W, Западного—Au-Mo и Восточного—полиметаллического.

Интересные соображения о закономерностях распределения оруденения в Восточном Забайкалье высказаны в последнее время (1956) Д. И. Горжевским и В. Н. Козеренко. Они отмечают отклонения от известной схемы С. С. Смирнова, выраженные в развитии в Центральном Sn-W поясе также и Mo, а в северо-восточной части этого же пояса—полиметаллического оруденения (Култуминский район). Далее они считают, что в пределах Sn-W пояса имеются месторождения кварц-касситерит-вольфрамитовых, сульфидно-касситеритовых и полиметаллических руд различного возраста: верхнепалеозойского (или нижнемезозойского), предверхнеюрского, преднижнемелового, посленижнемелового.

На обширную пермскую геосинклиналь Восточного Забайкалья была наложена остаточная предверхнеюрская геосинклиналь. В J_3 имеет место промежуточный к платформенному режим с гипабиссальными интрузиями, а в нижнемеловое время область представляла собою молодую платформу с субвулканическим магматизмом, проявлявшимся вдоль разрывов.

Полиметаллическая зона Приаргуны представляла краевую часть остаточной геосинклинали с гипабиссальными интрузиями; Култуминский район расположен в области СВ замыкания этой же остаточной геосинклинали и отсюда по-

нятно наложение здесь на более древнее редкометальное оруденение полиметаллической минерализации, аналогичной таковой Приаргунья. Любопытно подчеркнуть, что на юго-западном замыкании остаточной геосинклинали проявлено сульфидно-касситеритовое и полиметаллическое оруденение Хапчеранги*; месторождения здесь гипабиссального характера и связаны с гранит-порфировыми интрузиями мезозоя.

Строение оловянно-вольфрамового пояса Забайкалья в целом — от Джиды до Шилки — весьма сложно.

В периферической части пермской геосинклинали интрузии частью гипабиссальные (в районе Джиды), частью глубинные (район Чикой — Ингода). Возраст интрузий от нижнемезозойского (до J_2 , м. б. даже Pz_3) до Cg_2 , м. б. третичного.

Главные типы месторождений: вольфрамово-молибденовый, вольфрамово-оловянный, сульфидно-касситеритовый, (последний наиболее молодой).

Внутри Центрального Sn-W рудного пояса Восточного Забайкалья выделяются следующие структурно-фациальные и металлогенические зоны:

а) Агинский массив с месторождениями кварц-вольфрамит-касситеритового типа (Шерловая гора) и отдельными вольфрамоворудными.

б) Северо-западная синклиналильная зона с гранитами предверхнеюрского (?) возраста. Развита оловоносные пегматиты.

в) Центральная синклиналильная зона с предверхнеюрскими гранитоидами, частью гипабиссальными. Месторождения кварц-касситеритовые и кварц-вольфрамитовые (Этыка, Букука, Белуха и др.).

г) Переходная зона (от красной структуры к главным прогибам) с предверхнеюрскими и верхнеюрскими гипабиссальными интрузиями с Mo и Pb-Zn оруденением (Ильди-кан, Тайнин и др.).

* Для сульфидно-касситеритового типа характерна тесная ассоциация мелкозернистого касситерита с пирротином, арсенопиритом и др. сульфидами, значительна роль в рудах станина.

Поверхностные выходы руд представлены лимонитовыми и скородитовыми шляпами (поисковый признак).

д) Газимуро-Урюмканские поднятия с полиметаллическими месторождениями сложного состава (связаны с J_3 интрузиями) и месторождениями Мо и шеелитоносных скарнов в связи с варисскими интрузиями.

Что касается Северо-западного Мо-Ау пояса, так же как Юго-восточного полиметаллического пояса, они расположены в краевой части мезозойской остаточной геосинклинали.

Месторождения предверхнеюрского и преднижнемелового возраста. В Северо-Западном (более глубоко эродированном) поясе главные металлы Ау и Мо, второстепенные — Sb, Bi, Pb, Zn, Ag, As; в Юго-Восточном поясе главные металлы Pb и Zn. Следует иметь в виду наложение посленижнемелового оруденения Ау (Балей), Sb, Hg.

Сихотэ-Алинь. С приморскими гранитами (гранодиоритами) верхнемелового-палеогенового возраста, приуроченными к ядру и крыльям Сихотэ-Алинского антиклинория, связаны крупные промышленные месторождения олова (Сталинское, Хрустальное, Лифудзин и др.), полиметаллических руд с примесью олова (Большая Синанча), свинцово-цинковых руд (Тетюхе и др.), а также ряд месторождений вольфрама, молибдена, сурьмы, ртути, флюорита.

С более поздними, вероятно мио-плиоценовыми, близповерхностными малыми интрузиями (часто щелочного или субщелочного состава) связаны многочисленные низкотемпературные месторождения золота Сихотэ-Алиня и более северных областей низовьев Амура (Белая гора) и побережья Охотского моря.

Е. А. Радкевич (1956), сообразно с тектоническим районированием Приморья, выделяет три металлогенических пояса: Западный (минерализация Pz, частью Mz возраста), Центральный (минерализация Mz с наложенной третичной) и Восточный (главным образом третичная минерализация).

С запада на восток выделяются следующие структурные элементы: Туранский древний массив, Буреинский синклиний, Буреинский антиклинорий, Нижне-Амурский прогиб, Ханкайский массив, Даубихинская синклинальная зона,

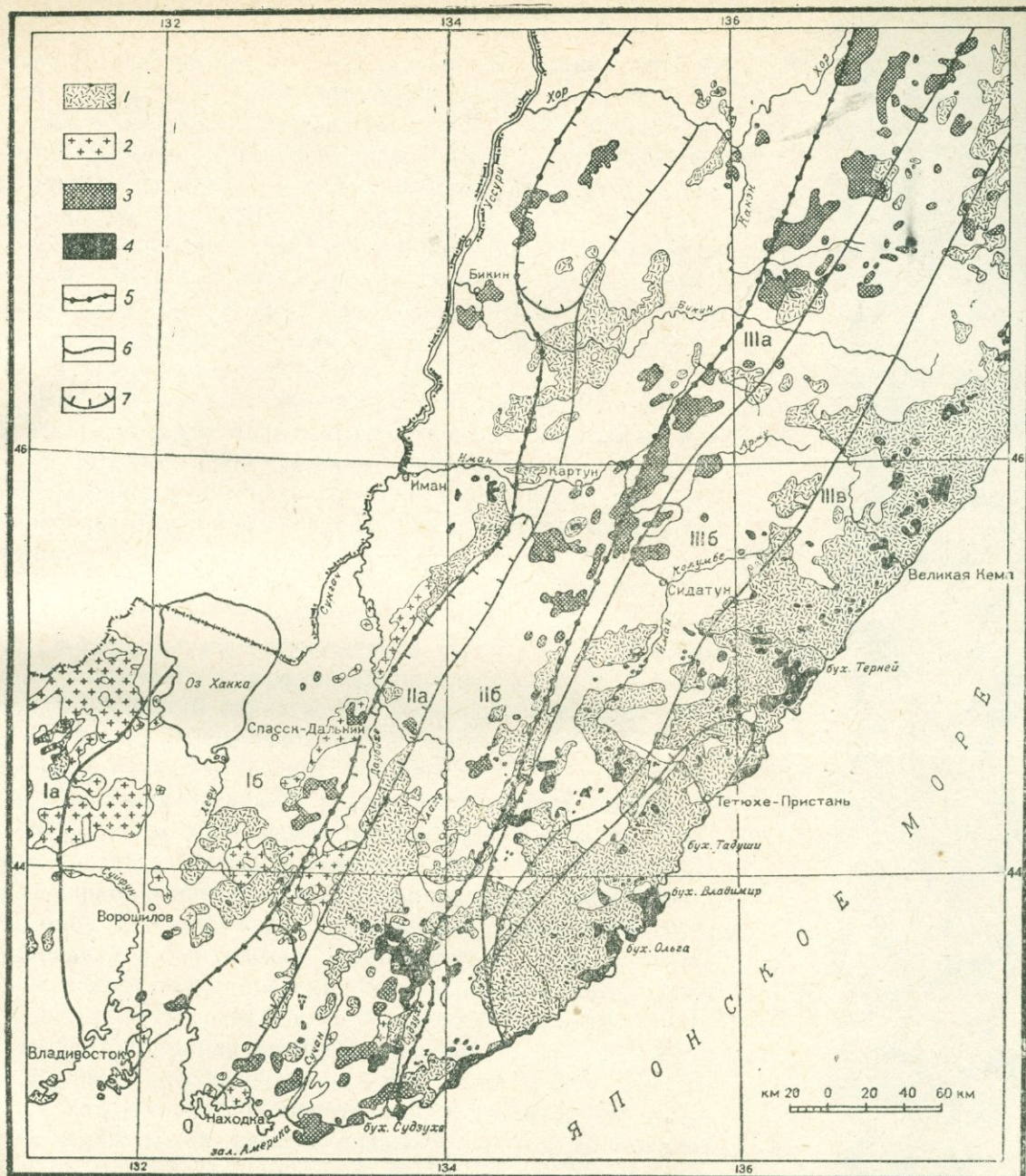


Рис. 4. Схема металлогенического районирования южного Приморья
(по Е. А. Радкевич)

1—верхнемеловые и третичные эффузивы; 2—граниты палеозойские; 3—граниты мезозойские (юрские и верхнемеловые) и частью возможно третичные; 4—гранитоиды третичные; 5—границы разновозрастных рудных поясов; 6—границы металлогенических зон и подзон; 7—границы тектонических структур (западных прогибов—Ниже-Бикинского, Даубихинского и Майхинского), а также Прибрежного Ольга-Тетюхинского поднятия. Рудные пояса и металлогенические зоны: 1—Западный рудный пояс с палеозойской и наложенной мезозойской минерализацией, в том числе: 1а — Пограничный золотonosный пояс, 1б — область Ханкайского древнего массива с палеозойской редкометальной минерализацией; 2—Центральный рудный пояс с мезозойской и наложенной третичной минерализацией, в том числе: 2а — Даубихинская оловоносная металлогеническая зона, 2б — Улахинская олово-вольфрамово-золоторудная металлогеническая зона; 3—Восточный рудный пояс с мезозойской и третичной минерализацией, в том числе: 3а — Сидатунская олово-вольфрамово-золоторудная подзона, 3б — Сихотэ-Алиньская оловорудная подзона, 3в — Прибрежная олово-полиметаллическая подзона.

Сихотэ-Алиньский антиклинорий, Сихотэ-Алиньский синклинорий, Прибрежное антиклинальное поднятие (рис. 4).

Возраст интрузий в этой складчатой зоне от докембрия до третичного. Наиболее характерный для всех периодов магматизма металл—олово. Развиты также, местами интенсивно: Mo, W, Au, Fe, Pb, Zn, Sb, Hg.

В верхнепалеозойский—верхнемеловой период возникли Главный и Ольга-Тетюхинский антиклиналы на месте бывших поднятий, заложенных уже в начале Pz₃ и Т, и синклинальные зоны—Даубихинская и Центральная Сихотэ-Алиньская—в зонах бывших прогибов.

Эти структуры оказали влияние на характер позднемезозойского магматизма и постмагматической минерализации.

В верхнемеловой-третичный период вдоль разломов формировались вулканические толщи и внедрялись интрузии гранитоидов, щелочных пород и послемiocеновых базальтоидных пород.

Эта область, в целом, была оформлена в мезозое, но сильно захвачена третичными движениями.

„Жесткость“ уже оформленной структуры, прикрытой броней тоже жестких эффузивов, определила, по Е. А. Радкевич, особенности магматизма и рудопроявлений восточной части области (касситеритово-сульфидные месторождения, удаленные от магматических источников).

В пределах Западного палеозойского пояса выделяют: Пограничная зона золото-полиметаллического оруденения и Ханкайская зона с железорудным и редкометалльным оруденением; в пределах Центрального мезозойского пояса выделены: Даубихинская синклинальная зона с оловянным оруденением и Улахинская антиклинальная зона с Au-W-Sn минерализацией; в пределах Восточного третичного пояса выделены: Сидатунская Au-Sn-W, Сихотэ-Алиньская оловорудная и Прибрежная Sn-Pb-Zn подзоны.

Границы поясов нерезкие в тех случаях, когда рудоносные интрузии располагаются вдоль разломов на стыках зон, а дериваты их распространяются по обе стороны от разломов, или когда молодые нарушения, с приуроченными к ним месторождениями, пересекают ряд зон.

Краткая характеристика рудных поясов и слагающих их металлогенических зон приведена ниже.

В Западном палеозойском поясе в низах кембрия развиты железистые кварциты и месторождения марганца, а с гранитами связано олово (турмалин, топаз, флюорит с касситеритом) и Au.

В Центральном мезозойском поясе с наложенной третичной минерализацией вполне оформилась Сихотэ-Алиньская антиклиналь и по обе стороны от нее — синклинали с менее интенсивным магматизмом.

В Даубихинской синклинальной зоне развиты юрские и верхнемеловые (?) граниты и фельзиты, с которыми связаны касситеритовые жилы и миаролы.

В Улахинской зоне, в пределах Сихотэ-Алиньского антиклинория, с позднемезозойскими или третичными (по Э. П. Изоху) гранитами связаны месторождения олова, с лейкократовыми гранитами — Sn-W оруденение, а с постбатолитовыми малыми интрузиями диоритов — золото. Пространственно Sn-W оруденение, в основном, обособлено от золотого.

Восточный третичный пояс включает Сихотэ-Алиньский синклинорий и Прибрежное антиклинальное поднятие; выделяются следующие подзоны: Сидатунская с Sn-W оруденением в связи с гранитами верхнего мела и Au в тесной связи с постбатолитовыми малыми интрузиями диоритов Тг возраста; Сихотэ-Алиньская подзона с сульфидно-касситеритовыми месторождениями в синклинальной структуре (нет W, Au).

Прибрежная подзона с Тг гранитоидами и месторождениями Pb-Zn руд в известняках и Sn-Pb-Zn руд в силикатных породах; месторождения близповерхностные (колломорфные руды, сульфостаннаты), эрозионный срез очень неглубокий. Среди месторождений Восточного пояса третичного возраста самыми ранними являются кварц-касситеритовые и скарновые магнетитовые с наложенной сульфидной минерализацией; позднее образовались сульфидно-касситеритовые и полиметаллические месторождения, тесно связанные с порфириновыми дайками. Руды содержат Sn,

Pb, Zn, Ag, иногда Sb, Hg. Характерно богатство Mn (усвоен из палеозойских толщ). Месторождения приурочены к ядрам куполовидных структур, контролируются продольными—СВ и поперечными—СЗ, широтными и меридиональными разрывами; рудовмещающими являются осадочные, в меньшей мере эффузивные толщи. Возраст месторождений Cr_2 , эоцен (главным образом) и пост Olg (?).

В Ольга-Тетюхинском рудном районе Восточного пояса в известняках залегают скарновые Pb-Zn месторождения, а в глинисто-песчаниковых и эффузивных породах—сульфидно-касситеритовые месторождения, обогащенные на флангах Pb и Zn. К породам палеозойского комплекса приурочены магнетитовые скарны с наложенной Sn-Pb-Zn минерализацией, а в известняках триаса залегают геденбергит-сульфидные трубчатые тела, удаленные от интрузий (Тетюхе). Сульфидно-касситеритовые месторождения разнообразны: среди осадочных пород мезозоя касситерит сопровождается обильными сульфидами железа и хлоритом; среди верхнемеловых и палеоценовых эффузивов залегают близповерхностные месторождения олова с обильными сульфидами Pb и Zn и сульфостаннатами.

Общие закономерности металлогенического развития Приморья суммированы в следующих положениях:

1. Приморье является областью многократного (Pz, Mz, Tr) оловянного оруденения с образованием рудных поясов, возникших по мере наращивания континента за счет широкой геосинклинальной зоны, окаймляющей океаническую впадину; по мере продвижения к Востоку возникали все более и более молодые металлогенические зоны.

2. Третичная металлогения развита очень широко, от прибрежной полосы вплоть до Малого Хингана, связана с молодыми расколами и является посторогенной. Разрывные нарушения частью имели место по границам зон и подчеркивают поясовое строение области, частью секут зоны и нарушают поясовое распределение металлов. К самым поздним широтным разрывам приурочена Sb-Hg минерализация.

3. Особенности металлогении зон определяются составом вмещающих пород, тектоническим режимом, характе-

ром магматизма, глубиной послерудного эрозионного среза. Антиклинальные структуры имеют некоторые общие черты металлогении, отличной от таковой синклиналичных структур.

Синклиналичные зоны заметно отставали в своем тектоническом развитии от соседних антиклинальных, в связи с чем комплекс интрузивных проявлений в синклиналях — сокращенный.

4. Разломы глубокого заложения контролируют развитие эффузивов, гипабиссальных интрузий и минерализации. К разломам примыкают мобильные ослабленные зоны, а вблизи разломов располагаются „недифференцированные“ сульфидно-касситеритовые месторождения, часто в ассоциации с дайками основных пород. К разрывным нарушениям приурочены также Sb и Hg. Таким образом, разрывы определяют не только пространственное положение месторождений, но и самый тип минерализации.

5. В участках воздымания антиклинальных структур и глубокого эрозионного среза обнажаются крупные массивы гранита и связанные с ними кварц-касситеритовые и скарновые месторождения. С погружением шарнира антиклиналей среди песчанико-сланцевых толщ расположены сульфидно-касситеритовые, а среди известняков — геденбергито-сульфидные месторождения. В верхах разреза, среди эффузивов, залегают близповерхностные оловянно-полиметаллические месторождения типа Синанчи.

Верхнемеловая-палеогеновая металлогения проявилась и в области Малого Хингана, где с интрузиями гранодиорит-порфиров генетически связаны крупные месторождения олова с примесью W, As (Микояновское), а также месторождения Sb; в Амурском крае с палеогеновым липаритом связаны крупные месторождения сурьмы и флюорита (Богучанское).

В Верхнесеймчанском районе (бассейн Колымы) изучен своеобразный Веринский постбатолитовый комплекс даек и штоков сиенит-порфиров, с которым связаны зоны дробления и минерализации.

Руды апатит-кварц-турмалиновые, кварц-аксинитовые и кварц-хлорит-адуляровые с минералами кобальта (кобальтин,

смаьтин, скуттерудит, глаукоdot), висмута, сульфидами цветных металлов, арсенопиритом, станнином, золотом.

Наиболее известны Верхнесейчанское и Ветровское месторождения; малые интрузии сиенит-порфиров, с которыми их связывают, имеют верхнемеловой или даже третичный возраст.

Чукотка и Корякский хребет. В восточной части Чукотского полуострова (залив Креста и хребет Золотой) с третичным магматизмом (липаритами) связана интенсивная золоторудная минерализация и россыпи золота бассейна р. Анадырь.

С интрузиями гипербазитов верхнемелового возраста в бассейнах рр. Анадырь и Пенжина (Опапель) и особенно вдоль глубинного разлома Корякского хребта связаны перспективные месторождения хромита и проявления платины. С третичными (палеогеновыми или ларамийскими) гранодиоритами связаны сульфидно-касситеритовые месторождения Чукотского полуострова (Сердце-камень и др.).

В Чаун-Чукотском районе известны промышленные россыпи золота (р. Ичувеем, ручей Надежный и др.). Коренные источники золота представлены кварцевыми жилами иногда с видимым мелким золотом, зонами окварцованных осадочных пород и гидротермально измененными дайками кислого и среднего состава. Основной примесью к золоту является серебро (до 20%), очень характерна примесь ртути (0,1—1%). По ряду признаков россыпное золото Чаун-Чукотки имеет большое сходство с золотом Колымы.

В Корякском хребте известны проявления Hg, Sb, Au.

Камчатка и Курильские о-ва. На Камчатке с наиболее ранними здесь меловыми эффузивами связаны колчеданные месторождения меди, а с гипербазитами, вероятно верхнемелового возраста, связаны месторождения хромита. Позднее, в олигоцене-миоцене, имело место внедрение крупных массивов гранодиоритов, которые приурочены к ядру Камчатского антиклинория и вмещают связанное с ними интенсивное медно-молибденовое прожилково-вкрапленное оруденение (Воровское месторождение). Еще моложе (плиоцен?) многочисленные слабо изученные низкотемпературные ме-

сторождения и проявления золота и ртути (ореолы минерализации устанавливаются главным образом по данным шлиховой съемки), связанные с малыми интрузиями дацитов и андезитов. С современным вулканизмом связаны месторождения самородной серы на Камчатке и Курильских о-вах, некоторые из них возникли на глазах у людей, в последние годы. Так, из кратера вулкана Сиретоко-Иоцан (Курильские о-ва) в течение нескольких месяцев 1936 года выделялись газообразные соединения серы, а затем вытек поток расплавленной серы, образовавший месторождение с запасами 200 тыс. *т* руды, с содержанием в ней 99% серы.

В целом металлогения Камчатки и Курильских о-вов характеризуется большой ролью меди и молибдена, резко отличается от металлогении областей, примыкающих к ней с запада (северо-восток СССР, Сихотэ-Алинь, Забайкалье) и до деталей повторяет типы минерализации и последовательность образования рудных комплексов Малого Кавказа. В этом отношении Камчатка и Курильские о-ва (а также Корякский хребет) и Малый Кавказ являются однотипными металлогеническими провинциями, резко отличными по специфике минерализации от других (уже Sn-W) альпийского возраста провинций (Северо-Восток, Сихотэ-Алинь, Малый Хинган) Советского Союза.

б. Альпийская металлогения зарубежных стран

Металлогения Средиземноморской зоны.

Страны Западной Европы. Альпийская складчатость и металлогения проявились на Пиренейском п-ове, в ЮВ его части и на севере (в Пиренеях и в стране басков), в Италии (Альпы и Апеннины), Швейцарии и Австрии; альпийские разломы, магматизм и связанная с ним металлогения имели место также на территории Португалии, во Франции (Центральный массив) и в Южной Германии.

На Пиренейском п-ове, в юго-восточной его части, с третичными субвулканическими интрузиями гранитоидов и дацитов связаны полиметаллические месторождения Картахена, Мацаррон и др., месторождения сурьмы и ртути (Альмаден,

Альмудриэль, м-ния Валенсии). Месторождения сидеритовых руд Бильбао в стране басков, а также небольшие месторождения Ni, Mo, As, Bi, Pb и Zn в Пиренеях также связаны с альпийской металлогенией. Вероятно альпийскими по возрасту являются промышленно-интересные низкотемпературные (с халцедоном, флюоритом) гидротермальные месторождения урановой смолки в Португалии (Ургерика) и того же типа месторождения, открытые в Центральном плато Франции (Крузиль) и в Южной Германии (Вольсендорф), связанные с фельзитами, риолитами, местами щелочными породами. К альпийской металлогении относятся месторождения железных руд на о-ве Эльба (скарновое, магнетитовое) и в районе Эрцберг, Австрия (гематит-сидеритовое м-ние замещения), свинцово-цинковое месторождение Райбл в Каринтии (СВ Италия) и Блейберг в Австрии, крупные месторождения сурьмы и ртути в Тоскане (Монте-Амиата, Перетта и др.), залегающие среди осадочных пород третичного возраста и тесно связанные с трахитовым жерлом четвертичного вулкана Монте-Амиата, а также месторождения самородной серы, связанные с современным вулканизмом (Монте-Сольфоросо и др.).

В Южной Германии (Бадене) известны карбонатитовые (с коппитом и апатитом) месторождения Шеллинген и Кайзерштуль, приуроченные к скарновым зонам щелочных массивов третичного возраста; возможно альпийскими являются также небольшие ртутные месторождения Пфальца, Баварии и Саксонии.

Северо-Западная Африка (Северное Марокко, Алжир, Тунис) по характеру альпийской металлогении весьма сходна с Западной Европой, в особенности с районами Южной Испании и Италии.

В Марокко известны скарновые (магнетит-гематитовые) и гидротермальные (сидеритовые) месторождения железных руд в карбонатных породах, связанные с третичными гранитоидами, а также довольно крупные свинцово-цинковые (Уджда, Бу-Бекер-Туиссит) и сурьмяные (Сеута, Тетуан) месторождения, по-видимому, связанные с верхнетретичными интрузивными андезитами.

Алжир и Тунис богаты железными рудами замещения в известняках юрского и мелового возраста; источник ору-

денения неизвестен, предположительно оруденение связывается с невоскрытыми гранитоидными интрузиями альпийского цикла. К этому типу относятся крупные месторождения Уэнца в Алжире и Джебель-Джерисса в Тунисе.

С альпийскими магматическими очагами связаны метасоматические и реже жильные месторождения свинцово-цинковых руд, иногда содержащих примесь Sb и Hg, а также многочисленные и частью крупные месторождения Sb-Hg, Hg, As (реальгар-аурипигментовых) руд, залегающие среди пород верхнемелового и третичного возраста. Наиболее известны Sb-Hg-As месторождение Аик-Керма, ртутное—Кос-Эль-Ма, мышьяковое—Гордимец.

Балканы. Альпийская металлогения проявилась очень интенсивно на всей территории Балканского п-ова, а также в областях, примыкающих к нему с севера (Венгрия, Словакия).

Металлогения Балкан изучена довольно хорошо благодаря работам I. Kostov'a (1943), W. Petraschek'a (1950), A. Cissarz'a (1956) и др. Особенно интересна последняя работа, в которой автор стремится показать взаимозависимость оруденения различного типа с магматизмом разного состава и возраста и с геотектоническим строением Югославии и примыкающих к ней территорий.

Выделено три главных периода альпийской минерализации:

1. Ларамийский, связанный с синорогенными гранодиоритами и банатитами. Характерны крупные месторождения скарновых железных руд (Банат в Румынии, м-ния Восточной Сербии), небольшие месторождения Cu, Pb и Zn, проявления Mo, Au, W, (шеелита), Bi.

2. Верхнемеловой-третичный андезитовый вулканизм Восточной Сербии и Болгарии. Наиболее важные месторождения связаны с самыми молодыми интрузивными фазами (медные месторождения Бор, Майданпек, Панагуириште, небольшое золотосодержащее свинцово-цинковое Злот), в то время как с сенонскими эффузивами связаны только небольшие марганцовые месторождения (Позарево, Ямбол, Панагуириште—все три в Болгарии).

3. Третичный магматизм Динарид и Родоп, наиболее продуктивный в отношении металлоносности.

С гранодиоритами и кварцевыми диоритами связаны небольшие месторождения железа, меди, изредка Pb, Zn, Mo. Широко развиты и тесно связаны с плутоническими интрузивами вулканические и субвулканические породы (андезиты, дациты, санидиновые дациты, риолиты), образующие огромные массивы площадью до 700—1500 км². Возраст субвулканических пород — средний олигоцен-миоцен, с ними связаны многочисленные и важные месторождения.

К этой металлогенической эпохе относятся крупные полиметаллические месторождения Югославии (Трепча, Злото-Добрево), Болгарии (Сполука, Рыбница и др.), Греции (Лаурнион в известняках миоцена, руды с высоким содержанием кадмия), месторождения сурьмы (Костайник-Крупани), ртути (Авала), мышьяка (реальгаровые Tl содержащие м-ния Аллхар и Лойана), молибдена (Мачкатица и Стари Глог в Югославии, Аксиополис в Греции), проявления Au, Bi, Ni, Co, W, Cu (меди мало).

К альпийскому металлогенезу А. Циссарз относит и небольшие сидеритовые, свинцово-цинковые с примесью Mo (Мечика), сурьмяно-ртутные с примесью Co и Ni месторождения Восточных Альп; металлогению этой области (в отличие от других авторов, связывающих ее с молодым андезитодацитовым вулканизмом) Циссарз считает примером регенерированных (в понимании Г. Шнейдерхена) месторождений. Альпийский орогенез сопровождался переработкой и мобилизацией вещества палеозойских и триасовых месторождений, переотложенных в виде руд с необычными ассоциациями элементов (Sb-Hg с Co, Ni). Однако возможно и другое объяснение: растворы, выносившие сурьму и ртуть из молодых очагов третичного возраста, могли по пути заимствовать Co и Ni из широко развитых здесь гипербазитов и серпентинитов.

В основном мио-плиоценовой является также металлогения Карпат, связанная с субвулканическими дацитами и андезитами; господствуют низкотемпературные месторождения Au (с Ag, Te) с типичными крупными месторождениями Нагаг, Фельзобания и др. — в Румынии, Кремнитц и

Шемнитц в Словакии; обычные полиметаллические месторождения (Бая-Маре и др.), небольшие месторождения сурьмы и ртути.

Турция. Срединные герцинские массивы Анатолии окаймляются альпийскими горными системами—Тавридами с юга и Понтидами с севера. Вдоль глубинных разломов в верхнемеловое-нижнетретичное время имело место внедрение гипербазитов, с которыми связаны крупные месторождения хромита (Гулеман, Даг-Арди и др.).

Среди меловых эффузивов залегают крупные месторождения колчеданных медных руд (Эрганимаден, Мургул, Кварцхана) и многочисленные небольшие эпигенетические месторождения марганца (Эрегли, Картла, Кевуль, Кюре и др.).

Позднее, в нижнетретичное время внедрялись синорогенные массивы гранодиорита, с которыми связаны скарновые месторождения железа (Диврик), небольшие месторождения Си, Мо и полиметаллических руд.

Вдоль наиболее молодых разломов в мио-плиocene имели место излияния и субвулканические интрузии дацитов, андезитов и трахитов, в тесной связи с которыми находятся крупные месторождения Pb и Zn (Бальямаден в районе Измира среди известняков перми и триаса в контакте их с дацитами и андезитами), Sb (Сивас, Турхал), а также Hg (Карабурун), As (Кагызман), Au (Ширвандаг к югу от озера Ван, у подножья Боздага).

Сходные с турецкими месторождения хромита известны на о-ве Кипр среди серпентинитов Троодоского массива; там же разрабатываются довольно значительные колчеданные месторождения Скоуриотисса и Мавровоуни, залегающие среди андезитов мелового (?) возраста.

Иран и Афганистан. Металлогения территорий этих стран изучена крайне слабо. С верхнемеловыми гипербазитами связаны м-ния хромита в Белуджистане и Хорасане (СВ Иран); с гранитоидами третичного возраста связаны крупные месторождения медно-молибденовых (местами с шеелитом) и полиметаллических руд в Иранском Карадаге, а также м-ния Си-Co-Ni и Sb руд в Анареке. В Северном Иране (Мианэ) и Иранском Карадаге проявлена низкотемператур-

ная, по-видимому альпийская металлогения, представленная киноварным и реальгар-аурипигментовым оруденением. В Афганистане с третичными гранитоидами связаны перспективные месторождения Fe, Pb и Zn (с Ag), Au, Cu, Sb.

Среди третичных андезитов района Робаткерим (к ЮЗ от Тегерана) известны залежи кристаллического пиролюзита.

Пакистан, Индия, Непал, Бирма, Таиланд. Через Пакистан и Северную Индию (Гималаи) прослеживается средиземноморский гипербазитовый пояс Cr_2 — Tg_1 возраста с месторождениями хромита, довольно значительными в Пакистане. С гранитоидами альпийского (Cr_2) возраста связаны небольшие месторождения железных, медных, свинцово-цинковых и никелевых руд в Гималаях, залегающие среди немых доломитизированных известняков предположительно пермского возраста. В Непале добывается также немного золота.

В Таиланде и Бирме с андезитами и кварцевыми диоритами поздне третичного времени связаны небольшие месторождения золота.

Индонезия (без Новой Гвинеи). Средиземноморская альпийская зона складчатости охватывает острова Суматра, Ява, Целебес, восточную часть острова Борнео и далее на востоке смыкается с пересекающей ее Тихоокеанской зоной Филиппин и Новой Гвинеи.

С гипербазитами островов Борнео и Целебес (время внедрения Cr_1 — Cr_2) связаны небольшие месторождения хромита и алмаза, проявления Pt.

С гранитоидами (главным образом кварцевыми монцонитами) Cr_2 — Tg_1 возраста связаны многочисленные небольшие или слабо изученные месторождения медных руд островов Суматра, Ява, Борнео, Целебес, Тимор, нередко представленные вкрапленностью сульфидов меди среди интрузивных массивов.

С верхнетретичными андезитами, рвущими миоценовые осадочные породы, с молодым вулканизмом и действующими горячими источниками, связаны на этих же островах месторождения ртути и золото-серебряных руд. Крупное месторождение золота и серебра Реджанг-Лебонг (остров Су-

матра) представляет систему низкотемпературных кварц-кальцитовых жил с золотоносным селенистым серебром, аргентитом, галенитом, сфалеритом, селенидами золота и серебра.

Подводя итог по альпийской металлогении средиземноморской зоны зарубежных стран, следует отметить ее однотипность на всем протяжении зоны — господство ранних и средних этапов развития, большую роль гипербазитов и умеренно-кислых гранитоидов, а также субвулканических пост-складчатых интрузий конечных этапов развития (выпадают поздние этапы развития с кислыми гранитами). В связи с этим большую роль играет хромитовое оруденение, колчеданные и медно-молибденовые месторождения, низкотемпературные месторождения Sb, Hg, As и Au-Ag руд; значительное развитие получают также скарновые и гидротермальные месторождения железа, полиметаллические месторождения, связанные с субвулканическими интрузиями, эпигенетические месторождения марганца среди эффузивов и, местами, низкотемпературные месторождения урана.

Типичные металлы: Cr, Cu, Mo, Pb-Zn, Au-Ag, Sb, Hg, As, также Fe и Mn, местами U.

Металлогения Тихоокеанской зоны. Япония. С верхнемеловыми гипербазитами, развитыми в северной и западной частях страны, связаны промышленные месторождения хромита; с гранитоидами ларамийского возраста связаны небольшие месторождения Sn, W, Mo.

С несколько более молодыми гранитоидами островов Хонсю и Кюсю связаны небольшие месторождения полиметаллических руд, железа, сурьмы. Очень продуктивна в металлогеническом отношении миоценовая эпоха; с липаритами и андезитами этой эпохи тесно связаны многочисленные колчеданные (медные с значительным участием Zn, Pb, примесью Au, Ag) месторождения типа Куромоно (месторождение Козака), полиметаллические жильные месторождения (Камиока и Хосокура на о-ве Хонсю), Au-Ag месторождения о-ва Кюсю, небольшие месторождения Sb и Hg, отдельные месторождения олова в ассоциации с W и Cu (Акэнобэ, Мита-тэ), эпигенетические месторождения марганца (Фукуяма и др.). К миоценовой металлогенической эпохе относятся так-

же колчеданные (медные), золото-серебряные и полиметаллические месторождения о-ва Тайвань. Наконец, с четвертичным вулканизмом связаны крупные концентрации самородной серы (в северной части о-ва Хонсю и на о-ве Кюсю).

Филиппины. Широко развиты гипербазиты верхнемелового (?) возраста и умеренно-кислые интрузии и эффузивы третичного возраста. С гипербазитами связаны крупные концентрации хромита, с гранитоидными интрузиями и, главным образом, с эффузивными андезитами и субвулканическими малыми интрузиями диоритов тесно связаны энаргит-халькопиритовые месторождения о-ва Люсон, значительные месторождения золота (Балаток, Антамок и др.), а также гидротермальные месторождения марганца на островах Бу-суанг и Корон.

Новая Каледония, Новая Зеландия, острова Фиджи. Металлогения Новой Каледонии характеризуется широким развитием гипербазитов верхнемелового-третичного времени с концентрациями хромита и вторичными скоплениями силикатных руд никеля и асболана. В меньшей мере гипербазиты (и с ними Cr, Pt) развиты в Новой Зеландии, где с пост-плиоценовыми риолитами и андезитами тесно связаны горячие минеральные источники и низкотемпературные месторождения Au-Ag и Hg руд (п-ов Хаураки на Северном острове, рудный район Пухи-Пухи и др.). В Новой Зеландии широко развиты также медные и золото-шеелитовые месторождения, условия образования которых не совсем ясны.

На островах Фиджи с верхнетретичными эффузивами тесно связаны довольно крупные низкотемпературные месторождения Au-Ag руд (с Te).

Аляска и Британская Колумбия. Альпийская складчатость и магматизм проявились в узкой полосе, примыкающей к Тихому океану. С гипербазитами верхнемелового (?) возраста связаны коренные месторождения хромита, проявления и россыпи платины и алмаза (Гудныйос Бэй на Аляске, Туламин в Британской Колумбии), а с габбро и умеренно-кислыми гранитоидами третичного цикла — медные и полиметаллические месторождения прибрежной зоны и острова Ванкувер. С верхнетретичными андезитами и дацитами тесно

связаны многочисленные низкотемпературные месторождения золото-серебряных руд, а также месторождения ртути на Аляске (Кускокуим) и в районе Пинч-Лейк в Британской Колумбии.

Западные штаты США. После внедрения поздне-киммерийских или раннеальпийских гипербазитов (Cr_1 — Cr_2) Калифорнии и Орегона, с которыми связаны небольшие месторождения хромита и проявления (в россыпях) платины и алмаза, имели место два интенсивных периода минерализации:

1) верхнемеловой-нижнетретичный в Скалистых горах, связанный с внедрением батолитов Боулдер и Айдахо гранодиоритового-кварцдиоритового состава. С этими интрузиями связаны крупные месторождения меди, полиметаллов (Pb, Zn, Ag), а также часть сурьмяных, вольфрамовых и золоторудных месторождений в штатах Монтана, Вайоминг, Юта, Айдахо, Колорадо и Невада; с ними же, предположительно, связано первичное урановое оруденение месторождений Джилпин и карнотитовых месторождений Колорадского плато.

2) Верхнетретичный в Береговом хребте, а также вдоль поздних молодых разломов, наложенных на области проявления первого периода минерализации. Интрузивные породы представлены гранитами-гранодиоритами и более молодыми порфирами, монцонит-порфирами, риолитами, андезитами. С этим периодом связано образование очень крупных месторождений молибдена (Кляймакс дает $\frac{2}{3}$ мировой добычи Mo, суточная переработка—28 тыс. т руды), свинца и цинка (Ледвиль), золото-серебряных руд, нередко содержащих Te и Se (Комшток, Голдфильд, Криппль-Крик), медно-молибденовых руд (Бингём, Чайно, Майами и др.), сурьмы и ртути (Нью-Идрия, Нью-Альмаден и др.), вольфрама и сурьмы (Атолия, Боулдер). К этому же периоду минерализации относятся некоторые недавно открытые месторождения урана (в ассоциации с Mo), как, например, Мэрисвилл в штате Юта, для которого возраст определен в 10 млн. лет.* Необходимо также от-

* Вероятно, внутри верхнетретичной минерализации следует выделять два периода: более ранний (олигоцен-миоценовый) с Cu-Mo и полиметаллическими рудами и более поздний (мио-плиоценовый) с Au-Ag, Sb-Hg-W и частью U минерализацией.

метить, что для некоторых месторождений Au, Hg, W, тесно связанных с деятельностью горячих минеральных источников, устанавливается четвертичный возраст образования (ртутное месторождение Стимбот-Спрингс, вольфрамовое—Голконда и др.).

Мексика. Металлогения Мексики очень богата и связана главным образом с двумя периодами альпийской минерализации:

1) Верхнемеловой период внедрения гранодиоритов, диоритов, габбро. С ними связана часть медных и полиметаллических месторождений, а также крупное рутиловое месторождение в пегматоидных габбро штата Оахака.

2) Верхнетретичный период внедрения монцонит-порфиров, андезитов, риолитов. С монцонитами связаны крупные месторождения вкрапленных медно-молибденовых руд (Кананеа, Реформа Майнс), очень продуктивные полиметаллические месторождения замещения в известняках и доломитах (ежегодно дают 250 тыс. *t* Pb, 200 тыс. *t* Zn, попутно 15 тыс. *t* As, 1 тыс. *t* Cd, некоторые количества Bi, V), а также месторождения урана (Чиуауа и др.). С андезитами и риолитами тесно связаны залегающие среди них крупные месторождения Au-Ag и Ag руд (Эль-Оро, Пачука, Вета Мадре), из которых за период разработки с 1521 по 1945 г. добыто 205 тыс. *t* Ag и которые ежегодно дают сейчас 2—3 тыс. *t* Ag ($\frac{1}{3}$ мировой добычи) и 20—25 *t* Au. С эффузивами же связаны очень продуктивные, огромные по запасам и продукции месторождения Sb и Hg (Уитцуко, Сайн-Альто и др.), а также сравнительно небольшие месторождения олова (в штатах Дюранго и Цакатекас) и жильное марганцовое месторождение Монтана-да-Манганезо.

Центральная Америка и Вест-Индия. На острове Куба с гипербазитами $\text{Cr}_2\text{-Tr}_1$ связаны крупные месторождения хромита и вторичные концентрации силикатных руд никеля и асболана (Моа-Бэй), а с третичными гранитоидами связаны кварц-ферберит-шеелитовые жилы острова Пинос. С верхнетретичными андезитами и риолитами связаны многочисленные, иногда довольно крупные, месторождения Ag и Au-Ag

руд в Никарагуа, Гондурасе, Сальвадоре, Коста-Рике и Доминиканской республике. Небольшие месторождения Cu, Au, Ag разрабатываются издавна и на острове Куба.

Венесуэла, Колумбия, Эквадор. С широко развитыми третичными кислыми эффузивами — риолитами, андезитами, дацитами тесно связаны значительные месторождения Au-Ag и Hg руд, сравнительно небольшие месторождения Cu, Pb и Zn, Sn, Mn. Среди наиболее крупных следует назвать месторождения золота Антиокия в Колумбии (месторождения этого района дают ежегодно 15—20 т золота).

Перу и Чили. Альпийская металлогения связана с ларамийскими кварц-монзонит-порфирами и гранодиоритами и третичными липаритами и дацитами. В Перу разрабатывается крупное пиритовое тело с участками медных, свинцово-цинковых и серебряных руд, приуроченное к жерлу вулкана Серро-де-Паско. Медные руды энаргит-люконитовые с примесью серебросодержащего тетраэдрита и висмута. Сходные месторождения, связанные с гранодиоритами, разрабатываются очень интенсивно в Чили на месторождениях Чукикамата, Потрерильос и Браден; руды пирит-энаргитовые с примесью молибдена. На крупнейшем руднике Чукикамата ежедневно перерабатывается 40 тыс. т руды. С гранодиоритами же связано крупное железорудное месторождение Эль-Тофо в Чили и молибденовое месторождение Янчискоча в Перу.

С эффузивами мио-плиоценового возраста связаны месторождения Au-Ag руд, Sb, Hg (среди них крупное м-ние Хуанкавелика в Перу), W (ферберита со стибнитом) Ла-Либертад и др.

В Чили разрабатывается своеобразное месторождение золота Пунитаки, содержащее в руде 1% Cu, 8 г/т Au и на отдельных участках также богатое ртутью. Флотационные концентраты с таких участков содержат 20% Hg и 200 г/т Au.

С действующими и потухшими вулканами Чили связаны крупные месторождения самородной серы, расположенные на высоте 4500—5000 м (Такора, Чуикина, Копиапо и др.).

Боливия и Аргентина. В Андах, в зоне интенсивной альпийской складчатости, окаймляющей с запада Южно-

Американскую платформу, развита полоса третичных гранитных интрузий (от гранитов-гранодиоритов до субвулканических гранит-порфиров и риолитов), с которыми связан пояс оловянных месторождений; кроме олова, большую роль играют также концентрации W (вольфрамит и шеелита), висмута, сурьмы и серебра. Наиболее молодыми в этом поясе являются месторождения ферберит-антимонитовых руд с примесью Au.

Среди известных очень крупных месторождений следует назвать оловянные месторождения Унция-Льяльягуа, Уануни, Колквири, оловянно-серебряное Потози, висмутовое Тасна, вольфрамовые Пакуни и Акцессион, сурьмяные Туписа, Оруро и др. Доля Боливии в мировой добыче Sn, W, Sb, Ag, Bi весьма значительная.

Оловянный пояс Боливии прослеживается далее на юг в Аргентину, где известны крупное оловянно-серебряное м-ние Пиркитас (однотипное с Потози), полиметаллическое м-ние Агилар в провинции Жужуй (месторождение на высоте 5000 м, руды богаты серебром), сурьмяное Пабельон и др.

К западу от оловянного пояса Боливии и Аргентины протягивается пояс медного оруденения, связанного с верхнетретичными андезитами и диоритами; медные месторождения Боливии изучены слабо, разрабатывается только месторождение Корокоро (состав руд своеобразный — халькозин, самородная медь, домейкит, барит, целестин среди туфов и туфобрекчий эоцена). Медный пояс Боливии также прослеживается в Аргентину, где известны жильные месторождения халькопирит-тетраэдритовых (Капильтас в провинции Катамарка) и энаргит-фаматинитовых (Фаматина в провинции Ля-Риоха) руд со значительной примесью золота и серебра.

С потухшими вулканами Боливии и Аргентины связаны промышленные концентрации самородной серы (Напа, Саите, Лос-Андес и др.).

Подводя итог по альпийской металлогении тихоокеанской зоны зарубежных стран, следует отметить господство однотипной металлогении в пределах внутренней части складчатого пояса, охватывающего Камчатку, цепь островов, окаймляющих с востока Азию и Австралию, а также западное побережье обеих Америк.

Здесь, как и в пределах альпийской средиземноморской зоны, широко развиты гипербазиты, основные породы и умеренно-кислые гранитоиды ранних и средних этапов развития, а также субвулканические постскладчатые малые интрузии. В связи с этим большую роль играет хромитовое оруденение, колчеданные медные и полиметаллические, медно-молибденовые и медные месторождения, а также низкотемпературные месторождения Sb, Hg, As, Au-Ag руд, реже Sb-W руд. Значительное развитие имеют также местами скарновые месторождения железа, меди, мышьяка, эпигенетические месторождения марганца среди эффузивов, вулканические месторождения самородной серы и месторождения урана (с полиметаллами, золотом, молибденом, минералами селена).

Типичные металлы: Cr, Cu, Mo, Pb-Zn, Au-Ag, Sb, Hg, As, а также Fe, Mn, местами U; характер минерализации этой зоны идентичен альпийской металлогении Средиземноморского пояса.

В отличие от Средиземноморской зоны, на отдельных отрезках Тихоокеанской—на Чукотке, в хребте Сихотэ-Алинь, в Боливии и Северной Аргентине, обычно во внешней, прилегающей к жестким древним массивам части складчатого пояса развиты кислые гранитоиды, с которыми связана резко отличная металлогения (господство Sn, W, богатство Sb, Ag, Bi). Последняя по типу сходна с киммерийской металлогенией азиатской части Тихоокеанской зоны.

Основные черты альпийской металлогении

Подводя итог по альпийской металлогении в целом, следует подчеркнуть четкое, как и для герцинской и киммерийской металлогении, выделение двух типов металлогенических провинций:

1. С резко выраженным преобладанием ранних и средних, а также конечных этапов развития и широким проявлением умеренно-кислых гранитоидов, а также гипербазитов и субвулканических малых интрузий с соответствующей металлогенией (целиком Средиземноморский пояс, преобладающая часть Тихоокеанского пояса).

Схема развития металлогении альпийских складчатых зон

Типы провинций и месторождений	Геологические условия образования	Примеры месторождений и рудных районов	Промышленное значение
<i>I. Провинции с преобладанием раннего и среднего (также конечного) этапов развития складчатых зон</i>	Оруденение связано с гипербазитами, умеренно-кислыми гранитоидами, субвулканическими малыми интрузиями различного состава	Альпийская зона Средиземноморской складчатой системы—целиком; Альпийская зона Тихоокеанской складчатой системы—почти целиком (без Чукотки, Сихотэ-Алиня, Боливия и Северной Аргентины)	Крупное для Cu, Mo, Cr, Pb и Zn, Au, Ag, Sb, Hg, As, местами Fe, W, U
1. Колчеданный (и баритовый)	Среди вулканогенно-осадочных толщ Сг-третичного возраста, в связи с дайками дацитов и др.	Мадиеули, Бор, Майдаппек, Эрганимаден, Мургул, Скоуриотисса, Козака	Значительное для Cu
2. Сидерит-гематитовый и пиролюзитовый	Среди вулканогенных и осадочных пород, в связи с нескрытыми гранитоидами или вулк. очагами	Чатах, Бильбао, Эриберг, Уэица, Джебель-Джерисса (Fe), Позарево, Ямбол (Mn), Саригюх (Mn), Эрегли (Mn), Фукуяма (Mn), Филиппины (Mn), Монтана-да-Манганезо (Mn)	Значительное для Fe, небольшое для Mn
3. Хромитовый	Среди гипербазитов	Шоржа, Гейдара (Севанский пояс), Чукотка, Корякский хр., Камчатка, Гулеман, Даг-Арди (?), м-ния Пакистана и Белуджистана, Аляски, Кубы	Значительное для Cr
4. Титаномагнетитовый (и рутиловый)	В связи с габбро ранних стадий развития	Калакар, Арамазд (АрмССР), Оахака (Мексика)	Небольшое для Fe, значительное для Ti (рутил и ильменит)
5. Скарновый Mo-W, железорудный, медный	В связи с умеренно-кислыми гранитоидами ранней и средней стадий развития	Тырныауз (Mo-W), Сисимадан (Cu); о-в Эльба (Fe), Банат (Fe), Диврик (Fe)	Небольшое для Mo, W, Fe, Cu
6. Медно-молибденовый	В связи с гранитоидами средней стадии развития	Каджаран, Агарак, Дастакерт, Анкаван (Арм. ССР), Воровское (Камчатка), Мачкатица, Акреополис, Иранский Карадаг, Кляймакс, Бингем, Кананеа, Браден, Чукикамата	Крупное для Mo и Cu
7. Полиметаллический	Среди осадочных, реже вулканогенных пород в связи с гранитоидами	Картахена, Мапаррон, Райбл, Блейберг, Уджда, Трепча, Златово-Добрево, Сполука, Рыбница, Лауриум, Бальямаден, Камнока, Ледвиль, м-ния Мексики, Серро-де-Паско	Крупное для Pb и Zn
8. Урановый	С малыми интрузиями гранитоидов конечных стадий развития	Ургерика, Крузиль, Вольсендорф, Мэрисвилл, Джилпин, Колорадо и Юта (?)	Значительное для U
9. Сурьмяно-ртутный	В связи с гранитоидами и вулк. очагами	Зопхито, Талахиани, Корякский хр., Камчатка, Альмаден (?), Монте-Амиата, Перетта, Сеута, Тетуан, Кос-Эль-Ма, Анк-Керма, Костайник, Авала, Пинч-Лейк, Зап. штаты США, Уитцуко, Хуанкавелика	Очень крупное для Hg, значительное для Sb
10. Сурьмяно-вольфрамовый	В связи с малыми субвулк. интрузиями конечной стадии развития	Ноцара, Атолия, Боулдер, Ла-Либертад	Небольшое для Sb и W
11. Мышьяковый (реальгар-аурипигментовый)	В связи с малыми субвулк. интрузиями конечной стадии развития	Лухуми, Кодис-Дзири, Цена, Дарри-даг, Гордимец, Аллхар, Лойана, Кагызман	Значительное для As
12. Золото-серебряный (с Te, Se, Bi)	В связи с субвулканическими интрузиями конечных стадий развития	Зод, Камчатка, Нагиаг, Реджанг-Лебонг, Балаток, Н. Зеландия, о-ва Фиджи, Комшток, Голдфильд, Криппль-Крик, Эль-Оро, Вета-Мадре, Пачука, Антиокия, Пунитаки	Крупное для Au и особенно Ag
<i>II. Провинции с преобладанием поздних (и конечных) этапов развития</i>	Оруденение связано с кислыми гранитоидами и экстррузиями	Чукотка, Сихотэ-Алинь, Боливия, Северная Аргентина (также Верхнее Забайкалье, частью Аляска и Мексика)	Крупное для Sn, W, Sb, местами Pb, Zn, Ag, Bi, Au
1. Оловянно-вольфрамовый и оловянно-сульфидный	В связи с гранитоидами поздней стадии развития	М-ния Сихотэ-Алиня и Чукотки, Микояновское, м-ния Мексики, Аляски, Унция-Льяльягуа, Потози, Пиркитас, Пакуни, Акпесенон, Тасна	Крупное для Sn, значительное для W, Bi, Ag
2. Сурьмяный	В связи с гранитоидами поздней стадии развития	Туписа, Оруро, Пабельон	Крупное для Sb
3. Золоторудный	С субвулк. гранитоидами (?)	Балей, Тасеевское, Белая гора	Сравнительно небольшое для Au
4. Флюоритовый	В связи с гранитоидами поздней стадии развития	Солонечное, Абагатуй, м-ния Сихотэ-Алиня	Значительное для флюорита
5. Сурьмяно-ртутный	С гранитоидами (?)	Могоча, Ильдикан, м-ния Сихотэ-Алиня	Небольшое для Sb и Hg
6. Полиметаллический (скарновый и гидротермальный)	С гранитоидами поздней стадии развития	Тетюхе, Агилар	Сравнительно небольшое для Pb и Zn

2. С господством поздних этапов развития, широким развитием кислых гранитоидов со своей специфичной металлогенией (Чукотка, Сихотэ-Алинь, Боливия и Северная Аргентина).

Следует при этом подчеркнуть, что резко преобладают провинции первого типа, в то время как второй тип провинций выражен значительно слабее и менее интенсивно, чем в киммерийскую или герцинскую эпоху.

В провинциях первого типа широко развиты колчеданные месторождения меди, полиметаллов (и вместе с ними барита), хромита, медно-молибденовые и медные месторождения прожилково-вкрапленные и частью жильные, полиметаллические, сурьмяные, ртутные, мышьяковые (реальгар-аурипигментовые), золото-серебряные, локально сурьмяно-вольфрамовые и урановые месторождения. Характерны скарновые и гидротермальные месторождения железа, эпигенетические месторождения марганца и месторождения вулканической серы.

Типичные металлы: Cr, Cu, Mo, Pb-Zn, Au-Ag, Sb, Hg, As, также Fe, Mn, местами U.

В провинциях второго типа широко развиты оловянно-вольфрамовые, также сурьмяные и полиметаллические месторождения с подчиненной ролью Bi, Mo, As, Ag.

Типичные металлы: Sn, W, Sb, Pb-Zn, также Bi, Mo, As, Ag.

Схема развития металлогении альпийских складчатых зон, отдельно для обоих типов провинций, дана в приложенной табл. 7.

Альпийская металлогения проявилась по системе поздних разломов, в связи с внедрением по ним гранитоидных и щелочных интрузий, в пределах отдельных платформ, в особенности Африкано-Аравийской.

К верхнемеловому - нижнетретичному времени относят наиболее продуктивную кимберлитовую алмазонасную провинцию Южно-Африканского Союза, Юго-Западной Африки, Малого Намакваленда, Танганьики и частично Южной Родезии.

С верхнетретичными интрузиями связаны месторождения золота в Саудовской Аравии (между Меккой и Меди-

ной, ежегодная добыча более 1 т, главным образом из россыпей), Йемена и северной части острова Мадагаскар (м-ние Андавакэра), месторождения полиметаллических руд в Египте и Нигерии (в известняках третичного и мелового возраста), а также многочисленные и местами крупные месторождения карбонатитовых руд Восточной и Южной Африки (Уганда, Кения, Танганьика, Ньясаленд, Мозамбик, Северная и Южная Родезия, Трансвааль). Месторождения карбонатитов, вероятно гидротермального генезиса (состав руд — ниобиевый пирохлор и перовскит, карбонаты редких земель, апатит, флюорит, магнетит), связаны со щелочными породами, которые внедрялись вдоль альпийских разломов. В Танганьике освоено и начало разрабатываться крупное месторождение Панда-Хилл (с пирохлором, богатым ниобием).

К альпийской же металлогении относятся небольшие коренные месторождения алмаза в штате Арканзас (связаны с гипербазитами Cg_1 — Cg_2 возраста) и предположительно с альпийским нескрытым очагом связаны огромные по масштабу месторождения свинцово-цинковых (Ge и Ga-содержащих) руд бассейнов рр. Миссури и Миссисипи.

Возможно альпийскими (а не киммерийскими или более древними) являются крупные месторождения алмазов и карбонатитовых руд, открытые в пределах Сибирской платформы.

В. ОСНОВНЫЕ ЧЕРТЫ И СХЕМА РАЗВИТИЯ МЕТАЛЛОГЕНИИ СКЛАДЧАТЫХ ПОДВИЖНЫХ ЗОН

Приведенный выше материал по металлогении каледонских, герцинских, киммерийских и альпийских складчатых зон дает возможность установить некоторые общие черты металлогении подвижных зон, а также выявить обычную последовательность формирования магматических комплексов и связанных с ними месторождений; вместе с тем, сопоставление металлогении отдельных регионов позволяет установить различия в интенсивности проявления или выпадение отдельных этапов развития (тектоно-магматических

комплексов и соответствующих им рудных комплексов), что является спецификой этих регионов.

Развитие металлогении и особенности ее в пределах отдельных регионов рассматриваются ниже на ряде типичных примеров.

Урал. Возраст металлогении каледонский и герцинский. Каледонская металлогения выражена в образовании ряда рудных формаций в следующей последовательности: колчеданная (одновременно с ней золоторудная Учалинская), хромитовая (г. Сарана?), платиновая (Нижний Тагил и др.), титано-магнетитовая (г. Качканар, Волковское), скарновая (железорудные м-ния гор Благодать и Высокая; меднорудные м-ния Гумешевское и Турьинские рудники), золоторудная Миасская (с малыми интрузиями гранитоидов девонского возраста). Герцинская металлогения характеризуется несколько иным комплексом и иной последовательностью формирования рудных формаций в следующем порядке: хромитовая (Кемпирсай и др.), титано-магнетитовая (Кусинское, Первоуральское и др.), скарновая (железорудные месторождения г. Магнитная и может быть Кустанайская группа, золото-шеелитовые—Гумбейка, Боевка), золоторудная (Березовское, Кочкарь и др.).

Обращает на себя внимание проявление как в каледонскую, так и в герцинскую металлогеническую эпоху лишь раннего и среднего этапов развития, в связи с чем для металлогении Урала характерны Cu, Cr, Pt, Ti, Fe, Au.

Центральный и Северо-Восточный Казахстан. Возраст металлогении каледонский на северо-востоке Казахстана и герцинский на остальной территории республики.

Каледонская металлогения проявилась в последовательном формировании медно-молибденовых* и медных (Божекуль), колчеданных (Майкаин) и золото-сульфидных (Степняк) месторождений.

Герцинская металлогения, особенно интенсивная в Центральном Казахстане, развивалась в следующей после-

* Северо-Восточный Казахстан—единственный рудный район мира, где Cu-Mo минерализация предшествует колчеданному оруденению; во всех других районах более ранней является колчеданная минерализация.

ловательности: с умеренно-кислыми гранитоидами C_2-P_1 возраста—медные (Джезказган, Успенское), медно-молибденовые (Коунрад), полиметаллические (Карагайлы, Аксоран и др.), скарновые железорудные (Саяк, Кень-Тюбе и др.) месторождения; с кислыми гранитами P_2 возраста—кварц-вольфрамитовые, кварц-молибденитовые, реже кварц-касситеритовые месторождения (Акчатау, Караоба, Восточный Коунрад, Шалгия, Жанет и др.).

Таким образом, в Северо-Восточном Казахстане проявились только ранний и средний этапы развития (характерные металлы Cu, Mo, Au, Fe), а в Центральном Казахстане наряду с ними (характерные металлы Cu, Mo, Pb, Zn, Fe) также поздний этап развития (характерны W, Mo, частью Sn).

Кузнецкий Алатау, Горная Шория, Тува, Салаир, Алтай. На этой обширной территории Западной Сибири возраст металлогении в основном каледонский и только в районах Алтая и в Калба-Нарымском рудном районе, примыкающем с запада к Алтаю, металлогения иного (герцинского) возраста и резко отличается по типу минерализации от каледонской. В Кузнецком Алатау и Горной Шории каледонская металлогения проявилась слабо в раннем этапе развития (гипербазиты и габбро с проявлениями Cr, платиноидов, Ti, асбеста) и значительно более интенсивно— в среднем этапе развития (умеренно-кислые гранитоиды со скарновыми месторождениями Fe с наложенной Co-Ni минерализацией, также богатые месторождения золота, полиметаллических руд).

Близкий к Кузнецкому Алатау характер имеет каледонская металлогения Восточного Саяна и Минусинской котловины с продолжением ее на территории Тувинской АССР. Здесь также развиты ранний (гипербазиты с Cr, платиноидами, асбестом) и средний (гранитоиды со скарновыми месторождениями Fe, Cu, гидротермальными месторождениями Co-Ni, Cu-Co, Ag-Ni руд) этапы развития.

В Салаире с кварцевыми альбитофирами и гранитоидами кембрийского возраста (ранний и средний этапы развития) связаны месторождения золота и полиметаллических руд.

Наконец, металлогения Рудного Алтая, представленная крупнейшими месторождениями полиметаллических и мед-

но-цинковых колчеданных руд, тесно связана с альбитовыми порфирами P_2 возраста или гранит-порфирами герцинского цикла и укладывается в ранний—средний этапы развития.

В Калба-Нарымском районе и Горном Алтае каледонская металлогения выражена крайне слабо; здесь минерализация связана с герцинскими кислыми гранитами (поздний этап развития), с которыми ассоциируют промышленные месторождения редкометальных пегматитов, высокотемпературные кварц-касситерит-вольфрамитовые и кварц-вольфрамит-молибденитовые жилы, месторождения золота.

Таким образом, в целом для обширной территории Западной Сибири характерно интенсивное проявление раннего и среднего этапов (типичные металлы Cu, Pb и Zn, Au, Fe, Co, Ni, отчасти Cr, Ti, Pt) и лишь на сравнительно небольших участках проявился поздний этап развития (типичные металлы Sn, W, Mo, Au, отчасти Ta, Nb и др.).

Средняя Азия. Металлогения в основном герцинского возраста с хорошо выраженными средним и частью поздним этапами развития (гранитоиды умеренно-кислые и кислые с Pb-Zn, Cu-Mo, As, W—шеелитовым, также Sn, Sb-Hg оруденением).

Забайкалье. Металлогения в основном киммерийского возраста с интенсивно развитым поздним этапом (кислые гранитоиды с Sn-W-Mo оруденением, месторождения полиметаллических руд и золота). Локально проявилась альпийская металлогения в ее конечном, вероятно, этапе (низкотемпературные Au-Ag, Hg, Sb, W месторождения типа Баля и др.).

Северо-Восток и Дальний Восток СССР. Металлогения этих областей, в основном, киммерийского и только на Чукотке и в хребте Сихотэ-Алинь альпийского (ларамийского) возраста. Особенно широко и интенсивно проявились гранитоиды позднего этапа развития, с которыми связано богатейшее Sn-W и местами также Mo оруденение; меньшее значение имеют Pb, Zn, Ag, Co. С более ранним комплексом малых интрузий диоритового состава связаны богатейшие месторождения золота Колымы и Индигирки.

Кавказ и Закавказье. Металлогения в основном ким-

мерийского и альпийского возраста. С киммерийскими кварцевыми порфирами и альбитофирами тесно связано богатое колчеданное (в основном медное, частью полиметаллическое) оруденение Алавердского, Кедабек-Чирагидзорского и Кафанского рудных районов Малого Кавказа, а также, вероятно, баритовое оруденение Кутаисского района Грузии. С киммерийскими гранитоидами связано полиметаллическое оруденение Садона и Абхазии и скарновые и гидротермальные месторождения Fe, Cu, Co Дашкеганского, Кохбского и др. районов Малого Кавказа.

Альпийская металлогения представлена следующими комплексами. С дацитами и гранитоидами Малого Кавказа (возраст Cr_2 - Еос.) связаны колчеданные—медные, полиметаллические и баритовые месторождения Болнисского, Аджарского, Артвинского рудных районов, а с гипербазитами примерно того же возраста связано хромитовое оруденение Севано-Амасийского рудного пояса.

С более поздними гранитоидами Малого Кавказа (возраст Olg.-Mios.) связано интенсивное медно-молибденовое оруденение Зангезура (Каджаран, Агарак, Дастакерт), Памбака (Анкаван) и W (шеелит) -Mo оруденение Северного Кавказа (Тырныауз), а с наиболее поздними дацитами и гранитоидами мио-плиоценового возраста, проявившимися и на Малом и на Большом Кавказе, связаны низкотемпературные месторождения Sb, As, Hg и местами (Зод) золота.

Характерно интенсивное проявление раннего и среднего, также конечного этапов развития при полном выпадении позднего этапа развития. В связи с этим для металлогении Кавказа в целом типичны: Cu, Mo, Pb и Zn, Fe, барит, частью Cr, Co, Au, Sb, As, Hg. Почти совершенно отсутствует Sn, а W представлен только шеелитом на Северном Кавказе (Тырныауз)*.

Камчатка и Корякский хребет. Металлогения альпийского возраста представлена ранним, средним и частью конечными этапами развития. С верхнемеловыми гипербазитами связаны месторождения хромита и проявления платины, а

* Возраст оруденения Тырныауза до сих пор точно не установлен и по Н. А. Хрущову может оказаться герцинским.

Интенсивность проявления главнейших типов месторождений в пределах отдельных
складчатых областей СССР

Складчатые области		Урал	Центральный и С-В Казахстан	Кузнецкий Алатау, Салаир, Алтай	Средняя Азия	Забайкалье	Северо-Восток и Дальний Восток	Кавказ и Закавказье	Камчатка и Корякский хр.
РАННИЙ ЭТАП	Колчеданные								
	Месторождения Pt								
	Месторождения хромита								
	М-ния титаномагнетита								
СРЕДНИЙ ЭТАП	Скарновые м-ния Fe, Cu, W, Mo, Pb, Zn								
	Cu и Cu-Mo месторождения								
	Полиметаллические								
	Золото-сульфидные								
	Sb и Hg месторождения								
	U месторождения								
	Co-Ni месторождения								
ПОЗДНИЙ ЭТАП	Пегматиты редкометалльные								
	Кварцевые жилы с Sn-W-Mo оруденением								
	Сульфидно-касситеритовые								
	Золото-сульфидные								
	Полиметаллические								
	Sb и Hg месторождения								
	U месторождения								
КОНЕЧНЫЙ ЭТАП	Au-Ag и Ag месторождения								
	Hg и Sb, Sb-W месторождения								
	As месторождения								
	U месторождения								

среди эффузивов мелового возраста залегают колчеданные месторождения (ранний этап). С более поздними (средний этап) гранитоидами Olg.-Mios. возраста связаны крупные концентрации Cu-Mo руд (Воровское и др. м-ния), а с плиоценовыми дацитами и андезитами (конечный этап) — многочисленные месторождения и проявления золота и ртути. В целом металлогения Камчатки и Корякского хребта очень сходна с альпийской металлогенией Малого Кавказа.

Норвегия. Металлогения каледонского возраста. Хорошо выражен ранний этап развития с колчеданными месторождениями, залегающими среди эффузивов, и небольшими месторождениями хромита и титаномагнетита в связи с гипербазитами и габбро. С гранитоидами среднего этапа развития связаны медно-молибденовые (Омдаль) и кобальтовые (Скуттеруд, Снарум) месторождения.

Характерные металлы Cu, Mo, Co, частью Cr и Ti.

Восточная Австралия и Тасмания. Металлогения каледонского и герцинского возраста (наложение их хорошо выражено в Новом Южном Уэльсе, Виктории и Тасмании). Каледонская металлогения представлена средним и ранним этапами — богатыми месторождениями золота в Новом Южном Уэльсе и Виктории (Бендиго, Балларат и др.), колчеданными месторождениями полиметаллов, меди и золота в Тасмании, а также оловянно-вольфрамитовым оруденением позднего этапа в районе Авока (Тасмания).

Герцинская металлогения проявилась интенсивно на всей территории Австралийских Кордильер и выражена месторождениями хромита и колчеданных руд раннего этапа развития и значительными месторождениями Sn-W-Mo руд и золота в Квинсленде, Новом Южном Уэльсе и Тасмании, связанными с гранитоидами позднего этапа развития.

Характерные металлы Au, Cu, Pb, Zn, Cr, также Sn и W.

Монгольская Народная Республика и Северо-Восточный Китай. Металлогения герцинского возраста. Хорошо выражен поздний этап с кислыми гранитоидами, с которыми связаны значительные концентрации Sn-W руд, золота и полиметаллов.

Западная Европа. Металлогения герцинского возраста.

Интенсивно проявились гранитоиды позднего этапа, с которыми связано богатое Sn-W оруденение (Корнуолл, Гуарда, Рудные горы), также месторождения U (Португалия, Корнуолл, Центральная Франция, Рудные горы), полиметаллических руд (Испания, Сардиния, Рудные горы), Co и Ni, Ag (Рудные горы), Sb (Центральная Франция).

Юго-Восточная Азия. Металлогения киммерийского возраста.

Широко развиты кислые гранитоиды позднего этапа, с которыми связаны крупные месторождения Sn-W-Mo руд, а также месторождения Pb и Zn, Sb, Hg, местами U. С несколько более древними (средний этап?) умеренно-кислыми гранитоидами и малыми интрузиями кварцевых порфиров связаны месторождения Au, Cu, Mo, Fe, Pb и Zn, Sb в Таиланде и Малайе.

Япония, Филиппины, Индонезия, Новая Зеландия. Металлогения в основном альпийского возраста (за исключением некоторых колчеданных и хромитовых месторождений палеозойского и киммерийского возраста в Японии).

Альпийская металлогения проявилась особенно интенсивно в ее раннем этапе (крупные хромитовые месторождения Японии и Филиппин, колчеданные, медные главным образом, месторождения Японии, Филиппин, острова Тайвань, Индонезии, проявления платины и алмаза). Менее развиты гранитоиды среднего этапа развития, с которыми связаны месторождения полиметаллических руд и золота; локально проявились (в Японии) кислые граниты позднего (?) этапа с Sn-W оруденением. Очень интенсивно и повсеместно выражен конечный этап развития с крупными концентрациями Au-Ag и Sb-Hg руд в Индонезии, Филиппинах, Новой Гвинее, Новой Зеландии и Японии.

Тихоокеанская зона Северной и Южной Америки. Здесь рассматривается весь американский сектор Тихоокеанской складчатой зоны и металлогенического пояса, за исключением небольшого его отрезка, охватывающего Боливию и Северную Аргентину с резко отличной минерализацией.

Металлогения киммерийского и альпийского возраста.

Киммерийские умеренно-кислые гранитоиды среднего этапа широко развиты на Аляске, в Британской Колумбии,

а также в Калифорнии, Неваде и частью в Мексике. С ними связаны крупные месторождения золота, меди, полиметаллических руд, скарновых шеелитовых руд.

С локально, но слабо проявленными кислыми гранитами Аляски и Мексики связаны небольшие месторождения олова. С ранним этапом киммерийской металлогении связаны многочисленные, но небольшие месторождения хромита западных штатов США, проявления платины и алмаза, а также отдельные колчеданные месторождения.

Альпийская металлогения проявилась очень интенсивно на всем протяжении зоны от юго-западной Аляски до Огненной земли.

Ранний этап развития металлогении представлен месторождениями хромита (крупные на острове Куба, небольшие на Аляске, в Колумбии и др.), колчеданных руд (в Перу, Кубе), платины (Аляска, Колумбия) и проявлениями алмаза.

С умеренно-кислыми гранитоидами среднего этапа развития связаны многочисленные и часто крупные месторождения меди, молибдена, свинца, цинка и серебра, золота, урана, некоторые Sb-Hg и скарновые (Fe, Cu, W) месторождения. Совершенно выпадает поздний этап кислых гранитов, в связи с чем отсутствует Sn-W-Mo оруденение. Очень интенсивно выражен конечный этап металлогении с малыми приповерхностными интрузиями и экструзиями гранитоидного состава, с которыми связаны богатейшие месторождения Au, Ag и Au, Hg, Sb, Sb-W руд, а также некоторые низкотемпературные месторождения урана (Мерисвилл и др.) мезо-кайноценового возраста.

Боливия и Северная Аргентина. Металлогения альпийского возраста. Здесь интенсивно проявился поздний этап металлогении, связанный с кислыми гранитоидами третичного возраста. Широко представлены месторождения Sn, W, Sb , также Pb и Zn, Bi, Ag . Слабее выражен конечный этап (месторождения Sb-W и Au-Ag руд).

Средиземноморская зона. Металлогения киммерийская и, главным образом, альпийская. Интенсивно проявлены ранний и средний этапы развития, локально проявился конечный этап при почти полном выпадении позднего этапа развития.

Киммерийская металлогения отчетливо выражена на Балканах и представлена рудными комплексами раннего этапа минерализации (месторождения хромита и часть колчеданных в Югославии).

Альпийская металлогения интенсивно проявлена на всем протяжении Средиземноморской зоны от Южной Испании и Северной Африки через Италию, Балканы, Малую Азию, Иран, Пакистан до Западной Бирмы и Индонезии включительно.

С ранним этапом развития связаны многочисленные и часто крупные месторождения колчеданных, медных главным образом, руд на Балканах, в Турции, Албании, Кипре, а также месторождения хромита этих же районов.

Очень хорошо выражен средний этап развития металлогении, связанный с умеренно-кислыми гранитоидами верхнемелового и главным образом третичного возраста. С этими интрузиями ассоциируют многочисленные и часто крупные месторождения железа (скарновые и сидеритовые гидротермальные), меди и молибдена, свинца и цинка, сурьмы, ртути, а также отдельные месторождения золота, урана, кобальта и никеля.

Из наиболее значительных можно отметить скарновые железорудные месторождения Банат (в Румынии), сидеритовые—Бильбао (в Северной Испании), Яворик (Югославия), Уенца (Алжир), меди и молибдена (в Югославии и Северном Иране), свинца и цинка (в Южной Испании, Алжире, Тунисе, Югославии, Греции, Турции), сурьмы и ртути (в Испании, Италии, Югославии, Алжире). Локально проявился конечный этап, представленный субвулканическими малыми интрузиями и экструзиями, с которыми связаны месторождения Au-Ag руд (Карпаты), Sb и Hg (Тоскана), мышьяка (Банат, Турция, Иран), а также, вероятно, некоторые своеобразные низкотемпературные месторождения урана (Ургрика в Португалии, Крузиль во Франции и др.).

Приведенный фактический материал подтверждает, что металлогения складчатых зон развивается в несколько последовательных этапов, характеризующихся своей специфи-

Интенсивность проявления главнейших типов месторождений в пределах отдельных складчатых областей зарубежных стран

Таблица 9

Складчатые области		Норвегия	Восточная Австралия и Тасмания	Монголия, С-З Китай	Западная Европа	Ю-В Азия	Япония, Филиппины, Индонезия, Новая Зеландия	Тихоокеанск. зона С и Ю Америки кроме Боливии и С. Аргентины	Боливия, С. Аргентина	Средиземноморская зона от Ю. Испании до Зап. Бирмы
РАННИЙ ЭТАП	Колчеданные									
	Месторождения Pt									
	Месторождения хромита									
	M-ния титаномагнетита									
СРЕДНИЙ ЭТАП	Скарновые месторождения Fe, Cu, W, Mo, Pb, Zn									
	Cu и Cu-Mo месторождения									
	Полиметаллические									
	Au-сульфидные									
	Sb и Hg месторождения									
	U месторождения									
	Co-Ni месторождения									
ПОЗДНИЙ ЭТАП	Пегматиты редкометалльные									
	Кварцевые жилы с Sn-W-Mo оруденением									
	Сульфидно-касситеритовые									
	Au-сульфидные									
	Полиметаллические									
	Sb и Hg месторождения									
	U месторождения									
КОНЕЧНЫЙ ЭТАП	Au-Ag и Ag месторождения									
	Hg и Sb, Sb-W месторождения									
	As месторождения									
	U месторождения									

кой металлогении и обособляющихся в пространстве (табл. 8 и 9).

В развитии металлогении складчатых зон достаточно четко выделяются четыре этапа:

Первый — ранний (и начальный) с широким развитием эффузивов и интрузий основных и ультраосновных пород частью доскладчатых, частью связанных с первыми складчатыми движениями. Характерные полезные ископаемые — колчеданные м-ния Cu, Pb и Zn, барита, магматические месторождения платины, хромита, титаномagnetита.

Второй — средний с внедрением умеренно-кислых гранитоидных пород, с которыми связаны скарновые м-ния Fe, Cu, W, Pb и Zn, Mo и обширная серия гидротермальных м-ний Cu, Cu и Mo, Pb и Zn, Au, Sb и Hg, отдельные месторождения U и Co.

Третий — поздний с внедрением кислых гранитов, с которыми связаны пегматитовые месторождения редких металлов и обширная серия гидротермальных месторождений Sn, W, Mo, Au, Pb и Zn, Sb и Hg, главная часть U.

Четвертый — конечный, постскладчатый с малыми интрузиями гранитоидов, внедрявшимися вдоль разломов; здесь характерна серия низкотемпературных месторождений Au и Ag, Sb и Hg, As (реальгара и аурипигмента) и U.

Примечательно, однако, что приведенное полное развитие складчатых зон и металлогении практически встречается редко. Начиная с герцинских зон, отчетливо выделяется два различных типа металлогенических провинций:

1) с резким преобладанием раннего и среднего (местами также конечного) этапов развития и

2) с резким преобладанием позднего (редко также конечного) этапов развития.

К провинциям первого типа относятся:

Палеозойские (герцинские, частью каледонские) провинции — Урал, Салаир, Алтай, часть Центрального и Северо-Восточного Казахстана и Средней Азии, Кузнецкий Алатау, Тува, Юго-Западный Китай, Юго-Восточная Австралия, Норвегия.

Киммерийские провинции — Северный Кавказ и За-

Кавказе, Балканы, частью Япония, Аляска, Британская Колумбия, Западные штаты США.

Альпийские провинции—целиком альпийская Средиземноморская складчатая зона и почти целиком (без Чукотки, Сихотэ-Алиня, Боливии и Северной Аргентины) Тихоокеанская альпийская складчатая зона.

К провинциям второго типа относятся:

Палеозойские (герцинские) провинции—часть Центрального и Северо-Восточного Казахстана, Калба-Нарым, Западная Европа, Монгольская Народная республика, Северо-Восточный Китай, Квинсленд, Аргентина.

Киммерийские провинции—Забайкалье, СВ СССР, ЮВ Азии, частью Корея, слабо в Мексике и на Аляске.

Альпийские провинции—Чукотка, Сихотэ-Алинь, Боливия, Северная Аргентина.

Следует подчеркнуть, что между разновозрастными, но однотипными провинциями имеются элементы большого сходства, а между разновозрастными провинциями—почти полная аналогия, независимо от разделяющего их расстояния. В то же время между разновозрастными, но разнотипными, даже соседними провинциями, имеют место существенные различия в истории геологического развития и в характере металлогении. Как это ни парадоксально, например альпийская металлогения Камчатки и Корякского хребта резко отлична от металлогении соседней Чукотки (разнотипные провинции) и почти аналогична металлогении Армении, расположенной в противоположном конце Советского Союза.

Необходимо отметить еще один существенный момент. В пределах альпийской Средиземноморской складчатой зоны полностью отсутствует металлогения „позднего“ этапа развития при интенсивном развитии всех остальных этапов, включая „конечный“. В пределах альпийской Тихоокеанской складчатой зоны также повсеместно интенсивно выражены все этапы развития, исключая „поздний“, проявившийся локально лишь на небольших отрезках зоны (Чукотка, Сихотэ-Алинь, Боливия).

С другой стороны, в азиатской части киммерийской

складчатой зоны Тихоокеанского пояса интенсивно проявился только „поздний“ этап, в то время как в американском секторе этого же пояса „поздний“ этап практически отсутствует.

Из приведенных, может быть недостаточных пока данных, вытекает ряд важных выводов:

Во-первых, очевидно, что развитие подвижной зоны может не пройти „позднего“ этапа и в этих случаях так называемый „средний“ этап (после которого следует „конечный“) будет в действительности отвечать позднему, замыкающему геосинклиналь.

Во-вторых, также очевидно, что ряд регионов, не проходя предварительно раннего и среднего этапов развития, непосредственно формируется в тектоническом и металлогеническом отношениях в „поздний“ этап.

В-третьих, исходя из локального развития позднего этапа, можно предположить, что проявление его имеет место в особых тектонических условиях, вероятно в зонах максимальных напряжений и прогибания, возникающих далеко не во все периоды и не во всех регионах. Эти вопросы поднимаются нами в порядке постановки, окончательное их решение впереди.

Сравнение металлогении платформ и складчатых зон

Теперь, после изложения фактического материала по металлогении платформ и подвижных складчатых зон, уместно вкратце остановиться на сравнительной характеристике металлогении этих двух основных типов структур земной коры (табл. 11) и оценить роль платформ и складчатых зон в мировой добыче главнейших металлов и алмаза (табл. 12).

Сведенный в две наглядные таблицы материал позволяет сделать следующие выводы:

1. Металлогения платформ, очевидно ввиду особых условий процессов осадконакопления в докембрийскую эпоху и специфичности состава и условий дифференциации магм в период консолидации и последующий период платформенного режима, характеризуется особенностями, отличающими ее от металлогении складчатых зон.

Эти особенности следующие:

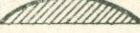
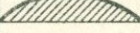
Схема развития металлогении складчатых зон*

Тектоно-магматические комплексы	Типы месторождений	Примеры рудных районов и месторождений	Промышленное значение
<i>Ранний этап</i>			
1. Вулканогенные толщи, субвулканические интрузии порфиров и альбитофиров	Колчеданные м-ния меди и полиметаллических руд (часто с баритом)	Вост. склон Урала, Алтай, Гуэньва, Бесси, Боудвин, Алаверди, Бор, Козака	Значительная выплавка меди (примерно 20% мировой), также свинца и цинка
2. Габбро-перидотиты (доскладчатый комплекс)	М-ния платины	Н, Тагил и др.	Очень значительная добыча Pt, Os, Ir
3. Дуниты и перидотиты	М-ния хромита	Сарана, Кемпирсай, Даг-Арди, м-ния Балкан, Японии	Подавляющая часть мировой добычи хромита
4. Габбро, пироксениты, анортозиты	М-ния титаномagnetита и рутила	Кусинское, Качканар, Оахака	Значительная добыча титана
<i>II. Средний этап</i>			
5. Умеренно-кислые гранитоиды	а) Скарновые м-ния Fe, Cu, Mo, W (шеелита), Pb и Zn	гг. Магнитная, Высокая, Благодать, Кустанайская гр. (Fe), Турьинские рудники (Cu), зап. штаты США (W), Тырныауз (Mo), Карамазар (Pb и Zn)	Значительная добыча Fe, сравнительно небольшая Cu, W, Mo, Pb и Zn
	б) Медные и медно-молибденовые месторождения	Коунрад, Каджаран, Бингём, Кляймакс и др.	Почти 60% мировой выплавки меди и 90% мировой добычи Mo концентратов
	в) Полиметаллические месторождения	Карагайлы, Аксоран, Сулливан, м-ния Мексики, зап. штатов США, Балкан	Значительная доля мировой выплавки Pb и Zn
	г) Золото-сульфидные месторождения	Степняк, Кузнецкий Алатау, Кочкарь, Березовское, Материнская жила, Бендиги	Значительная доля мировой добычи Au
	д) Сурьмяные и ртутные м-ния	М-ния Испании, Италии, Балкан, Алжира, зап. штатов США, Мексики	Почти 80% мировой добычи Hg, значительная добыча Sb
	е) Урановые (Cu-U, U-полим., Au-U и др.) м-ния	Джилпин, Чиуауа	Небольшая добыча U
	ж) Со м-ния	Ховахсы, Скуттеруд и Снарум	Значительная добыча Co
<i>III. Поздний этап</i>			
6. Кислые, частью умеренно-кислые гранитоиды — батолиты, добатолитовые и послепатолитовые малые интрузии	а) Пегматиты редкометалльные	Калба, Забайкалье, СВ СССР, ЮВ Азия	Значительная добыча Ta, Nb,
	б) Кварцевые жилы и грейзены с Sn-W-Mo оруденением	Центр. и СВ Казахстан, Забайкалье, СВ СССР, ЮВ Азии	В ЮВ Азии 70% мировой добычи Sn и W, немного Mo
	в) Сульфидно-касситеритовые м-ния	СВ СССР, Боливия	Примерно 20% мировой добычи Sn
	г) Золото-сульфидные м-ния	Дарасун, СВ СССР	Значительная добыча Au
	д) Полиметаллические м-ния	В. Забайкалье, Средняя Азия,	Значительная добыча Pb и Zn
	е) Сурьмяные и ртутные м-ния	Кадамджай, Хайдаркан, м-ния ЮВ Китая, Боливии	Подавляющая часть мировой добычи Sb, немного Hg
	ж) Урановые м-ния	Корнуолл, Гуарда, Рудные горы, Центр. массив Франции	Значительная добыча U
<i>IV. Конечный этап</i>			
7. Малые постскладчатые интрузии гранитоидов	а) Au-Ag и Ag м-ния	Балей, Белая гора, Карпаты, зап. штаты США, Мексика, Индонезия, Чили, Перу	За рубежом 50% мировой добычи Ag и 10—15% добычи Au
	б) Sb-Hg м-ния	Тоскана, частью м-ния зап. штатов США	Примерно 20% мировой добычи Hg, немного Sb
	в) Sb-W и As (реальгар-аурипигментовые) м-ния	Кавказ, зап. штаты США, Перу	Сравнительно небольшая добыча Sb, W, As
	г) U м-ния	Мэрисвилл, Ургерика, Крузиль	Сравнительно небольшая добыча U

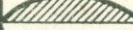
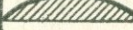
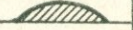
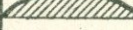
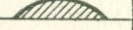
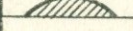
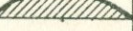
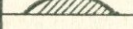
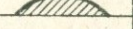
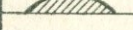
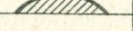
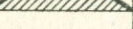
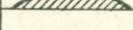
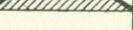
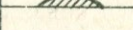
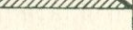
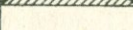
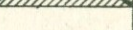
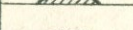
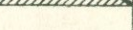
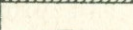
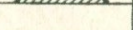
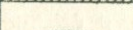
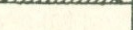
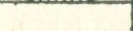
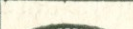
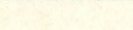
* Не помещены в таблице месторождения железных (сидеритовых), медных (борнит-халькопиритовых) и свинцово-цинковых руд, залегающие среди осадочных пород и имеющие, по мнению одних исследователей, — телетермальный, по мнению других, — осадочный генезис. Место таких месторождений типа Бакала (Fe), Джезказгана (Cu), Каратау (Pb и Zn) в общей схеме развития металлогении неясно.

Таблица 11

Сравнительная характеристика металлогении платформ
и подвижных складчатых зон

Типы месторождений \ Типы структур	Платформы	Складчатые зоны I типа	Складчатые зоны II типа
Метаморфогенные Fe и Mn			
Метаморфогенные Au и U			
Пегматиты редкометальные			
Медно-никелевые (с Pt и Pd)			
Магматические месторождения магнетита и апатита			
Урановые (гидротермальные)			
Месторождения алмаза			
М-ния карбонатитов (Nb, TR)			
Колчеданные			
Месторождения платины			
Месторождения хромита			
Месторождения титаномагнетита и рутила			
Скарновые м-ния Fe, Cu, W, Mo, Pb, Zn			
Cu и Cu-Mo месторождения			
Полиметаллические			
Золото-сульфидные			
Сурьмяные и ртутные			
Кварц-Sn-W-Mo м-ния			
Сульфидно-касситеритовые			
Золото-серебряные			
Cu-Co и Co-Ni-Ag м-ния			

Роль платформ и подвижных складчатых зон в мировой добыче
главнейших металлов и алмаза

Типы структур Металлы	Платформы и щиты	Складчатые зоны I типа	Складчатые зоны II типа
Железо			
Марганец			
Хром			
Титан			
Никель			
Кобальт			
Молибден			
Вольфрам			
Олово			
Сурьма			
Ртуть			
Медь			
Свинец и цинк			
Алюминий			
Серебро			
Золото			
Платина и палладий			
Уран			
Торий			
Алмаз			

а) Только в пределах платформ широко развиты и приобретают большое промышленное значение метаморфогенные месторождения Fe, Mn, Au, U, медно-никелевые сульфидные месторождения (с примесью Pt и Pd), магматические месторождения магнетита и апатита, месторождения карбонатов и алмаза.

б) Значительно интенсивнее, чем в пределах складчатых зон, развиты редкометальные пегматиты (с Ta, Nb, Be, Li, Zr, Th, U и др.), гидротермальные месторождения урана, золота, медно-кобальтовых руд.

в) Почти совершенно отсутствуют, или развиты намного слабее, чем в складчатых зонах, месторождения платины Уральского типа, скарновые месторождения (Fe, Cu, W, Sn), месторождения медно-молибденовых, полиметаллических, кварц-Sn-W-Mo, сурьмяно-ртутных и золото-серебряных руд.

Вместе с тем, в металлогении платформ отчетливо выявляются элементы сходства с металлогенией складчатых зон, как первого, так и второго типов.

По-видимому это объясняется тем, что и в древних докембрийских геосинклинальных зонах локально имели место те же процессы магматизма (вулканического и интрузивного) и минерализации, что и в последующие эпохи.

Так, подобно складчатым зонам первого типа с интенсивным проявлением раннего и среднего этапов развития магматизма, в пределах платформ развиты колчеданные месторождения (среди эффузивов и в связи с ними), месторождения хромита и платины (в связи с гидербазитами вдоль разломов, пересекающих щиты), титаномagnetитовые (в связи с габбро и анортозитами), а также скарновые (с Fe, Cu, W, Sn), медно-молибденовые и золото-сульфидные месторождения (в связи с гранитоидами умеренно-кислого состава).

Подобно складчатым зонам второго типа с интенсивным проявлением позднего этапа развития, в пределах отдельных участков платформ, в связи с внедрением кислых гранитов, связаны редкометальные пегматиты, месторождения золота, урана, олова и вольфрама.

Эти элементы сходства в металлогении платформ и складчатых зон, конечно, необходимо учитывать наряду с суще-

ственными отличиями и спецификой металлогении различных типов структур.

Все же отличия в металлогении настолько значительны, что именно они определяют резко различную роль платформ и подвижных складчатых зон в мировой (с учетом СССР) добыче главных металлов, алмаза и другого нерудного сырья.

Платформы дают подавляющую часть мировой добычи урана и алмаза (почти 100%), никеля, кобальта (90%), урана (около 80%), железа, марганца, титана, платины и палладия, золота (около 75%), почти половину мировой добычи алюминия, около 25% меди и хрома и только небольшую долю мировой добычи олова, вольфрама, молибдена, свинца, цинка и серебра.

Типичные металлы: U, Th, Ni, Co, Fe, Mn, Ti, Pt, Pd, Au, Al, также Cu, Cr (Sn, W, Mo, Pb, Zn).

Из неметаллического сырья эндогенного генезиса характерны: алмаз, слюда, апатит, асбест, графит, силлиманит, корунд (также рубин и сапфир).

Складчатые зоны первого типа дают подавляющую часть мировой добычи молибдена и ртути (почти 90%), хрома, меди, свинца, цинка и серебра (почти 75%), около половины мировой добычи алюминия, почти 25% титана и платины, заметное количество железа, золота, урана, кобальта, немного никеля, вольфрама (шеелита), сурьмы, ничтожное количество алмаза.

Типичные металлы: Cu, Mo, Cr, Hg, Pb, Zn, Ag, Al, также Ti, Pt, Fe, Au, U, Co (Ni, Sb, W).

Из неметаллического сырья эндогенного генезиса характерны асбест, барит, магнезит, тальк, корунд, андалузит, сера (вулканические м-ния), небольшие концентрации алмаза.

Складчатые зоны второго типа дают подавляющую часть мировой добычи олова, вольфрама (около 90%), сурьмы (80%), заметное количество Au, U, Pb и Zn, немного Mo, Co, Ni, Hg, Ag, ничтожные количества Fe и Al.

Типичные металлы: Sn, W, Sb, также Au, U, Pb, Zn (Mo, Co, Ni, Hg, Ag).

Из неметаллического сырья эндогенного генезиса характерны флюорит, слюда, борное сырье.

III. МЕТАЛЛОГЕНИЯ ОТДЕЛЬНЫХ МЕТАЛЛОВ

(Геологические условия концентрации и генетические типы месторождений, закономерности их распределения в земной коре, поисковые предпосылки и признаки)

МЕТАЛЛОГЕНИЯ ЖЕЛЕЗА

а) Геологические условия концентрации и генетические типы месторождений железа

Железо образует крупные промышленные концентрации при различных геологических процессах—эндогенных, экзогенных и метаморфогенных. Наибольшее значение имеют метаморфогенные и осадочные месторождения железа, значительно меньшее—собственномагматические (апатит-магнетитовые и титаномagnetитовые), контактово-метасоматические или скарновые, гидротермальные (магнетитовые, гематитовые и сидеритовые) и остаточные месторождения типа железистых латеритов. Совсем небольшое промышленное значение имеют инфильтрационные и россыпные месторождения, а также отдельные месторождения экскалационного типа и железные (лимонитовые) шляпы.

Геологические условия образования отдельных типов месторождений приведены в порядке, отвечающем убывающей роли их в добыче железных руд.

Метаморфогенные (метаморфизованные) месторождения. Широко распространены и представляют наиболее важный промышленный тип железных руд

высокого качества (примерно 90% общих мировых запасов, более 50% мировой добычи).

Рудовмещающими являются толщи докембрийского (протерозойского, частью архейского) возраста в пределах платформ или глубоко размытых складчатых зон.

Месторождения представлены мощными (до 200—300 м, изредка больше) толщами железистых кварцитов, роговиков и сланцев, которым подчинены штокообразные, столбообразные и реже пластообразные скопления богатейших массивных руд—результат обогащения бедных железом кварцитов и роговиков (метаморфизованных слоистых осадочных толщ) под воздействием метаморфических, гидротермальных и, иногда, метеорных вод.

Разрабатываются массивные руды (Fe 50—70%, P и S сотые доли процента), запасы которых на отдельных месторождениях исчисляются миллиардами тонн; в ряде стран используются после обогащения и железистые кварциты (Fe 30—36 %), запасы которых достигают десятков и даже сотен миллиардов тонн.

Наиболее известными крупнейшими месторождениями этого типа являются: Кривой Рог и КМА в СССР, Верхнее озеро в США, Сингбум в Индии, Итабира в Бразилии.

Осадочные месторождения. Широко распространены и после метаморфогенных занимают второе место по добыче (около 30% мировой). Приурочены к прибрежным песчаниковым отложениям геосинклинальных морских и реже платформенных озерно-болотных бассейнов различного возраста; наиболее продуктивны месторождения юры, силура, мела, неогена.

Месторождения представлены пластами оолитовых руд мощностью в десятки метров; отложению руд обычно предшествует континентальный режим с развитием латеритных образований, размыв которых способствует накоплению мощных пластов железных руд.

Минералогический состав оолитов зависит от условий осадконакопления и, в первую очередь, от кислородного режима: в мелководных бассейнах отлагаются окисные (ли-

монитовые и гематитовые) руды, в более глубоководных условиях — шамозитовые и сидеритовые.

Качество руд среднее (Fe обычно 30—40%, ценные примеси Mn и V; содержание P высокое и руды томасовские). Запасы исчисляются миллиардами тонн. Наиболее известные месторождения этого типа: Керченское и Аятско-Лисаковская группа в СССР, Лотарингия во Франции, Клинтон в США.

Остаточные месторождения типа железистых латеритов. Представляют результат латеритного выветривания массивов ультраосновных пород и широко развиты в районах, где обнажаются последние.

Месторождения представляют плащеобразные покровы рыхлых лимонитовых руд коры выветривания мощностью от нескольких до десятков метров, переходящие на глубину в неизменные породы.

Качество руд довольно высокое (Fe 40—50%, ценные примеси Mn, Cr, V, Ni, Co) и они рассматриваются как природнолегированное сырье для выплавки специальных сортов стали. Запасы отдельных месторождений исчисляются многими сотнями миллионов до миллиардов тонн. На долю железистых латеритов приходится от 5 до 10% мировой добычи руд. Наиболее известные месторождения этого типа: Елизаветинское и Орско-Актюбинская группа в СССР, Моа и Майари на острове Куба, Конакри в Гвинее, месторождения Филиппин.

Собственномагматические (гистеромагматические) месторождения.

Среди них отчетливо выделяются два типа — апатит-магнетитовый, связанный с сиенитовой магмой (тип Кируна) и титаномagnetитовый (Кусинский тип), связанный с магмой основного габбро-анортозитового состава.

Месторождения представлены дайкообразными, жилеобразными, реже линзообразными телами массивных руд, залегающих обычно среди материнских интрузивных пород и представляющих результат внедрения остаточного рудного расплава, обособившегося в глубинном очаге. Для титано-

магнетитового типа известны также крупные концентрации вкрапленных руд сидеронитовой структуры.

Апатит-магнетитовые руды очень богаты железом (55—70%), но обычно содержат много фосфора и являются томасовскими. Титаномagnetитовые руды содержат до 50—55% Fe, до 10% Ti, до 1—2% V_2O_5 и представляют интерес как источник магнетитовых концентратов (содержат V), идущих для выплавки качественной ванадиевой стали и как источник ильменитовых (сырье на Ti) концентратов.

Запасы месторождений исчисляются сотнями миллионов до нескольких миллиардов тонн руды; доля их в мировой добыче более 5%. Наиболее известны месторождения апатит-магнетитового типа Кируна, Люоссавара, Гелливар и Грэнгсберг в Швеции, месторождения титаномagnetитового типа Кусинское и Качканарское в СССР, Адирондак в США, Лиганга в Танганьике.

Контактово-метасоматические (скарновые) месторождения. Распространены довольно широко в складчатых зонах первого типа и тесно связаны с умеренно-кислыми гранитоидами среднего этапа развития подвижных зон.

Руды локализованы среди эпидот-гранатовых или пироксен-скаполитовых скарнов в контактах интрузивных массивов с карбонатными или эффузивно-осадочными толщами.

Рудные тела имеют пластообразную или гнездообразную форму с запасами на отдельных месторождениях до сотен миллионов тонн, в одном случае до нескольких миллиардов тонн руды.

В первичных магнетитовых рудах содержание Fe колеблется в широком интервале (25—30 до 67%), S до нескольких процентов (главным образом за счет пирита), P мало (от сотых долей процента до 0,2%); содержатся ценные примеси Co и иногда Cu. Мартитовые руды верхних горизонтов ценятся выше, благодаря низкому содержанию S (в зоне окисления пирит разложен, сера вынесена).

Значительные месторождения скарнового типа известны в СССР (горы Магнитная, Благодать, Высокая на Урале, Соколовско-Сарбайская группа в Северо-Западном Казах-

стане). Роль этого типа в мировой добыче железных руд подчиненная.

Гидротермальные месторождения. Среди них отчетливо выделяются: 1) высокотемпературные жильные (частью метасоматические) магнетитовые месторождения Ангари-Илимского типа, связанные с интрузивной фацией траппов и представляющие образования малых глубин в пределах платформ и 2) среднетемпературные гематит-сидеритовые жильные и метасоматические месторождения, предположительно связанные с умеренно-кислыми гранитоидами среднего этапа развития подвижных зон (развиты в пределах металлогенических провинций первого типа).

Масштаб месторождений часто значительный (сотни миллионов тонн руды), качество руд высокое ($\text{Fe } 40\text{--}50\%$, ценная примесь Mn в сидеритовых рудах), но роль их в мировой добыче железных руд все же подчиненная.

Среди магнетитовых месторождений наиболее известны Рудногорское, Коршуновское и Красноярское в СССР, а среди сидеритовых—Бакальское в СССР, Зигерлянд в ФРГ, Бильбао в Испании, Уенца в Алжире, Яворик в Югославии.

Остальные генетические типы месторождений железа имеют совсем небольшое промышленное значение.

Инфильтрационные месторождения сферосидеритовых и лимонитовых руд обычно невысокого качества возникают в процессе осаждения железа из грунтовых вод (Алапаевское в СССР, Эгримонт в Англии).

Россыпные месторождения представляют результат механического разрушения и переотложения горных пород и коренных месторождений железных руд (магнетитовые россыпи Италии, Японии).

Железные (лимонитовые) шляпы возникают в процессе окисления колчеданных (Урал, Балканы) или, иногда, сидеритовых (Абаил) руд.

Эксталяционные (эффузивно-осадочные) месторождения. Условия образования их не совсем ясны. Месторождения подчинены эффузивно-осадочным толщам, тесно связаны с подводной вулканической деятельностью и залегают среди вулканогенных пород доскладча-

того (раннего) этапа развития подвижных геосинклинальных зон.

Форма рудных тел пластовая, руды гематитовые; они рассматриваются большинством геологов как осадочные образования, в которых источником железа были эксгалации, связанные с подводным вулканизмом.

К этому типу относятся гематитовые месторождения в кератофирах мульд Лан и Диль (ФРГ), а также сходные месторождения Югославии (Варес и др.) и Малого Кавказа (Чатах).

б) Закономерности распределения месторождений железа в земной коре

Наиболее значительные концентрации железных руд сосредоточены в пределах платформ, которые дают почти 75% мировой добычи металла, главным образом из метаморфогенных, частью собственномагматических, скарновых, гидротермальных и осадочных месторождений (рис. 5).

Довольно крупные концентрации железа характерны для металлогенических провинций первого типа (с широким развитием раннего и среднего этапов), где обычны скарновые, титаномagnetитовые, гидротермальные (сидеритовые и гематитовые), а также крупные осадочные и остаточные (типа железистых латеритов по массивам ультраосновных пород) месторождения.

Здесь же обычны лимонитовые железные шляпы (по колчеданным и сидеритовым рудам), отдельные инфильтрационные, эксгалационные и россыпные месторождения железных руд.

Бедны железом металлогенические провинции второго типа (с широким развитием позднего этапа); известны небольшие скарновые месторождения и железные шляпы по сульфидно-касситеритовым рудам.

Платформы особенно богаты железом, месторождения которого формируются в различные этапы развития структуры. Важнейшее значение имеют метаморфогенные место-

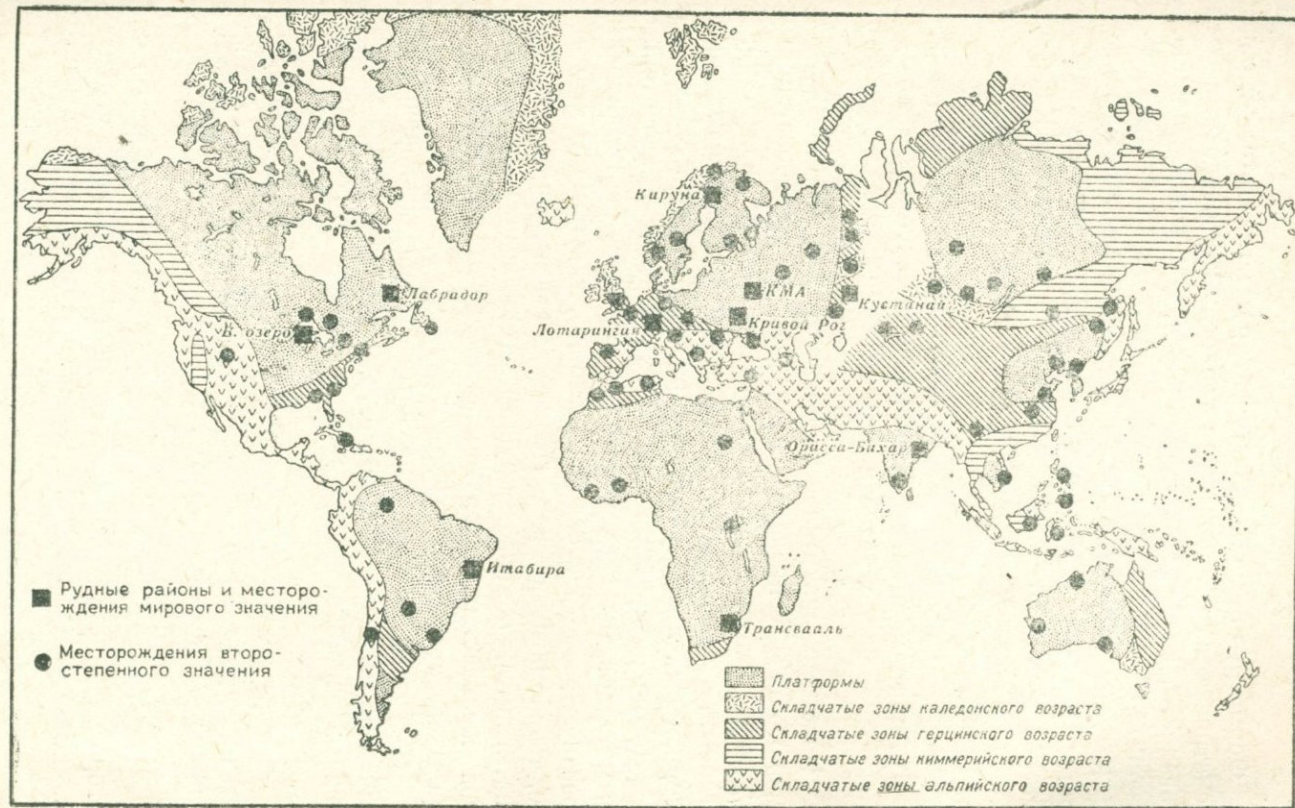


Рис. 5. Главнейшие мировые месторождения железа.

рождения, возникшие в результате осаждения в докембрийских бассейнах и последующего метаморфизма мощных тонкослоистых железисто-кремнистых толщ, подчиненных вулканогенно-осадочным формациям протерозоя и архей. Накопление железа может иметь место многократно, как это установлено, например, для района Верхнего озера (железистые формации архейского, среднегуронского и верхнегуронского возраста) или, чаще, приурочено к одному определенному горизонту.

Источником железа одни геологи считают породы континента и латеритные покровы на них, другие—экзгаляции, связанные с подводным вулканизмом (эффузивные породы основного состава, богатые железом, во многих районах подстилают толщи железистых кварцитов, или переслаивают их).

Наиболее крупные и промышленно-важные месторождения этого типа располагаются в пределах платформ: Русской (Кривой Рог, КМА, Белгород), Северо-Американской (Верхнее озеро, Лабрадор), Индостанской (Сингбум), Бразильской (Итабира, Серро-де-Боливарес). Значительные по масштабу месторождения известны и в пределах всех других платформ—Сибирской, Африкано-Аравийской, Сино-Корейской, Западно-Австралийской. Следует подчеркнуть, что этот тип характерен только для платформ и докембрийских толщ; в пределах складчатых зон метаморфогенные месторождения встречаются лишь на участках глубокого размыва с выступающим докембрийским фундаментом.

Собственномагматические и скарновые месторождения железных руд связаны генетически с неоднократным внедрением в период консолидации платформы интрузивных пород различного состава—основного, умеренно-кислого и щелочного, нередко по более поздним разломам, рассекающим породы платформы.

С основными породами типа габбро и анортозитов связаны крупные гистеромагматические месторождения титаномагнетитовых (магнетит-ильменитовых) руд в пределах платформ: Русской (Велимэки, Пудожгорское, Таберг и др.), Африкано-Аравийской (Лиганга, Бушвельдская группа и др.)

и Северо-Американской (Адирондак, Лак-Тио, Аллард-Лейк).

С внедрением сиенитов связаны очень крупные скопления апатит-магнетитовых руд в Швеции (Кируна, Люосавара, Гелливар, Грэнгсберг), а с гранитоидами и щелочными породами — отдельные скарновые месторождения (Енское, Арендаль и др.).

В платформенный период, в связи с внедрением габбро-диабазов трапповой формации, образуются гидротермальные магнетитовые месторождения Ангари-Илимского типа.

В озерно-болотных бассейнах в пределах Русской платформы образовались месторождения оолитовых железных руд (Липецкое, Тульское и др.).

В складчатых зонах и металлогенических провинциях первого типа концентрации железа имеют место в ранний и средний этапы развития.

С габбро-пироксенитами и анортозитами раннего этапа развития связаны месторождения титаномагнетитовых руд (Кусинское, Качканар и др.), а с умеренно-кислыми гранитоидами среднего этапа развития — скарновые месторождения магнетитовых руд (гора Магнитная, Соколовско-Сарбайская группа, горы Благодать и Высокая, Банат и др.) и вероятно гидротермальные сидеритовые месторождения (Бакал, Бильбао, Уенца и др.).

Здесь же, в прибрежных частях геосинклинальных бассейнов, образуются крупные месторождения осадочных железных руд (Керчь, Аятское, Клинтон, вероятно Лотарингия), а в связи с выветриванием массивов ультраосновных пород — значительные месторождения железистых латеритов (на Урале, острове Куба, Филиппинах).

В складчатых зонах и металлогенических провинциях второго типа небольшие концентрации железа представлены скарновыми месторождениями, связанными с поздними гранитоидами (Сихотэ-Алинь).

в) Поисковые предпосылки и признаки на железо

Предпосылки для поисков железных руд различных генетических типов вытекают из установленных закономер-

ностей в распределении их в земной коре и возникновения промышленных концентраций металла в определенных геологических условиях и в ходе развития металлогении крупных структур—платформ и подвижных зон.

В пределах платформ, среди докембрийских образований, можно ожидать открытия месторождений метаморфогенного типа, подчиненных толщам кварцитов, кристаллических сланцев и зеленокаменных пород (измененных эффузивов основного состава).

Железистые кварциты и роговики имеют региональное распространение и хорошо прослеживаются магнитометрическими методами. Скопления массивных богатых руд, подчиненных толщам железистых кварцитов, связаны с циркуляцией эндогенных (гидротермальных, метаморфических) или метеорных вод и контролируются зонами дробления, горизонтами экранирующих сланцев или поверхностями древнего выветривания.

В тех случаях, когда образование массивных руд определено связано с гидротермальными растворами, источником которых были гранитоиды, распределение их контролируется зоной экзоконтакта с интрузиями и участками интенсивного проявления щелочного метасоматоза (эгиринизация, альбитизация). Преобладание в массивных рудах магнетита позволяет широко применять при поисках и разведке их магнитометрические методы.

В пределах платформ среди массивов основных пород (габбро, анортозитов и др.), представленных лакколитами, лополитами или дайкообразными телами, образуются крупные месторождения титаномагнетитовых руд, которые содержат ценную примесь ванадия. При поисках этого типа руд следует исходить из их тесной связи с породами основного состава.

Среди сиенитов и сиенито-диоритов локально образуются крупные месторождения апатит-магнетитовых руд.

В контактовых зонах гранитоидов с карбонатными толщами докембрийского фундамента локализованы скарные магнетитовые руды, а в связи с излияниями траппов в платформенный период развития находятся высокотемператур-

ные магнетитовые руды. Последние контролируются трещинами среди траппов и осадочных пород (жильные тела), а также вулканическими трубками, заполненными туфовым материалом (метасоматические залежи).

Так как в составе магматических, скарновых и гидротермальных руд ведущая роль принадлежит магнетиту, при поисках их широко применяются магнитометрические методы.

Следует также учитывать наличие в пределах платформенных остаточных месторождений типа железистых латеритов (поиски в районах развития выходов ультраосновных пород) и осадочных месторождений оолитовых руд различного возраста—от верхнепротерозойского до третичного включительно.

Значительные концентрации железных руд можно ожидать в складчатых зонах первого типа, где среди массивов габбро-пироксенитов и анортозитов залегают жильные и вкрапленные месторождения титаномagnetитовых руд, а в контактовых зонах умеренно-кислых гранитоидов—крупные скарновые магнетитовые месторождения.

Среди карбонатных толщ вне видимой связи с интрузивами, вдоль зон разломов, служивших путями циркуляции гидротермальных растворов, развиваются метасоматические сидеритовые руды; оруденение контролируется участками доломитизированных пород и на поверхности выражено железными шляпами.

В связи с латеритным выветриванием ультраосновных массивов находятся крупные остаточные месторождения, а в прибрежных частях геосинклинальных бассейнов отлагаются оолитовые осадочные руды.

МЕТАЛЛОГЕНИЯ МАРГАНЦА

а) Геологические условия концентрации и генетические типы месторождений марганца

Наиболее крупные и промышленно-ценные концентрации марганца возникают при экзогенных процессах, в связи с образованием пластов осадочных оолитовых руд в при-

брежных частях геосинклинальных бассейнов, а также в процессе метаморфизма и последующего выветривания (до марганцовых шляп) осадочных пород, богатых марганцем.

Небольшие концентрации марганца образуются в контактово-метасоматических и среднетемпературных гидротермальных условиях. Наконец, известны многочисленные, сравнительно небольшие, месторождения как бы промежуточного между экзогенным и эндогенным генезиса, так называемого эффузивно-осадочного типа.

Геологические условия образования отдельных типов месторождений приведены ниже, в порядке от промышленно более важных к менее важным.

Осадочные месторождения. Представляют наиболее важный промышленный тип, дают почти две трети мировой добычи марганцовых руд. Обычно тесно ассоциируются с мелководными кремнистыми осадками и образуются в прибрежных частях морских геосинклинальных бассейнов.

По мере удаления от береговой линии наблюдается смена окисных (пиролюзит-псиломелановых) руд, сначала манганитовыми, затем карбонатными (родохрозит-манганокальцитовыми). Очень характерно оолитовое или конкреционное строение руд. Возраст месторождений различен—от кембрия до верхнетретичного включительно.

Однако все крупнейшие концентрации марганца приурочены к олигоценовой эпохе (Никополь, Чиатура, Полуночное и др.).

Метаморфогенные месторождения вместе с марганцовыми шляпами, возникшими за счет них, стоят на втором месте по промышленному значению и дают почти одну треть мировой добычи. Подавляющая часть месторождений этого типа подчинена докембрийским толщам и располагается в пределах платформ. Месторождения представлены мощными горизонтами сланцев, богатых марганцем и метаморфизованных в эпидот-гранатовые породы, или линзами силикатно-карбонатных и окисных (браунит-гаусманитовых) руд.

Окисные и отчасти силикатно-карбонатные руды представляют самостоятельный интерес, в то время как сланцы и эпидот-гранатовые породы не являются рудой на марганец.

нец и становятся таковой только в результате выветривания и образования марганцовых шляп. К метаморфогенному типу относятся Усинское и Джездинское месторождения в СССР и очень крупные зарубежные месторождения—Балагат, Нагпур и др. (Индия), Нсута (Гана), Морро-да-Минас (Бразилия), и Постмасбург (Южно-Африканский Союз).

Эксталяционные (эффузивно-осадочные) месторождения.

Распространены широко, подчинены эффузивно-осадочным толщам и нередко встречаются совместно с колчеданными и эксталяционными гематитовыми месторождениями.

Условия образования не совсем ясны.

Формы рудных тел самые различные: пластообразные тела замещения в мергелях, гнезда, штокверковые зоны и жилы среди порфиритов, андезитов, туфобрекчий и туфоконгломератов, переслаивающихся с мергелями.

В составе руд преобладают кристаллические пиролюзит и псиломелан, а из жильных минералов присутствуют низкотемпературный кварц, агат, халцедон, барит, кальцит.

Многочисленные, часто эксплуатируемые, но всегда не крупные месторождения этого типа известны на Балканах, в Турции, Закавказье, Иране, также в Японии, на Филиппинах, в Мексике и др. странах, где они приурочены главным образом к верхнемеловым и третичным вулканогенным толщам. Источником марганца большинство исследователей считает подводные вулканические извержения, в процессе которых происходит отложение марганца, частью в осадках (мергелистом иле) на дне бассейна, частью из растворов среди вулканогенных пород.

Типичные примеры месторождений: Саригюх, Севкар и др. на Малом Кавказе, Кевуль, Картла, Эрегли в Турции, Победа, Добра Надежда и Панагуириште в Болгарии, Чевлянович и Цер в Югославии, Бусуанг и Корон на Филиппинах, Монтано-да-Манганезо в Мексике и др.

Гидротермальные месторождения. Связаны с умеренно-кислыми гранитоидами среднего этапа развития складчатых зон. Месторождения небольшие—жильные и метасоматические, со сложным составом руд: родохрозит,

кварц, барит, родонит, пиролюзит, псиломелан, браунит, гаусманит, гематит, магнетит, сульфиды.

Примеры: рудник Сапальского на Урале, Ильфельд и Ильменау в Германии, Романеш во Франции, Бьютт в США и др.

Контактово-метасоматические (скарновые) месторождения.

Тип редкий, генетически связан с умеренно-кислыми гранитоидами и образуется в контактах последних с карбонатными толщами различного возраста.

Состав руд: марганцовистые гранаты, пироксены и эпидот, гаусманит, браунит, родонит, магнетит, местами франклинит, цинкит. Примеры: Липовая гора, (Северный Урал), Лонгбан в Швеции, Франклин-Фёрнас в США. Роль в добыче марганца очень небольшая.

б) Закономерности распределения месторождений марганца в земной коре

Наиболее значительные концентрации марганцевых руд находятся в пределах платформ, которые дают не менее 75% мировой добычи, главным образом из осадочных и метаморфогенных месторождений. Крупные концентрации марганца, главным образом осадочного и частично гидротермального генезиса, приурочены к складчатым зонам первого типа, в то время как второй тип складчатых зон (с широким развитием позднего этапа и кислых гранитов) беден марганцем.

В истории развития платформ крупные концентрации марганца формируются в два главных этапа—в докембрийский период (метаморфогенные месторождения типа гондитов и др.) и более поздний платформенный, когда морские бассейны охватывают территорию платформ (осадочные месторождения типа Никополя, Ум-Богмы и др.).

Наиболее крупные метаморфогенные месторождения подчинены толще архейских кристаллических сланцев—гондитов в Индии и архейских железистых сланцев—итабиритов в Бразилии. Очень крупные месторождения Ганы и Южно-Африканского Союза протерозойского возраста подчинены

толще филлитов, кварцитов и доломитов. Большое промышленное значение имеют обычно не силикатные и карбонатные руды, а марганцовые шляпы, возникшие в процессе их выветривания.

Крупнейшим мировым осадочным месторождением марганца является Никопольское, образованное в олигоцене, в период платформенного режима Украинского кристаллического массива; источником марганца считаются кристаллические и зеленокаменные породы докембрийского фундамента. Близко к нему по типу месторождение Ум-Богма в Египте, расположенное в северо-восточной части Африкано-Аравийской платформы и по возрасту нижекарбоновое.

Кроме метаморфогенных и осадочных месторождений, следует иметь в виду наличие в пределах платформ отдельных скарновых месторождений марганцовых руд (Лонгбан, Франклин-Фёрнас).

В складчатых зонах первого типа, по-видимому в связи с широким развитием основных и умеренно-кислых магматических пород, сравнительно богатых марганцем, и в результате выноса из них марганца, образуются многочисленные, иногда крупные осадочные месторождения. С эффузивами и интрузиями основного и умеренно-кислого состава связаны эпигенетические месторождения марганцовых руд — эксгальационные, гидротермальные и скарновые.

К осадочным месторождениям различного возраста, возникшим в пределах складчатых зон, следует отнести третичные (главным образом олигоценовые) месторождения Чиатура, Аджамети-Чхари, Полуночное, Мангышлакское, месторождения острова Куба и др., меловые месторождения Марокко, карбоновые — Южного Урала и Атасуйского района Казахстана, девонские — Центрального Казахстана и Южного Урала, кембрийские — Кузнецкого Алатау.

Эксгальационные (эффузивно-осадочные) месторождения марганца обычны в пределах развития вулканогенных толщ Тихоокеанского и Средиземноморского поясов; возраст их третичный и меловой, частью более древний.

Отдельные гидротермальные месторождения, связанные с умеренно-кислыми гранитоидами, известны на Урале, в Западной Европе и западных штатах США.

в) Поисковые предпосылки и признаки на марганец

Предпосылки для поисков марганцевых руд основываются на геологических условиях образования их; при этом следует учитывать, что крупнейшие метаморфогенные месторождения расположены среди толщ докембрийского возраста в пределах платформ, а осадочные, наиболее важные, на платформах и в приплатформенных участках геосинклинальных зон.

Небольшие по масштабу эксгальационные (эффузивно-осадочные) месторождения находятся среди вулканогенно-осадочных толщ раннего этапа развития складчатой зоны, а гидротермальные и скарновые месторождения связаны с умеренно-кислыми гранитоидами среднего этапа развития складчатой зоны. Отдельные скарновые месторождения марганцевых руд образуются и в пределах платформ.

Следует учитывать связь метаморфогенных месторождений с толщами кристаллических и железистых сланцев, филлитов, кварцитов, доломитов, широкое развитие силикатов и карбонатов марганца (марганцовистых гранатов, пироксенов, эпидотов, хлорита, родонита, родохрозита, манганокальцита), развитие на выходах черных марганцевых шпал.

Для осадочных месторождений необходимо подчеркнуть их связь с мелководными кремнистыми осадками (опоками, спонголитами, силицилитами, яшмами), что служит хорошим направляющим признаком при поисках.

Имеет место закономерная смена минералогических фаций руд по мере удаления от береговой линии: окисные (пиролюзит-псиломелановые руды) сменяются в более глубоководных частях бассейна сначала марганцевыми, затем карбонатными рудами марганца. Поскольку лучшими по качеству являются окисные руды, для правильного направления поисково-разведочных работ важно знание палеогеографии района и положения береговой линии.

Надо иметь в виду также возможную смену фаций руд в вертикальном разрезе рудоносного пласта, в связи с углублением или обмелением бассейна в период его отложения.

Далее, наиболее значительные концентрации марганцевых руд осадочного генезиса приурочены к основанию олигоценовой толщи (районы Никополя, Чиатури, Мангышлака и др.), но известны также значительные осадочные месторождения верхнемелового (Марокко), нижнекарбонového и девонского (Казахская ССР, Египет) и кембрийского (Кузнецкий Алатау) возраста.

Направляющими при поисках осадочных и метаморфогенных руд марганца должны быть, таким образом, литолого-стратиграфические и палеогеографические данные. Прямым поисковым признаком на марганец является наличие выходов черных марганцевых шляп, корочки окислов и гидроокислов марганца, а также розовый оттенок карбонатов марганца и родонита.

МЕТАЛЛОГЕНИЯ ХРОМА

а) Геологические условия концентрации и генетические типы месторождений хрома

Промышленные месторождения хромита тесно связаны с интрузивными породами ультраосновного состава — дунитами и перидотитами, представляя гистеромагматические или, реже, сегрегационные образования.

Рудные тела имеют линзообразную или жиллообразную форму, образуют вкрапленные участки среди дунитов и перидотитов или пластообразные тела у постели интрузивов.

Интересна установленная закономерная зависимость минерального вида хромита от состава вмещающей ультраосновной породы: в дунитах, породах, наиболее богатых магнием, характерен магнохромит (самые ценные металлургические руды), в перидотитах обычен хромпикотит и алюмохромит (огнеупорные и химические руды).

Сравнительно небольшие концентрации руд связаны с разрушением коренных выходов (элювиально-делювиальные месторождения) или с латеритным выветриванием ультраосновных пород.

б) Закономерности распределения месторождений хрома в земной коре

В пространственном расположении мировых провинций, богатых хромом, имеет место определенная закономерность. Хромитоносные гипербазитовые массивы образуют пояса протяженностью в тысячи и десятки тысяч километров и контролируются глубинными региональными разломами в складчатых зонах первого типа (Урал, Балканы, Турция, Япония, Филиппины) или в пределах некоторых платформ (зоны сбросов в Южной Родезии и Южно-Африканском Союзе, в Бразилии и Индии).

Гипербазиты в пределах платформ докембрийского возраста, на Урале — герцинского, во всех других хромитоносных районах главным образом мезокайнозойского возраста.

Следует отметить, что в складчатых зонах гипербазиты среди интрузивных комплексов являются одним из самых ранних, хорошо дифференцированы и нередко стратифицированы.

В локализации гистеромагматических рудных тел внутри интрузивных массивов большое значение имели протектонические структуры (линейные зоны растяжения, полосчатость, сводовые структуры, трещины), вдоль которых отжимался рудный расплав.

в) Поисковые предпосылки и признаки на хром

Поиски хрома локализуются контурами массивов гипербазитов, приуроченных к зонам глубинных разломов в пределах складчатых зон первого типа (с господством раннего и среднего этапов развития) и некоторых платформ.

Богатые массивные руды надлежит искать в полосчатых дунито-перидотитовых комплексах, в сводовых структурах, вдоль трещин или у постели (сегрегационные месторождения) интрузивных массивов.

Существенную помощь при поисках и разведке оказывают геофизические методы (гравиразведка и др.). Вспомогательное значение может иметь шлиховая съемка (хромит—

устойчивый минерал), обнаружение ярко-зеленого хромового граната уваровита, хромовых слюд, хлоритов, хром-турмалина и хром-диопсида, сопровождающих залежи хромитовых руд.

МЕТАЛЛОГЕНИЯ ТИТАНА

а) Геологические условия концентрации и генетические типы месторождений титана

Титан связан с основными и щелочными магмами и дает промышленные концентрации главным образом в гистеромагматическом типе месторождений, среди массивов анортозитов, габбро, габбро-диабазов и люаврит-фоялит-уртитов.

Среди массивов основного состава концентрируются ильменит-магнетитовые или титаномagnetитовые руды, содержащие часто примесь рутила (Кусинское, Качканарское, Адирондакское и др. месторождения), а среди щелочных пород—перовскит-титаномagnetитовые или лопаритовые руды (месторождения Кольского полуострова и др.).

Небольшое промышленное значение имеют пегматиты щелочных пород (Ильменские горы) и остаточные месторождения древней коры выветривания основных и щелочных пород, богатых минералами титана. Крупное промышленное значение имеют современные прибрежно-морские (Индия, Австралия, США) и ископаемые (Приднепровье, Тобол) россыпи ильменита и рутила.

б) Закономерности распределения месторождений титана в земной коре

И. И. Малышев подчеркивает приуроченность магматических месторождений титана к габброидным массивам докембрийского, реже нижнепалеозойского возраста, залегающим в зонах перехода от древних платформ к протерозойским или нижнепалеозойским геосинклиналям. Месторождения, связанные со щелочными комплексами, имеют

более молодой (варисский, мезокайнозойский) возраст и представляют платформенные образования.

Крупнейшие месторождения титановых руд расположены в пределах платформ (Русской, Канадской, Африканской, Индостанской и др.), менее крупные формируются в ранний этап развития складчатых зон.

Наиболее продуктивной в отношении титана металлогенической эпохой была докембрийская, менее богаты каледонская и более молодые эпохи.

в) Поисковые предпосылки и признаки на титан

Важной предпосылкой для поисков титановых руд является тесная их связь с анортозитами, габбро-норитами, основными разностями щелочных пород, среди которых образуются крупные гистеромагматические месторождения.

Следует учитывать наибольшую продуктивность в отношении титана докембрийской металлогенической эпохи.

Богатые месторождения титановых руд приурочены к платформам и, в меньшей мере, к участкам складчатых подвижных поясов, сформированным в ранний этап развития пояса, или к разломам на платформах (в связи с внедрением щелочных комплексов).

Крупные скопления ильменита и рутила имеют место в ископаемых и современных прибрежно-морских россыпях, в областях развития и размыва основных и щелочных пород, богатых минералами титана.

При поисках титановых руд надежным средством служит шлиховая съемка, также магниторазведка (минералы титана часто ассоциируют с магнетитом).

МЕТАЛЛОГЕНИЯ ВАНАДИЯ

а) Геологические условия концентрации и генетические типы месторождений ванадия

В эндогенных условиях концентрации ванадия связаны с основными и ультраосновными, в меньшей мере со щелочными магмами.

В экзогенных условиях ванадий накапливается в битуминозных сланцах, осадочных рудах железа, а также выпадает из грунтовых вод и дает инфильтрационного типа скопления в зонах окисления полиметаллических руд, карбонатных породах и песчаниках с карбонатным цементом и обильными растительными остатками.

Краткая характеристика главных генетических типов месторождений ванадия приведена ниже.

Гистеромагматические месторождения ильменит-магнетитовых или титаномагнетитовых руд, содержащих примесь ванадия в форме изоморфной примеси к магнетиту, или ванадийсодержащего магнетита кулсонита— $\text{FeO} \cdot (\text{Fe}, \text{V})_2 \text{O}_3$. Месторождения связаны с основными породами и представляют комплексный интерес на Fe, Ti, V.

Примеры: Кусинское, Адирондайк и др. Значение второстепенное.

Инфильтрационные месторождения карнитит-роскоэлитовых (Юта и Колорадо), патронитовых (Минас-Рагра), ванадинитовых (Брокен-Хилл, Тсумеб) руд, отложенных грунтовыми водами. На месторождения этого типа падает подавляющая часть современной добычи ванадия.

Осадочные месторождения типа ванадиеносных сланцев (Каратау, Швеция, США) и ванадийсодержащих оолитовых руд железа (Керчь, Лотарингия и др.). Огромные концентрации ванадия, часто вместе с U, Mo и др. металлами, связаны с битуминозными и кремнистыми сланцами.

За этим типом месторождений большое будущее.

б) Закономерности распределения месторождений ванадия в земной коре

Наибольшие осадочного типа концентрации ванадия связаны с черными битуминозными и кремнистыми сланцами кембрия и силура, также девона и перми. В песчаниках триаса, юры и мела западных штатов США (Юта и Колорадо) сосредоточены крупные скопления ванадия инфильтрационного генезиса.

Магматические месторождения ванадия связаны с основными, частью щелочными породами, с тесной ассоциа-

цией Fe-Ti-V. Крупные месторождения этого типа имеют докембрийский возраст и располагаются в пределах платформ; известны также месторождения каледонского, герцинского и более молодого возраста, образованные в ранний этап развития подвижных складчатых зон.

в) Поисковые предпосылки и признаки на ванадий

Предпосылкой постановки поисков на эндогенные-гистеромагматические месторождения ванадия является развитие основных пород с ильменит-магнетитовыми рудами—в пределах платформ и в районах проявления раннего этапа развития складчатых зон.

Осадочные концентрации ванадия связаны с темными битуминозными сланцами главным образом древних эпох (Ст—Р), а инфильтрационные—с горизонтами карбонатных и битуминозных пород, или окисленными рудами Pb и Zn, способствовавшими осаждению ванадия из грунтовых вод.

В случаях ассоциации ванадия с ураном (в карнотит-роскоэлитовых и тюямунитовых рудах, часто также и в ванадиеносных сланцах) поиски ведутся с применением радиометрических методов.

МЕТАЛЛОГЕНИЯ НИКЕЛЯ

а) Геологические условия концентрации и генетические типы месторождений никеля

Никель связан главным образом с основными и ультраосновными породами, отчасти с умеренно-кислыми гранитоидами.

Наибольшие по масштабу промышленные концентрации никеля связаны с ликвацией богатой сульфидами Fe, Ni, Cu магмы, с образованием ликвационных месторождений пентландит-халькопирит-пирротиновых руд.

Небольшое промышленное значение имеют гидротермальные месторождения никеля (в ассоциации с Co, нередко Ag, Bi, U), связанные с умеренно-кислыми гранитоидами.

Крупные месторождения силикатных руд никеля образуются в коре выветривания ультраосновных пород.

Ликвационные месторождения тесно связаны с массивами габбро, норитов, габбро-диабазов, перидотитов, часто стратифицированными. Сульфидные руды концентрируются в придонной части интрузивов или образуют жиллообразные тела, секущие массив.

Характерна ассоциация Ni-Fe-Cu (Co, Pt, Pd).

Крупнейшие месторождения этого типа: Сёдбери, Норильск, Печенга, Мончегорск, Рустенбург и др.

Этот тип дает почти 90% зарубежной выплавки никеля (главным образом в Канаде), попутно также значительные количества Cu, Co, Pt и Pd.

Гидротермальные месторождения частью тесно связаны с основными интрузиями (ассоциация Ni с Co, иногда Ag), частью с умеренно-кислыми гранитоидами (ассоциация Ni-Co-Ag-Bi-U). Масштаб месторождений небольшой и роль их в добыче никеля незначительна.

Примеры: месторождения Канады, Рудных гор и др.

Остаточные месторождения силикатных руд никеля в коре выветривания ультраосновных пород. Различают типы: площадной, трещинный и контактово-карстовый.

Характерна ассоциация Ni с Co (в форме асболана), Fe (лимонитовые руды), Mn, Cr—элементами ультраосновной магмы.

Типичные примеры: месторождения Среднего и Южного Урала, Кубы, Новой Каледонии, Бразилии. На силикатные руды никеля приходится 10% зарубежной выплавки никеля.

б) Закономерности распределения месторождений никеля в земной коре

Наиболее крупные ликвационные месторождения никеля расположены в пределах платформ и имеют докембрийский—нижнепалеозойский (месторождения Канадской, Русской, Африканской платформ) и в отдельных случаях

верхнепалеозойский (Сибирская платформа, Норильск) возраст (рис. 6).

Гидротермальные месторождения никеля различного возраста—от докембрийского до мезокайнозойского и частью приурочены к платформам, большей же частью к областям проявления кислых и умеренно-кислых гранитоидов среднего и позднего этапов развития складчатых зон.

Месторождения силикатных руд никеля всегда тесно связаны с корой выветривания ультраосновных массивов—в пределах платформ (Бразилия) и складчатых зон палеозойского (Урал) и мезокайнозойского (Куба, Новая Каледония и др.) возраста.

в) Поисковые предпосылки и признаки на никель

Крупные концентрации никеля можно ожидать в областях широкого развития основных и ультраосновных пород.

Главными типами месторождений являются ликвационные медно-никелевые, расположенные в пределах платформ, и остаточные месторождения с силикатными рудами никеля, возникшие в коре выветривания ультраосновных массивов как на платформах, так и в пределах складчатых зон.

Поиски и разведка ликвационных месторождений никеля ведутся с широким применением геофизических методов (гравиметрия, магнитометрия).

Месторождения силикатных руд никеля связаны с корой выветривания ультраосновных массивов, причем промышленные руды обычно приурочены к пониженным участкам древнего рельефа, а особенно богатые—к трещинам в массивах ультраосновных пород или контактам их с известняками.

МЕТАЛЛОГЕНИЯ КОБАЛЬТА

а) Геологические условия концентрации и генетические типы месторождений кобальта

Кобальт связан как с основными и ультраосновными, так и с умеренно-кислыми породами. Промышленные концентрации кобальта в эндогенных условиях имеют место в

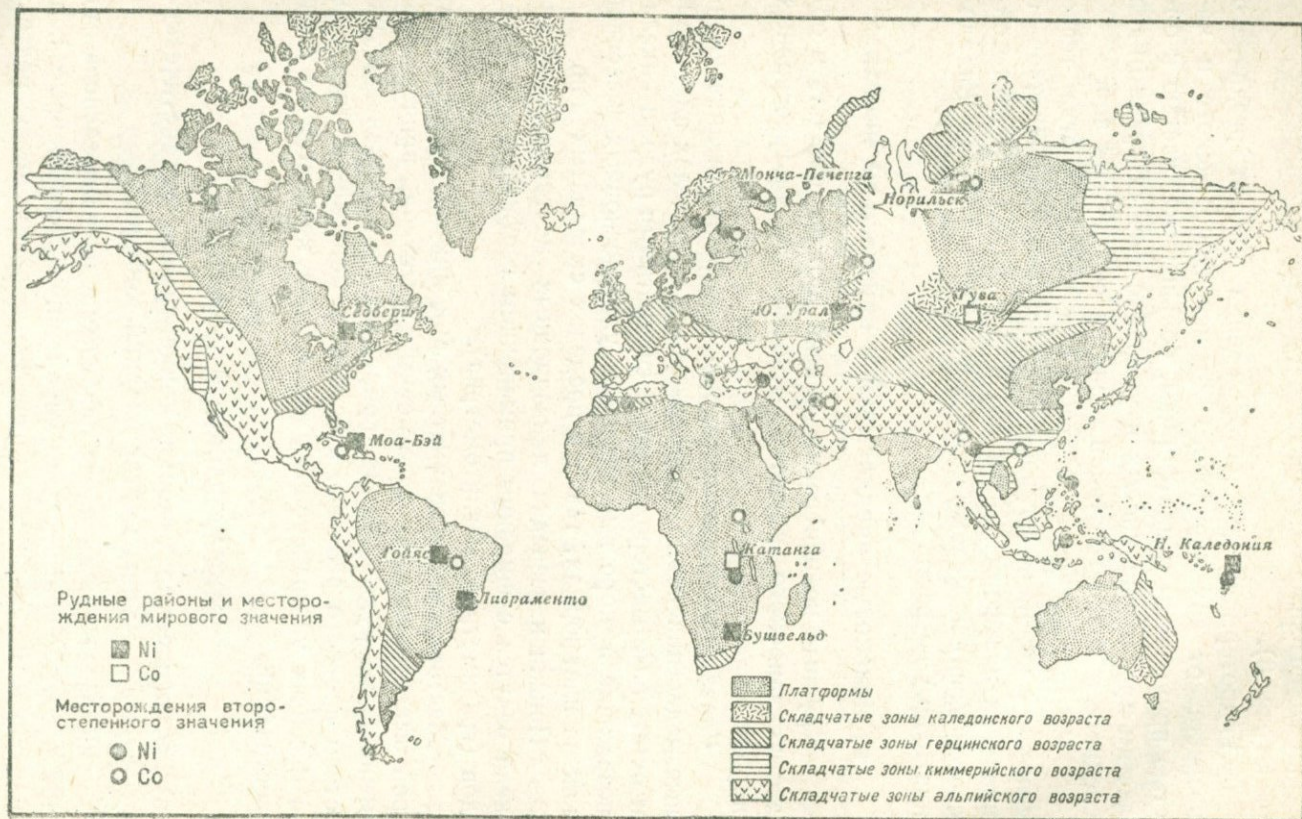


Рис. 6. Главнейшие мировые месторождения никеля и кобальта.

гидротермальных месторождениях в ассоциации с Ni, As, Cu и др. металлами; примесь кобальта характерна для ликвационных медно-никелевых руд.

В экзогенных условиях кобальт концентрируется в коре выветривания ультраосновных пород в форме асболана, в ассоциации с силикатными рудами никеля.

Главные промышленные типы месторождений кобальта следующие:

Гидротермальные (телетермальные) месторождения пластовых Cu-Co руд типа медистых песчаников Катанги и Северной Родезии.

Руды линнеит-халькопиритовые предположительно связаны с нескрытыми массивами гранитоидов или габбро.

К этому же типу относятся аналогичные по составу руды жильного месторождения Килембе (в Уганде), связанные с долеритами.

Возраст месторождений этого типа докембрийский, роль в мировой добыче кобальта ведущая (80%).

Гидротермальные высоко- и среднетемпературные месторождения Co-Ni-As руд, связанные с умереннокислыми гранитоидами. К ним относятся Дашкесан, Бу-Азери и вероятно Ховахсы.

Роль в мировой добыче кобальта второстепенная.

Гидротермальные средне-низкотемпературные месторождения Co-Ni-Ag (в связи с основными породами) и Co-Ni-Ag-Bi-U (в связи с гранитоидами) руд. Роль в добыче кобальта небольшая.

Остаточные месторождения асболовых руд в коре выветривания ультраосновных массивов, в тесной ассоциации с силикатными рудами никеля. Роль в добыче кобальта небольшая.

б) Закономерности распределения месторождений кобальта в земной коре

Наиболее крупные из известных промышленных концентраций кобальта приурочены к центральной части Афри-

канской платформы (Северная Родезия, Бельгийское Конго) и относятся к типу медистых (линнеит-халькопиритовых) песчаников докембрийского возраста.

Другие, довольно крупные гидротермальные месторождения кобальта частью связаны с основными породами докембрия в пределах платформ (Килембе, Кобальт, Саус-Лоррэн), а главным образом—с гранитоидами палеозойского и мезокайнозойского возраста в областях проявления средних и поздних этапов развития складчатых зон. С корой выветривания массивов ультраосновных пород на платформах и в складчатых зонах различного возраста связаны месторождения асболоновых руд кобальта.

в) Поисковые предпосылки и признаки на кобальт

Крупные концентрации кобальта связаны с основными и умеренно-кислыми породами различного возраста—от докембрийского до мезокайнозойского. Особенно богата кобальтом докембрийская эпоха, частью также каледонская и герцинская.

Главными типами месторождений являются гидротермальные Cu-Co, Co-Ni-As, Co-Ni-Ag, Co-Ni-Bi-Ag-U.

Месторождения расположены в пределах платформ, а также складчатых зон (связаны со средним и поздним этапами развития складчатых зон).

Хорошим поисковым признаком на кобальт является наличие в зоне окисления розового эритрина и черного асболоана, также вторичных минералов, частых спутников кобальта—меди (малахит, азурит и др.), никеля (ярко-зеленый аннабергит), мышьяка (яблочно-зеленый скородит), реже вторичных минералов урана (ярко-желтых и зеленых урановых слюдок).

При поисках на кобальт с успехом применяются также металлометрический, гидрохимический и ботанический методы поисков.

МЕТАЛЛОГЕНИЯ МОЛИБДЕНА

а) Геологические условия концентрации и генетические типы месторождений молибдена

Концентрации молибдена тесно связаны с гранитоидами — кислыми (Мо в ассоциации с W, Sn, As, Bi, Be) и умеренно-кислыми (Мо в ассоциации с Cu).

Крупные месторождения относятся к гидротермальному, частью скарновому типам. Перспективным является осадочный тип, представленный черными ванадиеносными сланцами, содержащими Мо.

Главное промышленное значение имеют следующие типы.

Среднетемпературные гидротермальные месторождения медно-молибденовых и молибденовых прожилково-вкрапленных руд, тесно связанные с умеренно-кислыми гранитоидами средних этапов развития складчатых зон. К этому типу относятся многочисленные месторождения СССР: Каджаран и Агарак в Армении, Алмалык в Узбекистане, Кунград и Бошекуль в Казахстане, а также месторождения США (Кляймакс, Бингем и др.), Мексики (Кананеа), Чили (Чуквикамата и др.), Югославии, Греции, Турции, Ирана.

Оруденение охватывает массивы интрузивных пород и зоны экзоконтакта и выражено вторичным окварцеванием этих пород, пронизанных тонкими прожилками кварца с сульфидами — пиритом, молибденитом, халькопиритом, борнитом и вкрапленностью тех же сульфидов в породах.

К этому же типу относятся месторождения Кнабен в Норвегии и Матасваара в Финляндии, в пределах платформ.

Это наиболее продуктивный тип молибденовых месторождений, дающий 90% мировой добычи металла и попутно огромные количества меди (60% мировой выплавки).

Высокотемпературные кварцевые жилы и грейзены с молибденитом и вольфрамитом в связи с кислыми гранитами позднего этапа развития складчатых зон. К этому типу относятся крупные месторождения Центрального Ка-

захстана, а также месторождения Забайкалья, северо-востока СССР, Южного Китая. Роль в мировой добыче молибдена подчиненная.

Скарновые месторождения с шеелитом и наложенным молибденовым оруденением, пронизывающим скарны сетью тонких прожилков кварца с молибденитом и др. сульфидами.

Месторождения связаны с умеренно-кислыми гранитоидами среднего этапа развития складчатых зон.

К этому типу относятся месторождения Тырнауз в СССР, Пайн-Крик в США, Азегур в Марокко. Роль их в мировой добыче молибдена подчиненная.

б) Закономерности распределения месторождений молибдена в земной коре

Крупнейшие месторождения медно-молибденовых и молибденовых руд имеют третичный возраст и располагаются в пределах молодых горных хребтов, часто на больших абсолютных отметках. Генетически они связаны с умеренно-кислыми гранитоидами среднего этапа развития складчатых зон.

Часть медно-молибденовых, а также почти все кварц-вольфрамит-молибденитовые месторождения имеют более древний возраст—от киммерийского вплоть до докембрийского; при этом медно-молибденовые месторождения каледонского (Бошекуль) и герцинского (Алмалык, Коунрад) возраста связаны опять-таки с умеренно-кислыми гранитоидами среднего этапа развития соответствующих складчатых зон, а докембрийские месторождения (Кнабен, Матасваара) расположены в пределах платформ (рис. 7).

Что касается кварц-вольфрамит-молибденитовых месторождений, то возраст их герцинский в Казахской ССР и киммерийский в Забайкалье, на северо-востоке СССР и в Южном Китае—во всех случаях они связаны с кислыми гранитами позднего этапа развития складчатых зон.

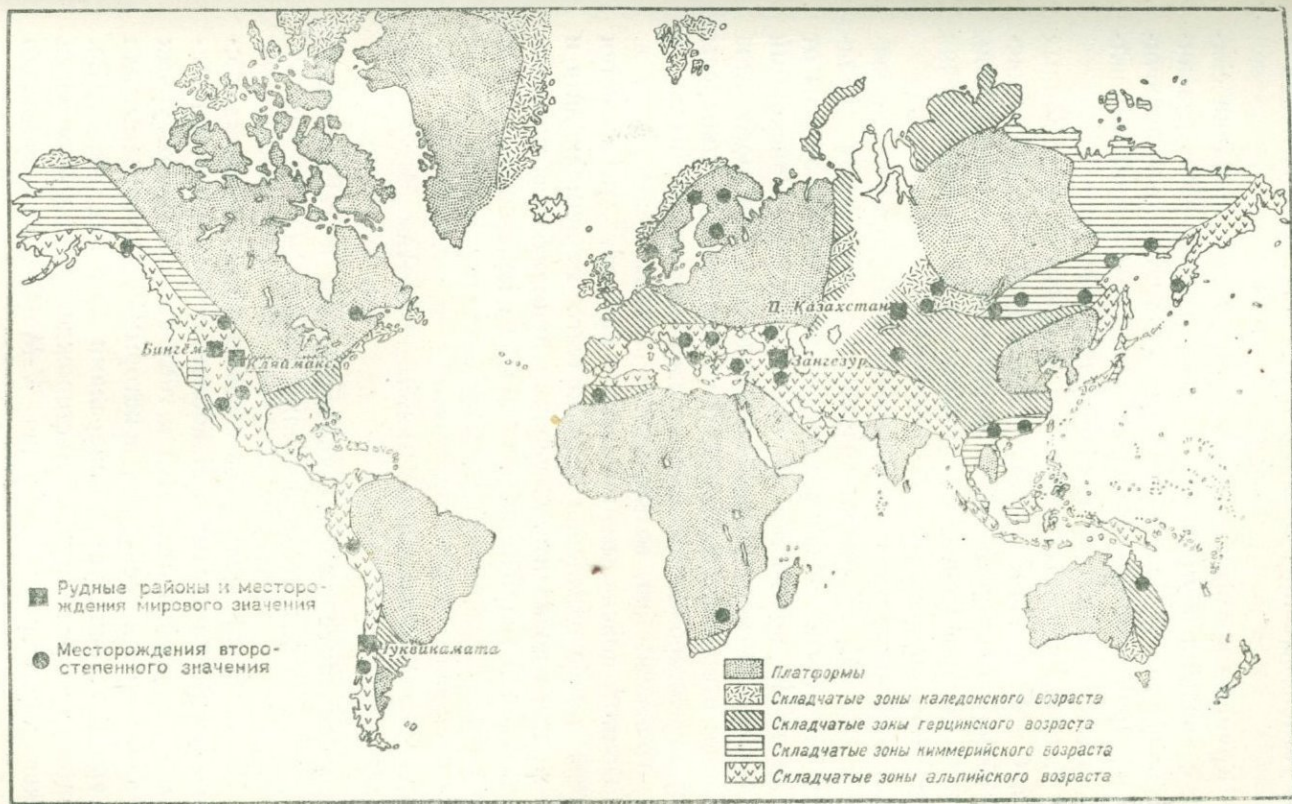


Рис. 7. Главнейшие мировые месторождения молибдена.

в) Поисковые предпосылки и признаки на молибден

Крупные промышленные концентрации молибдена связаны с кислыми и умеренно-кислыми гранитоидами различного возраста—от докембрийского до третичного включительно, причем исключительно богата молибденом альпийская (третичная) металлогеническая эпоха.

Главный для молибдена тип прожилково-вкрапленных Мо и Си-Мо руд тесно связан с массивами умеренно-кислых гранитоидов среднего этапа развития складчатых зон. С этими же гранитоидами связаны почти все месторождения молибдена скарнового типа.

Кварц-вольфрамит-молибденитовые месторождения связаны с кислыми гранитами позднего этапа развития складчатых зон и, как правило, пространственно обособлены от других типов молибденовых месторождений. Поисковыми признаками на месторождения медно-молибденового типа являются: вторичное окварцевание и окисленные минералы меди; на месторождения кварц-вольфрамит-молибденитового типа—грейзенизация, вольфрамит в шлихах.

Общим поисковым признаком на молибден является наличие в зоне окисления ярко-желтого ферримолибдита и серо-желтого повеллита. С успехом применяются металлометрический и гидрохимический методы поисков.

МЕТАЛЛОГЕНИЯ ВОЛЬФРАМА

а) Геологические условия концентрации и генетические типы месторождений вольфрама

Концентрации вольфрама связаны с гранитоидами—кислыми и умеренно-кислыми. Наиболее крупные промышленные месторождения относятся к типу высокотемпературных кварцевых жил и грейзенов, в которых W (вольфрамит или гюбнерит) ассоциирует с минералами Sn, Mo, As, Bi, Be. Значительную роль играют месторождения шеелитоносных скарнов (характерна ассоциация W-Mo-Cu) и сравнительно

небольшое значение имеют близповерхностные средне-низкотемпературные месторождения ферберита и шеелита в ассоциациях с Sb, Hg, Au, Ag, Te. Почти четвертая часть мировой добычи вольфрамовых концентратов приходится на аллювиальные россыпи.

Краткая характеристика главных промышленных типов месторождений вольфрама приводится ниже.

Высокотемпературные кварцевые жилы и грейзены, связанные с кислыми гранитами поздних этапов развития складчатых зон. Вольфрамит и гюбнерит ассоциируют особенно часто с касситеритом и молибденитом, висмутином, арсенопиритом, бериллом, топазом, флюоритом. К этому типу относятся крупные месторождения СССР (в Забайкалье, на северо-востоке СССР, в Центральном Казахстане), а также месторождения Юго-Восточного Китая, Бирмы, Кореи, Боливии, Португалии. На коренные месторождения этого типа и связанные с ними россыпи падает почти $\frac{3}{4}$ мировой добычи вольфрама.

Скарновые месторождения шеелита, часто в ассоциации с молибденитом, сульфидами Cu, Zn, Bi. Месторождения связаны с умеренно-кислыми гранитоидами среднего этапа развития складчатых зон и обычно пространственно обособлены от кварц-вольфрамитовых жил и грейзенов оловоносных районов.

К этому типу относятся крупные месторождения Средней Азии, Кореи, западных штатов США, дающие в сумме до 20—25% мировой добычи вольфрамовых концентратов.

Средне-низкотемпературные, близповерхностные месторождения ферберит-шеелит-антимонитовых руд (с примесью часто Hg, Au, Ag, Te), связанные с малыми интрузиями андезито-дацитов, риолитов, гранит-порфиров (конечные этапы развития).

К этому типу относится ряд сравнительно небольших месторождений в СССР (Кавказ, Забайкалье) - и крупные месторождения в США (Боулдер, Атолия, Иеллоу-Пайн) и Перу (Ла-Либертал). Роль их в мировой добыче составляет несколько (до 5-ти) процентов.

б) Закономерности распределения месторождений вольфрама в земной коре

Крупнейшие месторождения вольфрама типа высокотемпературных кварц-вольфрамитовых жил и грейзенов имеют киммерийский, частью герцинский (Центральный Казахстан, Португалия) или третичный (Боливия) возраст и во всех случаях тесно связаны с кислыми гранитами поздних этапов развития складчатых зон в пределах олово-вольфрамоворудных металлогенических провинций.

Крупные скарновые месторождения шеелита киммерийского возраста в Корее и западных штатах США, герцинского возраста в среднеазиатских республиках и докембрийского или каледонского возраста в Бразилии. Они связаны почти повсеместно с умеренно-кислыми гранитоидами среднего этапа развития складчатых зон и пространственно обычно обособлены от оловорудных провинций. Близповерхностные месторождения ферберит-шеелит-антимонитовых руд третичного возраста связаны с малыми интрузиями конечных этапов развития складчатых зон и часто ассоциируют с низкотемпературным Au-Ag оруденением.

в) Поисковые предпосылки и признаки на вольфрам

Крупные промышленные концентрации вольфрама связаны с кислыми и умеренно-кислыми гранитоидами, главным образом киммерийского и альпийского, в меньшей мере герцинского и более древнего возраста. Наиболее богаты вольфрамом складчатые зоны, в которых интенсивно проявились поздние этапы развития с кислыми гранитами и олово-вольфрамовой минерализацией; менее богаты вольфрамом средние этапы развития складчатых зон (обычно шеелитоносные скарны в связи с умеренно-кислыми гранитоидами) и местами конечные этапы (ферберит-шеелит-антимонитовые руды в связи с близповерхностными штоками риолитов и гранит-порфиров). Древние платформы обычно бедны вольфрамом.

При поисках вольфрамовых руд следует учитывать ассоциацию высокотемпературных кварц-вольфрамит-гюбне-

ритовых жил и грейзенов с оловом, висмутом, молибденом; ассоциацию шеелитоносных скарновых месторождений с медно-молибденовой минерализацией; ассоциацию ферберит-шеелит-антимонитовых руд с золото-серебряной, реже ртутной минерализацией.

Во всех случаях вспомогательным методом поисков может служить шлиховая съемка; наводящим признаком является наличие в зоне окисления желто-оранжевого тунгстита, а также окисленных минералов металлов—спутников вольфрама в различных типах месторождений (ферримолибдит, скородит, висмутовые или сурьмяные охры).

МЕТАЛЛОГЕНИЯ ОЛОВА

а) Геологические условия концентрации и генетические типы месторождений олова

Крупные промышленные концентрации олова связаны с кислыми и отчасти умеренно-кислыми гранитоидами.

С. С. Смирнов выделяет три главные оловорудные формации, краткое описание которых приведено ниже в последовательности, отвечающей их промышленной ценности.

Кварц-касситеритовые жилы и грейзены, связанные с кислыми гранитами поздних этапов развития складчатых зон. Характерна ассоциация олова с W, Mo, Bi, As, Be, топазсм, флюоритом.

Коренные месторождения этого типа многочисленны в странах Юго-Восточной Азии (Малайя, Бирма, Индонезия, Таиланд, Южный Китай), в Западной Европе (Рудные горы, Корнуолл, Португалия и др.), Северной Боливии и Аргентине, Нигерии, Бельгийском Конго; довольно крупные месторождения известны и в СССР (на Северо-Востоке, в Забайкалье и др.).

На коренные месторождения этого типа и главным образом на россыпи, связанные с их разрушением, приходится 2/3 мировой выплавки олова.

Сульфидно-касситеритовые месторождения — гидротермальные и частью скарновые, с тесной ассоциацией касситерита с сульфидами Fe, Cu, Pb, Zn, арсенидами, минералами серебра, сульфостаннатами. Из жильных минералов характерны хлорит и турмалин.

Месторождения этого типа связаны с умеренно-кислыми неглубинными (до экструзивных разностей) гранитоидами поздних и частью, может быть, конечных этапов развития складчатых зон.

Примерами являются многочисленные месторождения СССР (Северо-Восток, Сихотэ-Алинь, Малый Хинган, Забайкалье), Боливии, а также месторождения Тасмании и Японии. В сумме они дают 20—25 % мировой добычи олова, в основном за счет разработки коренных месторождений Боливии.

Оловоносные пегматиты, связанные с кислыми гранитами, главным образом в пределах древних структур платформ. Касситерит приурочен к альбитизированным участкам пегматита и ассоциирует с тантало-колумбитом, сподуменом, топазом, турмалином, мусковитом. Поля оловоносных пегматитов известны в СССР, а крупное промышленное значение имеют в Нигерии, Бельгийском Конго и Руанда-Урунди. На этот тип и связанные с ним россыпи падает примерно 10 % мировой продукции олова.

б) Закономерности распределения месторождений олова в земной коре

Наиболее продуктивна в отношении олова киммерийская металлогеническая эпоха, представленная многочисленными кварц-касситеритовыми и, в меньшей мере, сульфидно-касситеритовыми месторождениями Северо-Восточной и Юго-Восточной Азии; на втором месте по современной добыче олова стоят провинции альпийского возраста (Боливия, Северная Аргентина, Сихотэ-Алинь и Малый Хинган), а в прошлом большую роль играли месторождения герцинской металлогенической эпохи (Рудные горы, Корнуолл).

Во всех этих случаях концентрации олова связаны с гранитами и гранодиоритами поздних, а для сульфидно-касситеритовых месторождений частично также конечных этапов развития складчатых зон.

Внедрение кислых оловоносных гранитоидов имеет место вдоль региональных глубинных разломов в зонах интенсивного тектонического прогибания и переплавления силикатной оболочки, богатой оловом; разломы такого типа имели место в Юго-Восточной Азии (Малайя—Бирма—Индонезия), Северо-Восточной Азии (Индигоирка—Колыма), Боливии, Аргентине (рис. 8).

В пределах платформ богатые оловом провинции известны лишь в Африке (Бельгийское Конго, Нигерия и др. области), где поля оловоносных пегматитов приурочены, по данным М. И. Ициксона, к активизированным участкам платформ на окраинах их или связаны с внедрением вдоль разломов каледонских гранитов.

в) Поисковые предпосылки и признаки на олово

Крупные промышленные концентрации олова связаны с кислыми и умеренно-кислыми гранитоидами, главным образом киммерийской и альпийской, частью герцинской и более древних металлогенических эпох.

Олово широко и интенсивно представлено в складчатых зонах с проявлением поздних и частью конечных этапов развития, в тесной связи с кислыми гранитоидами, приуроченными к региональным зонам глубинных разломов. Средние этапы развития складчатых зон бедны оловом, а в рудных комплексах ранних этапов олово отсутствует.

В пределах платформ олово приурочено к тектонически активизированным окраинам их или разломам, вдоль которых внедрились кислые гранитоиды.

При поисках олова следует учитывать ассоциацию его в кварц-касситеритовом типе с W, Bi, As, Mo, Be, зонами грейзенизации (с топазом, флюоритом), а в сульфидно-касситеритовом типе—ассоциацию с турмалином, хлоритом,

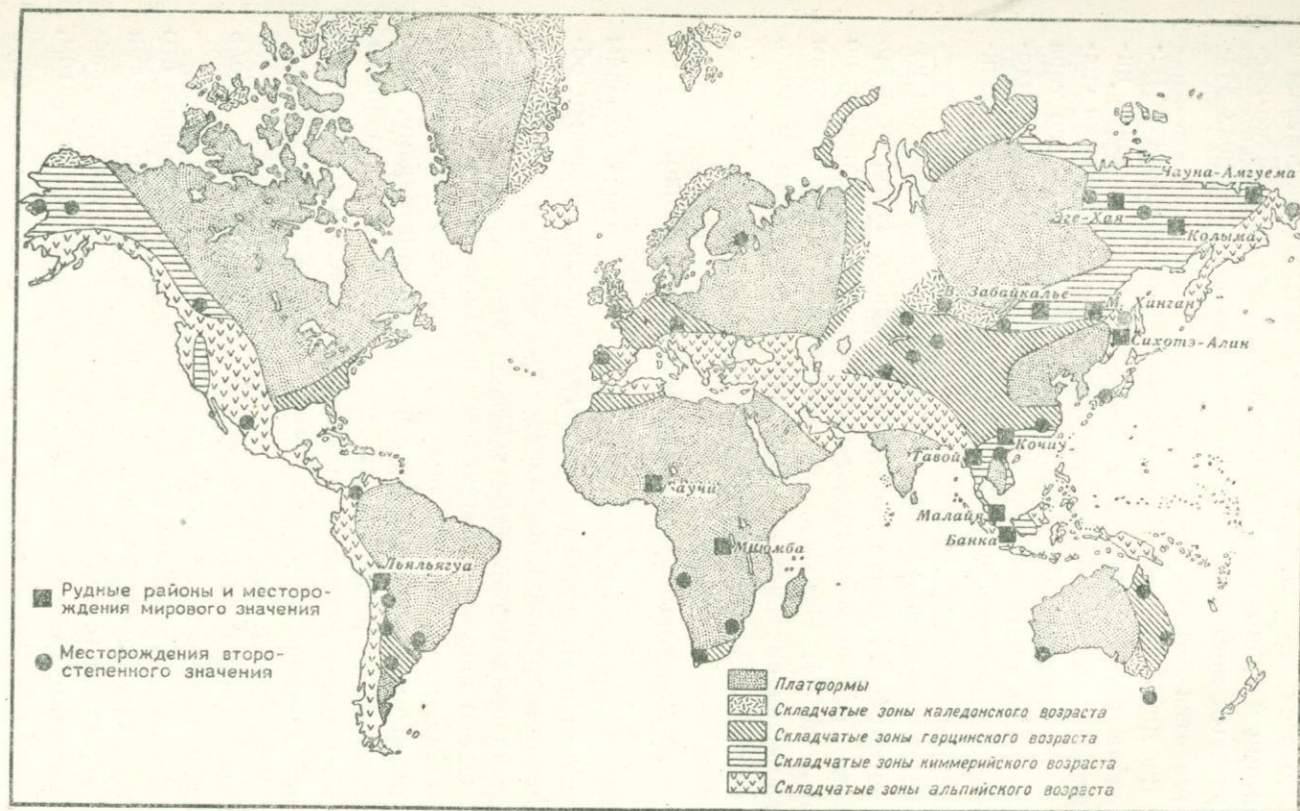


Рис. 8. Главнейшие мировые месторождения олова.

пирротинном, арсенопиритом, галенитом, сфалеритом, халькопиритом и др. сульфидами, связь части олова со станнином и сульфостаннатами Pb и Sb.

При поисках с успехом применяются шлиховой и станнометрический методы, а для сульфидно-касситеритового типа большое значение имеет также обследование зоны окисления (касситерит хорошо сохраняется в рыхлой массе лимонита или скородита и устанавливается по сильному блеску на гранях кристаллов) и применение геофизических методов разведки.

МЕТАЛЛОГЕНИЯ ВИСМУТА

а) Геологические условия концентрации и генетические типы месторождений висмута

Промышленные концентрации висмута связаны с кислыми и умеренно-кислыми гранитоидами и относятся к гидротермальному типу. В высокотемпературных месторождениях висмут ассоциирует с Sn, W, Mo, As в кварцевых жилах, грейзенах и месторождениях замещения в карбонатных породах. Примерами месторождений этого типа являются месторождения Восточного Забайкалья и Южного Китая (Sn-W с примесью Bi), Боливии (Тасна—существенно висмутовое с примесью Sn, W, As), Средней Азии (арсенопиритовые с примесью Bi).

В среднетемпературных месторождениях висмут ассоциирует с медью (Адрасман), золотом (Алданский район), Ni-Co-Ag-U (Рудные горы, Большое Медвежье озеро).

Значительные количества извлекаются попутно с переработкой руд многих медных, медно-молибденовых и полиметаллических месторождений.

б) Закономерности распределения месторождений висмута в земной коре

Промышленные, достаточно крупные концентрации висмута имеют место в металлогенических провинциях самого различного возраста—от докембрийского до третичного

включительно. Богатые висмутом руды приурочены частью (главным образом) к поздним и конечным, частью к средним этапам развития складчатых зон; в то же время висмут является характерным спутником урана в месторождениях докембрийского возраста и в пределах платформ.

в) Поисковые предпосылки и признаки на висмут

Основной предпосылкой для постановки поисков на висмут является наличие в регионе гранитоидов позднего, конечного или среднего этапов развития складчатых зон и гидротермальной минерализации, связанной с гранитоидами. При этом следует учитывать ассоциацию Вi в одних комплексах с Sn, W, Mo, As, в других с Cu, Pb, Zn, Au, в третьих с Co, Ni, Ag, U. Во всех случаях помощь оказывает шлиховая съемка (бисмит и бисмутит устойчивы) и наличие в зоне окисления желто-зеленых висмутовых охр и пленок.

МЕТАЛЛОГЕНИЯ МЫШЬЯКА

а) Геологические условия концентрации и генетические типы месторождений мышьяка

Мышьяк тесно связан с кислыми и умеренно-кислыми гранитоидами, значительно реже с основными и щелочными породами.

Промышленные концентрации гидротермального типа и образуются в широком диапазоне температур—от высоких до низких.

Главное промышленное значение имеют следующие типы.

Высокотемпературные арсенопиритовые месторождения—жильные (Кочкарь, Цана, Запокровское и др.), метасоматические (Мосриф, Брич-Мулла и др.), линзы (Болиден в Северной Швеции). Месторождения частью монометалльные—чисто мышьяковые, частью же As ассоциирует

с Au, Cu, Co, Sn, W, Bi. Это важнейший тип мышьяковых месторождений.

Среднетемпературные арсенопирит-теннантитовые или энаргитовые месторождения—жильные (Бьютт, Дарасун) и метасоматические (Такели и др.) с ассоциацией As-Pb-Zn-Cu-Au. Этот тип также имеет большое промышленное значение.

Низкотемпературные реальгар-аурипигментовые месторождения—небольшие жильные (Лухуми, Кодис-дзири и др.) и крупные штоковые (Дарри-даг, Кагызман и др.) и типа брекчированных зон (Чаувай) с ассоциацией As-Sb-Hg. Отдельные месторождения этого типа разрабатываются.

б) Закономерности распределения месторождений мышьяка в земной коре

Некоторые очень крупные месторождения мышьяка расположены в пределах платформ и залегают среди расланцованных древних эффузивов, с корнями которых вероятно связаны генетически (Болиден). Подавляющее большинство месторождений мышьяка сосредоточено в пределах складчатых подвижных зон, главным образом герцинского, киммерийского и альпийского возраста.

Высоко- и среднетемпературные месторождения мышьяка различного возраста—герцинского (Южный Урал, Средняя Азия), киммерийского (Забайкалье, Южный Китай), альпийского (Северный Кавказ) и связаны со средними и поздними этапами развития складчатых зон.

Низкотемпературные месторождения мышьяка все альпийского возраста, связаны с субвулканическими малыми интрузиями конечных этапов развития складчатых зон и часто непосредственно связаны с горячими минеральными источниками.

в) Поисковые предпосылки и признаки на мышьяк

Промышленные концентрации мышьяка связаны с кислыми и умеренно-кислыми гранитоидами средних, поздних и конечных этапов развития складчатых зон.

Примесь мышьяка к колчеданным рудам и отдельные очень крупные месторождения в пределах платформ связаны с эффузивной деятельностью раннего доскладчатого этапа развития. Характерна ассоциация As с Sn, W, Bi, Co, Cu, Au в высокотемпературных, с Cu, Pb, Zn, Au в среднетемпературных и с Sb и Hg в низкотемпературных месторождениях.

Направляющими при поисках являются выходы яблочного-зеленого скородита (скородитовые шляпы); с успехом применяются гидрохимические методы поисков, а для арсенипирит-лёллингитовых руд—электроразведочные методы.

МЕТАЛЛОГЕНИЯ СУРЬМЫ

а) Геологические условия концентрации и генетические типы месторождений сурьмы

Промышленные месторождения сурьмы связаны с кислыми и умеренно-кислыми гранитоидами, часто отстоят далеко от выходов материнских пород и приурочены к зонам крупных разломов.

Месторождения гидротермальные, низкотемпературные— жильные и типа пластовых брекчированных зон в окварцованных известняках. По геологическим условиям образования выделяются два типа.

Кварц-флюорит-антимонитовый (с примесью минералов Pb, Zn, Cu, иногда киновари) среди карбонатных пород, в генетической связи с гранитоидами умеренных глубин. Это важнейший тип месторождений сурьмы (более 90% добычи). К нему относятся месторождения Средней Азии (Кадамджай и др.), Юго-Восточного Китая (Сигуаньшань, Панси и др.), Северной Боливии, Мексики, Алжира, Югославии.

Ферберит-шеелит-антимонитовый (с примесью теллуридов золота и серебра, иногда киновари, реальгара, аурипигмента), обычно среди эффузивных пород, в тесной связи с вулканической деятельностью и субвулканами третичного—четвертичного возраста. К этому типу

относятся некоторые месторождения Главного Кавказского хребта (Зопхито и др.), Тосканы (Перетта), Японии, западных штатов США (Атолия, Иеллоу-Пайн и др.). Роль в мировой добыче сурьмы небольшая.

б) Закономерности распределения месторождений сурьмы в земной коре

Сколько-нибудь значительных концентраций сурьмы в пределах платформ нет. Исключение—Африканская платформа. Крупные промышленные месторождения имеют киммерийский, частью герцинский (?) и альпийский возраст и связаны с поздними и средними, в меньшей мере конечными, этапами развития складчатых зон (рис. 9).

в) Поисковые предпосылки и признаки на сурьму

Месторождения сурьмы относятся к низкотемпературному гидротермальному типу и принадлежат к поздним проявлениям рудных серий месторождений, связанных с кислыми и умеренно-кислыми гранитоидами. Поэтому месторождения сурьмы обычны во многих районах Sn-W, Cu-Mo и полиметаллической минерализации. Месторождения сурьмы (и ртути) часто контролируются крупными региональными разломами в краевых частях депрессий и образуют пояса протяженностью в сотни километров (Алайский пояс, Куэйчжоу, пояс Аляски—Британской Колумбии и др.).

Направляя поиски на сурьму, следует иметь в виду частую ассоциацию металла с флюоритом, киноварью, реальгар-аурипигментовыми рудами. Поисковым признаком служат желто-оранжевые сурьмяные охры. При поисках на сурьму с успехом применяются металлометрический и гидрохимический методы.

МЕТАЛЛОГЕНИЯ РТУТИ

а) Геологические условия концентрации и генетические типы месторождений ртути

Промышленные концентрации ртути связаны с умеренно-кислыми гранитоидами, но отстоят от них далеко и приурочены к зонам крупных региональных разломов.

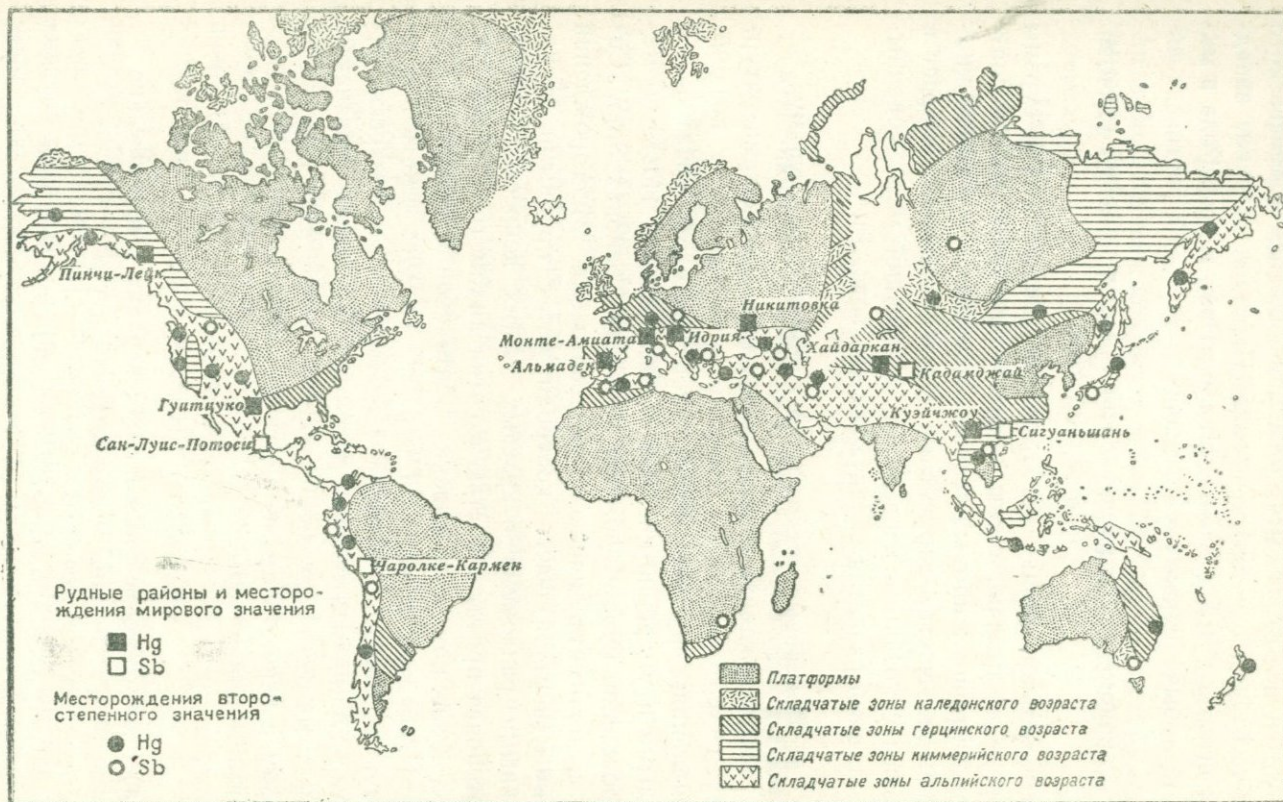


Рис. 9. Главнейшие мировые месторождения ртути и сурьмы.

Месторождения ртути гидротермального низкотемпературного типа—жильные и типа пластовых залежей в песчаниках, пористых кварцитах, брекчированных окварцованных известняках. По составу руды монометалльные ртутные, или ртутно-сурьмяные, ртутно-мышьяковые, ртутно-полиметаллические и ртутно-золотые. Главное промышленное значение имеют первые два типа руд.

По геологическим условиям образования отчетливо выделяются два типа месторождений.

1) Месторождения, связанные с нескрытыми интрузивными очагами и залегающие среди песчаников или карбонатных пород. К этому типу относится громадное большинство ртутных месторождений и почти все наиболее крупные: Никитовка, Хайдаркан, Альмаден, Идрия, Авала, Куэйчжоу и др., дающие в сумме до 80% мировой продукции ртути.

2) Месторождения, связанные с вулканической деятельностью и горячими минеральными источниками, залегающие обычно среди эффузивных пород. К этому типу относится крупное месторождение Монте-Амиата (Италия), а также ряд месторождений в США, Индонезии, Новой Зеландии, Японии, Чили, Перу—в пределах Тихоокеанского вулканического пояса.

б) Закономерности распределения месторождений ртути в земной коре

Почти все крупные месторождения ртути альпийского и позднекиммерийского возраста; известны отдельные месторождения герцинского (?) возраста.

В пределах платформ крупных концентраций ртути нет; богатейшими ртутными провинциями являются Средиземноморская и Тихоокеанская, с приуроченностью главной массы месторождений к средним этапам развития, части месторождений—к поздним и конечным этапам развития подвижных зон.

в) Поисковые предпосылки и признаки на ртуть

Месторождения ртути все гидротермального низкотемпературного типа и ассоциируют с Sb-As (стибнит-реальгар-аурипигментовой) минерализацией в рудных районах с развитием и более высокотемпературных ассоциаций, связанных с умеренно-кислыми гранитоидами. Месторождения ртути часто контролируются крупными региональными разломами в краевых частях депрессий и образуют протяженные пояса Hg-Sb-As оруденения, иногда совпадающие с цепочками гипербазитовых интрузий, внедрившихся ранее вдоль этих же разломов.

Наиболее значительные концентрации ртути приурочены к горизонтам пористых и трещиноватых, брекчированных песчаников, кварцитов, окварцованных известняков, перекрытых пластами сланцев, выполнявших роль непроницаемых экранов.

При поисках на ртуть хорошие результаты дает шлиховая съемка (киноварь—устойчивый минерал) и металлометрические методы.

МЕТАЛЛОГЕНИЯ МЕДИ

а) Геологические условия концентрации и генетические типы месторождений меди

Медь связана, главным образом, с умеренно-кислыми гранитоидами, отчасти с основными и кислыми интрузиями.

Сравнительно небольшие концентрации меди имеют место в ликвационных месторождениях, связанных с габбро-норитовыми интрузиями платформ. Наиболее крупные месторождения меди гидротермального генезиса и тесно связаны с умеренно-кислыми гранитоидами средних и ранних этапов развития складчатых зон.

Известны отдельные осадочные и инфильтрационные месторождения меди. Краткая характеристика главных промышленных типов месторождений меди приводится ниже,

в последовательности, отвечающей их роли в мировой выплавке металла.

Месторождения вкрапленных и прожилково-вкрапленных медных и медно-молибденовых руд среднетемпературного гидротермального генезиса. Характерна тесная ассоциация минерализации с умеренно-кислыми гранитоидами средних этапов развития складчатых зон, приуроченность оруденения к окварцованным штокам гранитоидов и породам зоны экзоконтакта их.

Вкрапленность и тонкие прожилки представлены халькопиритом и пиритом с примесью борнита, энаргита, блеклых руд, молибденита; жильные минералы руд—кварц, карбонаты, серицит, хлорит, каолинит.

Обогащенные зоны приурочены к брекчированным породам, зальбандам даек, куполам интрузивных пород и контактам их.

Этот тип месторождений очень распространен в особенности в пределах Средиземноморского и Тихоокеанского металлогенических поясов, где возраст оруденения альпийский, а также в Казахской и Узбекской ССР, где месторождения герцинского и каледонского возраста. Типичные примеры: Коунрад, Алмалык, Каджаран, Бингём, Кананеа, Чуквикамата и др.

Масштаб месторождений часто очень крупный, и хотя содержание металлов невысокое, на этот тип падает более 50% мировой выплавки меди (попутно на ряде месторождений извлекается Мо—примерно $\frac{1}{3}$ мировой добычи молибденитовых концентратов).

Месторождения медных колчеданных руд в тесной связи с эффузивами и субвулканическими малыми интрузиями порфиоров и альбитофиоров раннего этапа развития складчатых зон. Линзы, реже жилы или неправильные по форме тела массивных пирит-халькопиритовых руд залегают среди окварцованных и хлоритизированных, серицитизированных эффузивов, рассланцованных в регионах, испытавших динамометаморфизм.

Возраст месторождений частью докембрийский в пределах платформ (Шеррит-Гордон, Флин-Флон и др.), кале-

донский на Урале (Дегтярка, Сибай и др.), в Южной Испании (Рио-Тинто), Юго-Западной Японии (Бесси) и главным образом мезокайнозойский (месторождения Балкан, Турции, Закавказья, Японии, западных штатов США, Британской Колумбии и др.).

Руды богатые, и масштаб месторождений часто достаточно крупный. На них падает до 20% мировой выплавки меди.

Месторождения борнит-халькопиритовых руд типа пластовых медистых песчаников. Генетическая связь с интрузиями неясна; одними геологами месторождения рассматриваются как телетермальные, связанные с не-вскрытыми очагами гранитоидов, другими—как осадочные метаморфизованные. Крупные месторождения этого типа докембрийского возраста известны в Катанге и Северной Родезии, герцинского возраста—в Казахской ССР (Джезказган). Роль этого типа в мировой выплавке меди достигает 15—20%.

Месторождения медно-никелевых сульфидных руд ликвационного типа, связанные с основными интрузиями в пределах платформ. Возраст месторождений докембрийский, частью нижнепалеозойский, а в одном случае (Норильск)—герцинский. Месторождения этого типа дают, попутно с огромными количествами никеля, до 5% мировой продукции меди.

Месторождения меденосных скарнов, связанные с умеренно-кислыми гранитоидами средних этапов развития подвижных зон.

Медная минерализация гидротермальная и наложена на скарновые зоны, образуя гнезда и жиллообразные тела богатых медных руд. Типичные примеры: Турьинские рудники, Бисби, Моренси. Роль в мировой выплавке меди подчиненная.

Кроме указанных главных типов, некоторое количество меди дают высокотемпературные медно-турмалиновые месторождения типа Брадена в Чили, низкотемпературные месторождения гипогенной самородной меди с цеолитами среди эффузивов основного состава (Мичиган) и отдельные осадочные месторождения медистых сланцев (Мансфельд).

б) Закономерности распределения месторождений меди в земной коре

Сравнительно крупные концентрации меди в месторождениях докембрийского возраста располагаются в пределах платформ и относятся к ликвационному медно-никелевому (Сёдбери, Норильск и др.) и низкотемпературному гидротермальному (Катанга, Северная Родезия) типам. Известны также отдельные месторождения самородной меди (Мичиган) и колчеданные месторождения медных и медно-полиметаллических руд (Болиден, Шеррит-Гордон и др.) среди вулканогенных толщ (рис. 10).

Довольно крупные концентрации меди, главным образом колчеданные, частью медно-молибденового и гидротермального низкотемпературного типа образовались в каледонскую и герцинскую эпохи (Урал, Казахстан, частью Япония). Наиболее продуктивны и многочисленны месторождения мезокайнозойского, главным образом третичного, возраста в пределах Тихоокеанского и Средиземноморского металлогенических поясов—они относятся к различным типам, в основном медно-молибденовому и колчеданному, и дают почти $\frac{2}{3}$ мировой выплавки меди. В подвижных складчатых зонах концентрации меди имеют место в ранний и средний этапы их развития.

в) Поисковые предпосылки и признаки на медь

Крупные промышленные концентрации меди связаны с умеренно-кислыми гранитоидами альпийской, в меньшей мере киммерийской, герцинской и более древних металлогенических эпох. Медь концентрируется в складчатых зонах с проявлением ранних и средних этапов развития и почти совершенно отсутствует в рудных регионах поздних и конечных этапов. В пределах платформ концентрации меди имеют телетермальный характер или связаны с эффузивными толщами (колчеданный тип, самородная медь) и основными интрузивами (ликвационные месторождения).

Поисковые предпосылки на главные типы руд отличаются друг от друга и должны быть рассмотрены отдельно.

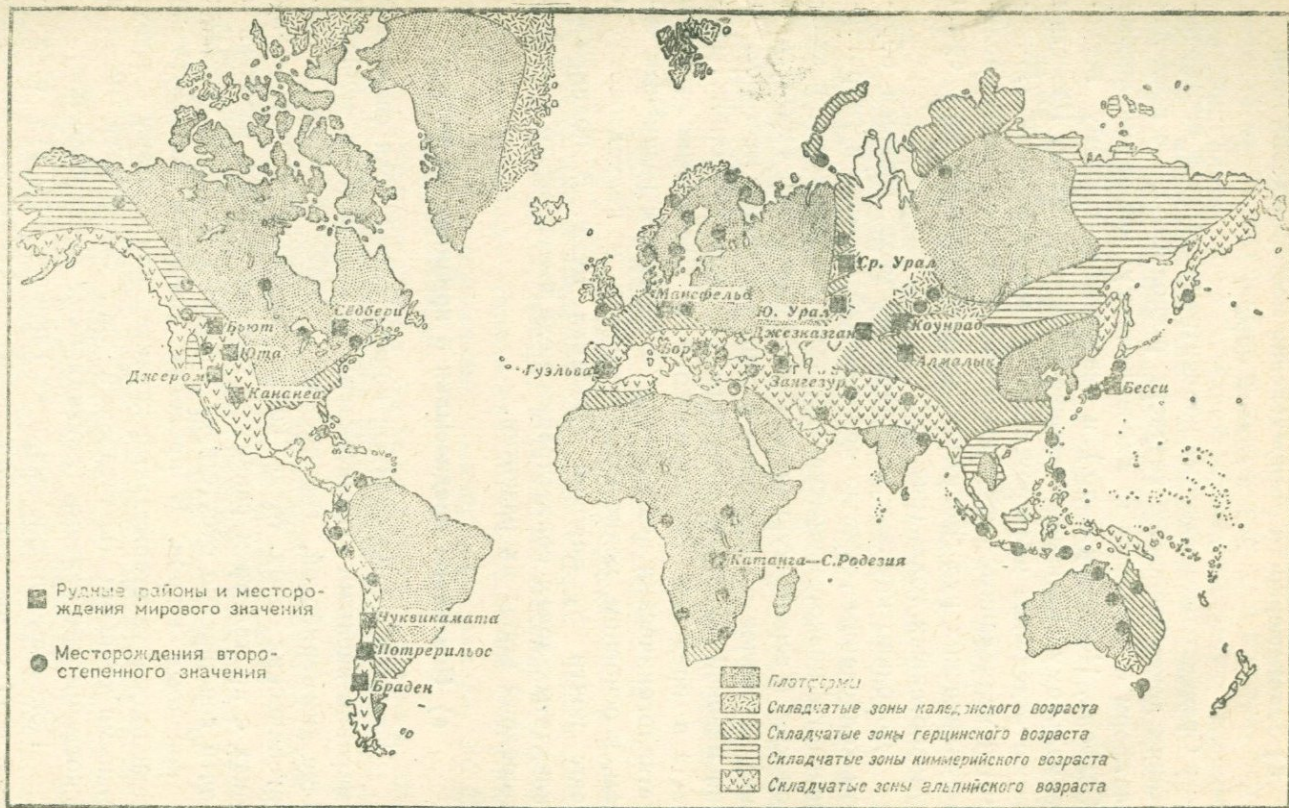


Рис. 10. Главнейшие мировые месторождения меди.

Прожилково-вкрапленные медно-молибденовые месторождения тесно связаны с умеренно-кислыми гранитоидами средних этапов развития складчатых зон и располагаются в эндо- и экзоконтактных зонах окварцованных массивов гранитоидов. Характерна тесная ассоциация Cu и Mo , наличие окисленных их минералов на поверхности. Колчеданные месторождения связаны с ранним доскладчатым этапом развития складчатых зон и залегают среди вулканогенных толщ, в тесной связи с субвулканическими малыми интрузиями порфиров, альбитофиров, андезитов и др.

Характерна ассоциация Cu с Pb , Zn , баритом, гипотенным гипсом. Хорошим поисковым признаком служат лимонитовые шляпы, а при разведке массивных руд широко применяются геофизические методы (электроразведка и др.).

Пластовые месторождения медистых (борнит-халькопиритовых) песчаников телетермального или осадочного (?) генезиса по-видимому связаны с нескрытыми гранитоидами умеренно-кислого состава и развиваются метасоматически в горизонтах, благоприятных для замещения — песчаниках с карбонатным цементом, доломитах и др.

Ликвационные медно-никелевые месторождения расположены среди массивов основных пород в пределах платформ.

Общим поисковым признаком на медь является наличие окисленных минералов меди на поверхностных выходах. Широко применяется купрометрический метод поисков.

МЕТАЛЛОГЕНИЯ СВИНЦА, ЦИНКА И СЕРЕБРА

а) Геологические условия концентрации и генетические типы месторождений свинца, цинка и серебра

Концентрации свинца, цинка и серебра связаны с умеренно-кислыми гранитоидами и, значительно реже, с кислыми, основными или щелочными породами. Наиболее важны в промышленном отношении гидротермальные от высоко- до низкотемпературных месторождения, меньшее зна-

чение имеют скарновые месторождения. Очень невелика роль осадочных месторождений свинца, цинка и серебра.

Краткая характеристика главных типов месторождений приводится ниже.

Полиметаллические гидротермальные месторождения высоко- и, главным образом, среднетемпературные — жильные и метасоматические. Месторождения связаны с гранитоидами средних и частью поздних этапов развития складчатых зон, причем в первом случае полиметаллические руды сравнительно богаче медью, а во втором содержат повышенные количества олова.

К этому типу относятся полиметаллические месторождения Восточного Забайкалья, Садон на Северном Кавказе, многочисленные месторождения западных штатов США, Мексики, Британской Колумбии, Балкан, Западной Европы и др. районов, на которые в сумме падает почти половина мировой выплавки свинца и значительная доля выплавки цинка и серебра.

Свинцово-цинковые телетермальные месторождения среди карбонатных пород, вне прямой связи с магматическими породами.

Месторождения трубообразные и пластовые (последние частью геологов относятся к осадочным ?), часто крупного масштаба, но с простым составом руд (Ag и др. примесей мало, часто резко преобладает один из металлов—Pb или Zn).

Время образования этого типа месторождений в общем процессе развития складчатых зон не совсем ясно—предположительно средние этапы развития.

К этому типу относятся крупные месторождения Каратау, Силезии (Олькуш, Блейшарлей и др.), Миссури-Миссисипи и др., дающие половину мировой выплавки цинка и значительные количества свинца.

Колчеданные полиметаллические месторождения, представленные линзами сплошных руд и зонами вкрапленного оруденения среди вулканогенно-осадочных толщ различного возраста—от протерозойского в пределах платформ и до мезокайнозойского.

Генетически месторождения связываются с малыми интрузиями порфиров и альбитофиров, или с корнями вулканических толщ, среди которых залегают руды. Очень типична связь с колчеданными месторождениями меди и с баритом.

К этому типу относятся месторождения Алтая, Салаира, Боудвин в Бирме, ряд месторождений Турции, Балкан, Южной Америки, играющие заметную роль в мировой добыче свинца, цинка и серебра.

Скарновые месторождения полиметаллических руд тесно связаны с умеренно-кислыми гранитоидами среднего и частью позднего этапов развития складчатых зон. К этому типу относятся месторождения Карамазара (Алтын-Топкан, Кансай и др.), Тетюхе и ряд зарубежных. Роль их в мировой добыче полиметаллических руд подчиненная.

Серебряные низкотемпературные гидротермальные месторождения, тесно связанные с субвулканами и вулканической деятельностью конечных этапов развития главным образом альпийских складчатых зон.

К этому типу относятся многочисленные месторождения серебряных и золото-серебряных руд в Мексике (Вета-Мадре, Пачука, Эль-Оро и др.), западных штатах США, Перу, Чили, Индонезии, Новой Гвинее, а также месторождения Карпат. Они дают в сумме половину мировой добычи серебра и, попутно, значительные количества золота.

б) Закономерности распределения месторождений свинца, цинка и серебра в земной коре

Полиметаллическая минерализация с различной интенсивностью проявилась на протяжении всей истории развития земной коры—от докембрия и до мезо-кайнозоя.

В пределах платформ известны иногда довольно крупные месторождения полиметаллических (Брокен-Хилл в Австралии, Тсумей и др. в Африке) и колчеданных (в Канаде, Швеции, Финляндии) руд.

подавляющая часть месторождений полиметаллических

руд тесно связана с умеренно-кислыми гранитоидами среднего этапа развития складчатых зон и частично с гранитоидами позднего этапа; наиболее продуктивна мезокайнозойская эпоха. Месторождения серебра образуются в конечный этап развития и почти все альпийского возраста. Полиметаллические месторождения представляют обычно среднее звено в единой серии рудных месторождений региона и по времени образования следуют за медноколчеданными, медно-молибденовыми или (в регионах с развитием позднего этапа) олово-вольфрамовыми и олово-сульфидными рудами, предшествуя образованию сурьмяно-ртутных руд.

Месторождения серебра тесно связаны с низкотемпературной $Sb-Hg-As-W$ минерализацией (стибнит, киноварь, реальгар, аурипигмент, ферберит, шеелит) в регионах с проявлением молодого вулканизма и деятельностью горячих минеральных источников.

в) Поисковые предпосылки и признаки на свинец, цинк и серебро

Наиболее богаты полиметаллическими рудами складчатые зоны, в которых проявились умеренно-кислые гранитоиды средних этапов развития; менее богаты регионы с проявлением раннего и позднего этапов развития, а для концентраций серебра наиболее оптимально проявление конечных этапов.

Поисковое значение имеют зоны гидротермально измененных (окварцованных, серицитизированных, доломитизированных, пропилитизированных, каолинизированных) пород, выходы окисленных (церуссит-англезитовых, галмейных и др.) руд, марганцовые шляпы (возникшие при окислении жильных минералов руд).

Вспомогательное значение имеет шлиховая съемка; с успехом применяются металлометрические и гидрохимические методы поисков.

Главным типом алюминиевых руд являются бокситы, которые образуются в результате латеритного выветривания пород, богатых глиноземом (остаточные месторождения глиноземистых латеритов), или переотложения латеритных покровов, с осаждением из коллоидальных растворов шамозит-диаспоровых и гидраргиллитовых руд в морских и озерных бассейнах (осадочные месторождения бокситов платформенного и геосинклинального типов).

Краткая характеристика главных типов месторождений приводится ниже.

Остаточные месторождения типа глиноземистых латеритов образуются в результате выветривания массивов кислых, щелочных (нефелиновые сиениты и др.), основных (траппы) пород, богатых глиноземом, в условиях влажного жаркого климата.

Латеритный покров перекрывает тонким плащом массивы горных пород и на глубину постепенно переходит в материнскую, исходную для его образования породу.

К этому типу относятся крупнейшие месторождения Суринама и Британской Гвианы, а также месторождения штата Арканзас (США), Ганы, Индии и Западной Австралии, дающие в сумме почти половину мировой добычи алюминиевых руд.

Осадочные месторождения геосинклинального типа, приуроченные к перерывам в отложении карбонатных толщ различного — от палеозойского до мезокайнозойского — возраста.

Руды шамозит-диаспоровые или гидраргиллитовые, часто бобовой структуры, образуют выдержанные по простиранию и падению пласты; боксит подстилается закарстованной поверхностью известняков и перекрывается известняками, мергелями, глинами более молодого, по отношению к подстилающей толще, возраста.

Наиболее крупные месторождения этого типа имеют среднепалеозойский возраст в СССР (Урал, Казахстан, Западный Саян, Средняя Азия) и мезокайнозойский возраст

в зарубежных странах (месторождения Южной Франции, Венгрии, Югославии, Румынии, Греции, Турции, Индонезии, Ямайки и др.).

На этот тип падает половина мировой добычи бокситовых руд.

Осадочные месторождения платформенного типа образуются в озерно-болотных континентальных водоемах и представлены пластовыми залежами, залегающими трансгрессивно на древних породах платформы. Масштаб месторождений обычно небольшой. Наиболее значительным месторождением этого типа является Тихвинское.

б) Закономерности распределения месторождений алюминия в земной коре

Остаточные месторождения образуются за счет выветривания горных массивов, богатых глиноземом, в условиях жаркого влажного климата (латеритное выветривание). Осадочные месторождения геосинклинального типа приурочены к перерывам в отложении карбонатных толщ различного возраста; особенно благоприятными эпохами для образования месторождений этого типа были перерывы между S_2 и D_2 в палеозойских геосинклиналях Урала и Казахстана и между $J-Cr_1$ и Pg в Средиземноморской зоне.

в) Поисковые предпосылки и признаки на алюминий

Решающими факторами образования остаточных месторождений являются — развитие поверхностных выходов пород, богатых глиноземом, и климатический фактор (латеритное выветривание). В образовании осадочных месторождений геосинклинального типа решающей предпосылкой является наличие перерывов в отложении мелководных карбонатных толщ.

Поисковыми признаками на бокситы являются часто наблюдаемая бобовая (пизолитовая) их структура и красноватая или зеленовато-серая окраска пород.

а) Геологические условия концентрации и генетические типы месторождений золота

Промышленные концентрации золота тесно связаны с гранитоидами, в меньшей мере основными и щелочными породами. Основным типом эндогенных месторождений является гидротермальный, хорошо представленный всеми тремя классами—высокотемпературным, средне- и низкотемпературным. Огромное значение в добыче золота в зарубежных странах играет метаморфогенный тип золотоносных конгломератов; большое значение имеет также в ряде стран добыча золота из россыпей.

Краткая характеристика главных промышленных типов коренных месторождений золота приведена ниже.

Гидротермальные высоко- и среднетемпературные золото-кварцевые и золото-сульфидные месторождения, связанные с кислыми и умеренно-кислыми гранитоидами частью среднего, частью же позднего этапов развития складчатых подвижных зон различного возраста, главным образом герцинского и киммерийского, в меньшей мере каледонского. Большая часть месторождений образуется в тесной пространственной и генетической (в смысле общности родоначального очага) связи не с крупными батолитовыми интрузиями, а с добатолитовыми, иногда послебатолитовыми интрузиями гранитоидов.

К этому типу относятся крупные месторождения СССР (Березовское и Кочкарь на Урале, Степняк в Казахстане, Дарасун в Забайкалье, месторождения Кузнецкого Алатау, Колымы, Алдана и др.), США (Материнская жила, Гресс-Валлей и др.), Австралии (Бендиго, Балларат) и др.

Месторождения этого типа, и особенно высокотемпературные золото-кварцевые, широко представлены на платформах: Сибирской (Советский рудник и др.), Канадской (Поркьюпайн, Хомстейк и др.), Бразильской (Морро-Вельо, Пассагем и др.), Индостанской (Колар) и других.

На все эти месторождения приходится около половины мировой добычи золота.

Метаморфогенные месторождения типа золотоносных конгломератов докембрийского возраста, представляющих ископаемые древние россыпи, содержащие, наряду с золотом, нередко также уран, небольшое количество платиноидов, алмаза и др. тяжелых минералов. Очень крупные месторождения этого типа приурочены к Африканской (Витватерсранд, Гана) и Канадской (Блайнд-Ривер) платформам, меньшие, или менее изученные, известны в пределах Бразильской, Австралийской, Индостанской платформ. На этот тип месторождений падает 35—40% мировой добычи золота, а также большая часть современной зарубежной добычи урана.

Гидротермальные низкотемпературные золото-серебряные месторождения, тесно связанные с субвулканическими малыми интрузиями конечных этапов развития подвижных зон альпийского возраста.

Этот же тип месторождений известен на отдельных участках платформ, где проявляется вдоль зон дробления также альпийского возраста.

К нему относятся месторождения Балей и Белая гора в СССР, месторождения Карпат, западных штатов США (Комшток, Голдфильд, Криппль-Крик и др.), Мексики (Эль-Оро и др.), Перу, Чили, Японии, Филиппин, Индонезии, Новой Зеландии, а также месторождения Аравии и Мадагаскара, дающие в сумме 10—15% мировой добычи золота и значительные количества серебра.

б) Закономерности распределения месторождений золота в земной коре

Наиболее богаты золотом древнейшие структуры — платформы, в пределах которых расположены крупнейшие месторождения золотоносных конгломератов, крупные золото-кварцевые и частью золотосульфидные месторождения, а также золотоносные россыпи (рис. 11).

Особенно богаты золотом Африканская, Канадская, Бразильская платформы, богаты золотом также Сибирская, Сино-Корейская, Индостанская и Австралийская платформы.

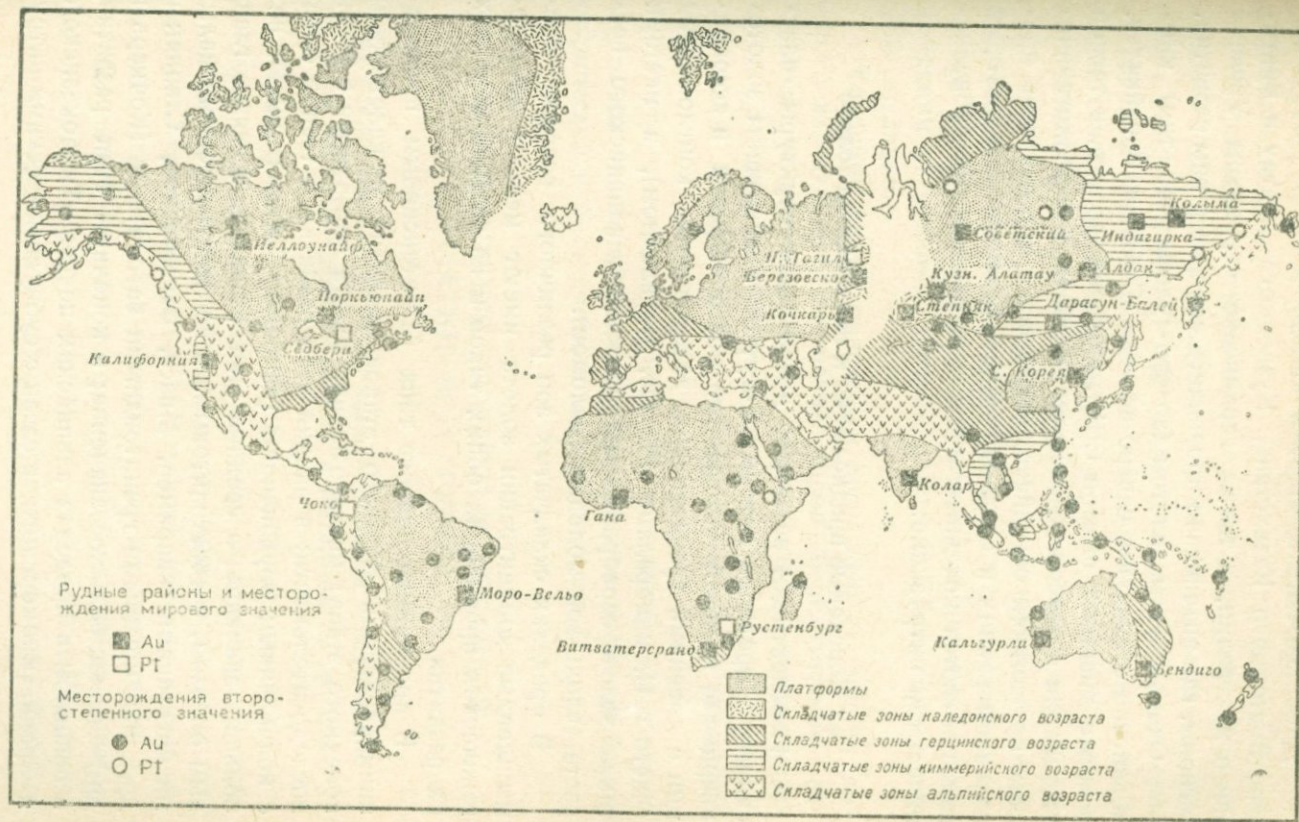


Рис. 11. Главнейшие мировые месторождения золота и платины.

Довольно богаты золотом каледонские структуры Северо-Восточного Казахстана, Кузнецкого Алатау и Виктории в Австралии, а также герцинские структуры Урала—регионы, где интенсивно проявились средние этапы развития.

Очень богаты золотом (золото-сульфидный тип) киммерийские структуры северо-востока СССР и Забайкалья, а также западных штатов США. Наконец, золото, в тесной ассоциации с серебром, широко развито в металлогенических провинциях альпийского возраста с интенсивным проявлением ранних и средних этапов развития, на которые накладываются конечные этапы с золотоносными субвулканическими интрузиями.

в) Поисковые предпосылки и признаки на золото

Перспективны на золото древнейшие структуры—платформы, в пределах которых могут быть встречены золото-кварцевые и золото-сульфидные месторождения в ассоциации с древними гранитоидами, золотоносные конгломераты (часто с U, минералами Pt, Os, Ir, алмазом), а местами также золото-серебряные месторождения альпийского возраста (вдоль зон молодых разломов).

В пределах складчатых зон различного возраста промышленные концентрации золота имеют место в металлогенических провинциях обоих типов и на различных этапах их развития.

В провинциях первого типа (с интенсивным проявлением раннего и среднего этапов развития и наложением конечного этапа) месторождения золота образуются в такой последовательности: в ранний этап развития в тесной связи с колчеданным оруденением (например Учалы)—имеют небольшое значение; в средний этап развития, в связи, главным образом, с добатолитовыми и послебатолитовыми малыми интрузиями (например, Миасс, Березовское, Степняк и др.), или крупными гранитоидными батолитами (Кочкарь и др.)—имеют большое значение; в конечный этап развития, в основном в пределах альпийских поясов—Тихоокеанского и Средиземноморского, в связи с субвулканическими интруз-

зиями (например, Карпаты, Комшток, Эль-Оро и др.)—представлены широко.

В провинциях второго типа (с интенсивным проявлением позднего этапа развития с частичным наложением, местами, конечного этапа) месторождения золота во времени приурочены к таким моментам: в поздний этап развития, в тесной связи с добатолитовыми умеренно-кислыми малыми интрузиями гранитоидов, до внедрения оловоносных гранитов и гранит-порфиров (например, месторождения Колымы, Восточного Забайкалья и др.)—представлены широко; в конечный этап развития, в тесной связи с малыми субвулканическими интрузиями (например Балей, Белая гора)—развиты локально.

Хорошим общим поисковым признаком на золото являются характерные изменения пород—березитизация, серицитизация, лиственитизация, окварцевание, пропилитизация и др., наличие заохренного „золотоносного“ кварца, сульфидов, сульфосолей и теллуридов—частых спутников золота.

Основным методом поисков на золото продолжает оставаться шлиховая съемка. Применяются также металлометрический и ботанический методы поисков.

МЕТАЛЛОГЕНИЯ ПЛАТИНЫ И МЕТАЛЛОВ ПЛАТИНОВОЙ ГРУППЫ

а) Геологические условия концентрации и генетические типы месторождений платины и металлов ее группы

Промышленные концентрации платины связаны с основными и ультраосновными породами и относятся к собственномагматическим образованиям—ликвационного и гистеромагматического типов. Небольшое значение имеют отдельные скарновые и гидротермальные месторождения.

Ликвационные месторождения медно-никелевых сульфидных руд, содержащих примесь Pt и Pd, располагаются в пределах платформ и связаны со стратифициро-

банными массивами (лакколитами, дополитами, силлами) габбро-норитовых пород.

В составе руд участвуют пирротин, пентландит, халькопирит и магнетит, а в качестве примеси—палладистая платина, сперрилит ($PtAs_2$), куперит (PtS), стибнопалладинит (Pd_3Sb) и др.

Рудные тела представляют массивные залежи, пласты и жилы, богатые сульфидами, или зоны вкрапленников. К этому типу относятся Норильск, Печенга, Мончегорск в СССР, Сёдбери в Канаде, Рустенбург в Южно-Африканском Союзе и ряд других месторождений, дающих в сумме большую часть мировой добычи платины и почти всю добычу палладия.

Гистеромагматические месторождения платины в ассоциации с осмистым иридием, родием, рутением и низким содержанием в рудах палладия, тесно связаны с дунитами и пироксенитами, дифференциатами основной магмы ранних этапов развития складчатых зон или внедрением основной магмы вдоль разломов на платформах.

Характерна ассоциация минералов платины (поликсена, ферроплатины, осмистого иридия и др.) с хромитом, реже с титаномагнетитом и обособление их в виде шлиров и жиллообразных тел среди дунитов или пироксенитов. К этому типу относятся крупные месторождения каледонского возраста на Урале, а также ряд мезокайнозойских месторождений в Колумбии и на Аляске. Этого же типа ряд месторождений в пределах Африканской платформы—в Абиссинии и Южно-Африканском Союзе. На этот тип месторождений и россыпи, связанные с ними, падает примерно третья часть мировой добычи платины и почти вся добыча осмия и иридия.

б) Закономерности распределения месторождений платины и металлов ее группы в земной коре

Крупнейшие ликвационные месторождения, за одним исключением (Норильск) имеют докембрийский возраст и расположены в пределах платформ; Норильское месторож-

дение верхнепалеозойского возраста, но также находится в пределах платформы.

Наиболее крупные гистеромагматические месторождения платины каледонского (среднедевонского) возраста (Урал), другие месторождения этого типа расположены в пределах Тихоокеанского металлогенического пояса и имеют мезокайнозойский возраст.

Гистеромагматические месторождения платины образуются в ранний этап развития складчатых зон и связаны с дифференцированными массивами основных пород, залегая среди ультраосновных их производных (дунитов, реже пироксенитов).

в) Поисковые предпосылки и признаки на платину

Перспективны на платину два типа интрузивных комплексов—основные габбро-норитового состава в пределах платформ и габбро-перидотитового состава ранних этапов развития складчатых зон. С первым из них связаны ликвидационные медно-никелевые месторождения (ассоциация Ni-Cu-Co-Pt-Pd), со вторым—гистеромагматические месторождения в ассоциации Cr-Pt-Os-Ir, реже Fe-Ti-Pt. Во всех случаях при поисках на платину применяется шлиховая съемка.

МЕТАЛЛОГЕНИЯ УРАНА

а) Геологические условия концентрации и генетические типы месторождений урана

Концентрации урана связаны с гранитоидами—кислыми и умеренно-кислыми. В эндогенных условиях уран частью связан с акцессорными минералами гранитоидов и пегматитами, а главным образом дает крупные промышленные скопления в различного типа гидротермальных месторождениях. В собственномагматических и пегматитовых месторождениях характерна ассоциация U с Th, TR, Ta, Nb, Ti, Zr, Be,

Li, Sn, F. В гидротермальных месторождениях U ассоциирует с Ni, Co, Bi, Ag, Cu, As, Fe, Pb, Zn, Se, Mo, реже с Au, Sn, W, Th. В экзогенных условиях уран дает промышленные концентрации в инфильтрационных месторождениях, а также образует громадные по запасам месторождения осадочного генезиса: ураноносные конгломераты, сланцы, угли и лигниты, фосфориты, морские прибрежные россыпи и др.

Краткая характеристика важнейших типов урановых месторождений приведена ниже, в последовательности, примерно отвечающей их роли в современной добыче урана.

Ураноносные (и часто также золотоносные) конгломераты докембрийского возраста с окатанными зернами уранинита и браннерита и новообразованиями за счет них тухолига. Месторождения представляют метаморфизованные древние россыпи и разрабатываются на два металла—золото и уран (попутно дают также немного Os, Ir и алмаза).

Содержания U_3O_8 на отдельных месторождениях колеблются в широких пределах—от 0,01 до 0,1% и выше, запасы и масштаб разработки огромные. Начиная с 1957 г. по добыче урана этот тип выдвинулся на первое место в зарубежных странах. Витватерсранд и Блайнд-Ривер дают вместе около 10 тысяч т урана ежегодно, т. е. примерно 40% зарубежной добычи урана.

Медно-кобальт-никель-урановые гидротермальные месторождения Бельгийского Конго с ассоциацией: уранинит и урановая смолка, сульфиды и селениды Co и Ni, с примесью минералов Cu, Zn, Mo, Au, Pd. Возраст месторождений верхнепротерозойский, связь с интрузиями неясна.

Руды богатые и масштаб месторождений очень крупный. На этот тип, в основном за счет разработки месторождения Шинколобве, падает до 20% мировой добычи урана за рубежом.

Месторождения пятиэлементной (Co-Ni-Bi-Ag-U) формации с ассоциацией: урановая смолка, арсениды Co и Ni, самородные висмут и серебро, гематит, флюорит, барит. Предположительно связаны с умеренно-кислыми

гранитоидами, возраст докембрийский в Канаде (Большое Медвежье озеро, озеро Контакт и др.) и герцинский в Рудных горах. Довольно продуктивный тип богатых ураном месторождений.

Урано-гематитовые месторождения с обильными карбонатами и хлоритом и небольшой ролью сульфидов и селенидов. Месторождения прожилково-вкрапленные, крупного масштаба, но с небогатыми рудами. Большое промышленное значение получили в Канаде (месторождения Гуннар, Эйс и др.).

Медно-урановые месторождения, часто с значительной ролью полиметаллической минерализации, а местами также золота. Крупные месторождения этого типа открыты в пределах Австралийской платформы (Рам-Джангл, Маунт-Айза и др.) и интенсивно разрабатываются.

Карнатитовые месторождения инфильтрационного генезиса нередко рассматриваются как зона окисления первичных гидротермальных месторождений. К этому типу относятся многочисленные месторождения штатов Юта и Колорадо в США, имеющие важное значение для этой страны.

б) Закономерности распределения месторождений урана в земной коре

Подавляющая часть крупных месторождений урана и большое число проявлений его сосредоточены в пределах платформ и главным образом по окраинам их или в пределах окаймляющих платформы складчатых зон, обычно вдоль крупных нарушений сбросо-сдвигового типа (для эндогенных месторождений), (рис. 12).

Так, по западной окраине Канадской платформы расположены крупные ураноносные районы Большого Медвежьего озера и озера Атабаска; в пределах Канадской же платформы находятся многочисленные поля ураноносных пегматитов и крупнейшее месторождение ураноносных конгломератов района озера Гурон (Блайнд-Ривер); в пределах Африканской платформы находятся богатые месторождения

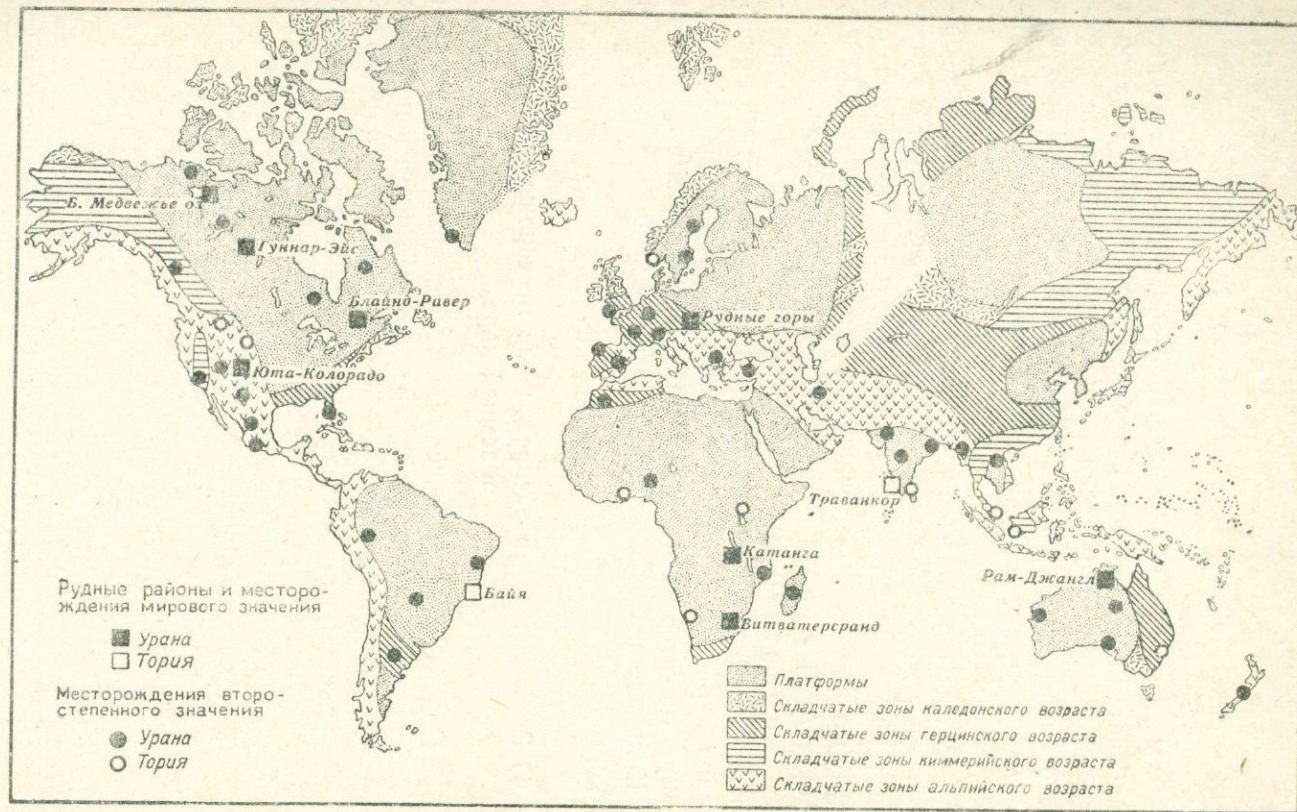


Рис. 12. Главнейшие зарубежные месторождения урана и тория.

района Катанги и ураноносные конгломераты Витватерсранда; по окраине докембрийского Богемского массива, в складчатой зоне герцинского возраста, расположены месторождения Рудных гор. Многочисленные и часто крупные месторождения урана известны и в пределах Австралийской, Бразильской, Индостанской и других платформ.

Довольно значительные месторождения урана приурочены к герцинским гранитоидным массивам Западной Европы (Корнуолл, Испанская Мезетта, Центральный массив Франции и др.) и менее крупные месторождения тесно связаны с гранитоидами, порфирами, фельзитами мезокайнозойского возраста (в Британской Колумбии, западных штатах США, Мексике, Перу, Чили, Боливии, ряде стран Средиземноморского альпийского металлогенического пояса).

Следует подчеркнуть, что в складчатых зонах эндогенные месторождения урана формируются главным образом в поздний этап их развития, но частично также в средний и конечный этапы. Крупные инфильтрационные месторождения карнотитовых руд приурочены к толщам рыхлых осадков верхнепалеозойского и мезозойского возраста (штаты Юта и Колорадо), а огромные по валовым запасам месторождения убогих руд типа ураноносных сланцев, углей, фосфоритов связаны с осадочными толщами различного возраста (от кембрия до плиоцена) и известны во многих странах.

в) Поисковые предпосылки и признаки на уран

Повышенное содержание урана и промышленные эндогенные его концентрации наиболее тесно связаны с кислыми и умеренно-кислыми изверженными породами, значительно реже с щелочными и только в единичных случаях — с основными породами.

Подавляющая часть крупных гидротермальных месторождений урана сосредоточена в пределах платформ, главным образом по окраине их, или в пределах окаймляющих платформы складчатых зон, обычно вдоль крупных нарушений сбросо-сдвигового типа.

В пределах платформ находятся также многочисленные месторождения ураноносных пегматитов (вне связи с гидротермальными месторождениями) и огромные по масштабу месторождения ураноносных конгломератов. Подавляющая часть крупных месторождений урана имеет докембрийский возраст и формируется в несколько главных периодов: 2000—1800, 1300—1400, 600 млн. лет. Меньшие концентрации урана приурочены к герцинским и более молодым складчатым зонам, в которых промышленные месторождения образуются главным образом в поздние, частью в средние и иногда в конечные этапы развития подвижных зон.

Связь эндогенных месторождений урана с определенными типами магматических пород нередко неясна или недостаточно изучена. Пространственная связь с дайками диабазов, закономерная для многих урановых рудных полей, не может рассматриваться как генетическая и обычно удаётся обосновать очень вероятную связь оруденения с очагами гранитоидной магмы. В большинстве случаев гидротермальные месторождения урановых руд формируются на сравнительно небольших и даже малых глубинах и поэтому глубоко эродированные участки платформ с широким развитием пегматитов малоблагоприятны для поисков.

Очевидно поиски могут увенчаться успехом прежде всего вдоль глубоких разломов в пределах платформ или по окраинам их, в областях, где одновременно развиты кислые и основные (диабазы) породы примерно одинакового возраста, а в связи с ними „неглубинные“, недосыщенные серой рудные комплексы с обильным развитием гематита, карбонатов, флюорита и барита.

В пределах складчатых зон надо иметь в виду приуроченность эндогенных месторождений урана ко всем этапам развития их, за исключением раннего; в средние этапы характерна ассоциация урана с Cu, Mo, полиметаллами, Au, Se, в поздние этапы с Sn, W, Co, Ni, Bi, Ag, флюоритом, в конечные этапы — с низкотемпературной минерализацией, связанной с фельзитами, дацитами, трахитами (ассоциация U с Pb, Mo, As). В экзогенных месторождениях следует

иметь в виду ассоциацию U с V, Р, органическим веществом*.

При поисках эндогенных месторождений урана наводящими являются характерные околорудные гидротермальные изменения: хлоритизация, аргиллизация, ожелезнение (гематит, пирит), окварцевание (урановая смолка ассоциирует с роговикоподобным кварцем), флюоритизация, доломитизация и алунитизация.

Поисковое значение имеют также характерные окрашивания жильных минералов в рудных зонах—полевого шпата в красный, кварца—в дымчатый и сиреневый, флюорита в темно-фиолетовый до черного, карбонатов—в розовые и красные тона.

В зоне окисления индикаторами на уран являются ярко-желтые, оранжевые и зеленые окраски вторичных минералов урана, а наводящими на уран, в ряде случаев, также розовый эритрин и зеленый аннабергит—вторичные минералы арсенидов Со и Ni, нередко сопровождающих руды урана.

При поисках урановых руд широко применяется специальная радиометрическая аппаратура (счетчики Гейгера-Мюллера, сцинтиляционные и др.), а для ряда районов с успехом применяются гидрохимические и ботанические методы поисков.

МЕТАЛЛОГЕНИЯ ТОРИЯ

а) Геологические условия концентрации и генетические типы месторождений тория

Повышенные концентрации тория связаны с натровыми гранитами и щелочными породами. В отличие от урана, который в основном концентрируется в постмагматических месторождениях, торий задерживается в расплавах и пегматитах и лишь частично выносится в пневматолиты и гидротермы.

Торий входит в состав акцессорных минералов грани-

* В Амброзио-Лейк (штат Нью-Мексико) разрабатывается крупное месторождение коффиновых (коффинт— $USiO_4$) руд в ассоциации с асфальтом среди песчаников J₂ возраста.

тоидов и щелочных пород и выпадает в форме монацита, торанита и торита в легматитах. Частично торий концентрируется в гидротермальных месторождениях в ассоциации с U, Sn, Co, Ni, Pb, Zn, Ag, Mo, гематитом, баритом, флюоритом.

Главное промышленное значение имеют прибрежно-морские монацитовые россыпи Индии и Бразилии.

б) Закономерности распределения месторождений тория в земной коре

Наиболее крупные концентрации тория связаны с докембрийскими гранитоидами, меньшее значение имеют палеозойские и киммерийские и более молодые месторождения.

Особенно богаты торием Индостанская и Бразильская платформы.

Коренные месторождения магматического и пегматитового типов не имеют большого практического значения, но за счет их разрушения возникают богатые монацитом прибрежно-морские и аллювиальные россыпи.

Гидротермальные месторождения тория связаны с гранофирами или со щелочными породами, реже с монцонитами и сиенито-порфирами различного—от герцинского до альпийского—возраста. Во всех случаях главным минералом тория является торит или ферриторит в ассоциации с флюоритом, баритом, сидеритом, гематитом, сульфидами Cu, Pb, Zn, иногда арсенидами Co и Ni, касситеритом, шеелитом, молибденитом.

Как и месторождения урана, гидротермальные месторождения тория образуются на протяжении всех этапов развития складчатой зоны, за исключением раннего этапа.

в) Поисковые предпосылки и признаки на торий

Направляющими при поисках является тесная связь тория с определенными типами интрузивных пород—натровыми гранитами, сиенитами, нефелиновыми сиенитами и ас-

социация тория с TR, Zr, Ti, Ta, Nb, U, F (флюоритом и фтор-апатитом).

При поисках решающее значение имеют специальные радиометрические методы.

МЕТАЛЛОГЕНИЯ РЕДКИХ И РАССЕЯННЫХ МЕТАЛЛОВ

Первая группа: Ta и Nb, Be, Zr и Hf, Li, Cs и Rb,
TR, В.

Тантал и Ниобий. Связаны с гранитоидами, а также щелочными интрузиями. Промышленное значение имеют гранитные пегматиты (танталит и колумбит) и грейзены, и связанные с ними аллювиальные россыпи, а также магматические месторождения лопарита и метасоматические „карбонатитовые“ (пироклор-перовскитовые руды), связанные со щелочными интрузиями.

Пегматитовые месторождения в своей массе докембрийского возраста и располагаются в пределах платформ; небольшое число их герцинского и киммерийского возраста и связано с поздними этапами развития складчатых зон. Магматические месторождения лопарита, а также карбонатитовые месторождения связаны со щелочными комплексами на платформах и имеют самый различный возраст—от докембрийского до третичного.

Основная добыча производится из россыпей, связанных с разрушением пегматитовых месторождений Нигерии, Бельгийского Конго, Бразилии, Австралии.

Бериллий. Связан с гранитной и отчасти щелочной магмами. Промышленные концентрации относятся к пегматитовому и пневматолитовому типам (берилл), иногда имеют место в скарнах (гельвин, фенакит, хризоберилл). Наибольшее промышленное значение имеют гранитные пегматиты докембрия—в пределах щитов (Бразилия, Индия, Аргентина, Австралия, США), сравнительно небольшое—пегматиты, пневматолитовые и скарновые месторождения герцинского и более молодого (вплоть до третичного) возраста.

Цирконий и Гафний. Связаны с гранитной и щелочной магмами. Концентрируются в пегматитах (циркон) и в щелочных породах (эвдиалит и бадделлит). Промышленное значение имеют россыпи—результат разрушения магматических комплексов главным образом докембрийского возраста (Австралия и др.).

Литий. Связан с гранитной магмой, концентрируется в сподумен—лепидолитовых пегматитах и грейзенах, в основном в пределах платформ (Канада, Бразилия, Африка, Западная Австралия и др.), реже в складчатых зонах герцинского и киммерийского возраста, в поздние этапы их развития.

Литием обогащены рассолы некоторых озер, месторождения солей и воды минеральных источников.

Цезий и Рубидий. Связаны с гранитной магмой, концентрируются в пегматитах, в особенности разностях, богатых Na и Li. Содержатся также в карналлите и сильвине и водах некоторых минеральных источников.

Редкие земли. Связаны с гранитоидами и щелочными породами, концентрируются в магматическую стадию, в пегматитах, грейзенах, реже в скарнах и карбонатитах. Возраст большинства месторождений докембрийский, реже герцинский и более молодой; располагаются преимущественно в пределах платформ.

Важное значение имеют прибрежно-морские россыпи монацита.

Бор. Связан с гранитами; накапливается в пегматитах, пневматолитах, скарнах, эксгальационных месторождениях, а также в соленых озерах.

Общей предпосылкой к постановке поисков редких металлов первой группы является тесная пространственная и генетическая их связь с кислыми и щелочными интрузивами.

Наиболее значительные концентрации приурочены к платформам и имеют докембрийский возраст или более молодой, совпадающий с возрастом разломов и магматизма на платформах. В складчатых зонах концентрации указанных металлов имеют место в поздний и отчасти конечный этапы

развития. Характерна ассоциация Ta-Nb, Be, Zr-Hf, Li, Cs-Rb, TR, В, с рудами U, Th, Sn, W.

Промышленные концентрации относятся к собственно-магматическому типу (в стратифицированных интрузивах, а также в виде шлиров и акцессорных минералов), пегматовому, пневматолитовому и скарновому типам. Некоторые из элементов этой группы—В, Li, Cs, Rb, концентрируются также в соляных залежах и рассолах.

Многие элементы группы—Ta, Nb, Zr, Hf, TR образуют тяжелые и стойкие минералы (тантало-колумбит, пирохлор, лопарит, циркон, монацит, ксенотим, ортит и др.), которые накапливаются в россыпях, дающих почти всю продукцию указанных металлов. Однако ряд других элементов—Be, Li, Cs, Rb, В добывается из коренных месторождений, иногда из минералов, открываемых с большим трудом (Cs и Rb из поллуцита, похожего на кварц; Be из гельвина, сходного с гранатом и т. д.); при поисках руд этих металлов применяются металлометрические и гидрохимические методы поисков.

Вторая группа: Cd, Ga, Ge, In, Re, Tl, Te, Se.

Кадмий. Связан с цинковыми рудами, обычно со светлоокрашенным сфалеритом.

Галлий. Связан со светло-бурым сфалеритом и минералами, богатыми алюминием (нефелин, сподумен, мусковит и др.); повышенные концентрации имеют место в некоторых углях и осадочных рудах железа.

Германий. Связан со светло-окрашенной цинковой обманкой; содержится также в энаргите, теннантите, сульфидах меди, минералах олова и серебра, некоторых углях и осадочных железных рудах. Известны самостоятельные минералы германия и их концентрации в пределах платформ—Африканской (Катанга, Тсумеб), Индостанской и др.

Индий. Связан с темным железистым сфалеритом и рудами олова. Наиболее богаты индием высоко-среднетемпературные полиметаллические (Сулливан) и оловянные (Забайкалье, Дальний Восток) месторождения киммерийской эпохи.

Рений. Концентрируется главным образом в молибдените, частично в халькопирите медно-молибденовых месторождений.

Таллий. Связан с медными и полиметаллическими сульфидными рудами, также гидротермальным пиролоюзитом и низкотемпературными Sb-Hg-As рудами.

Теллур. Концентрируется в ликвационных медно-никелевых и гидротермальных медных, медно-молибденовых, полиметаллических и золоторудных месторождениях.

Селен. Ассоциирует с теллуром в тех же типах месторождений. Концентрируется также с самородной серой вулканического генезиса.

Важным общим поисковым признаком рассеянных элементов второй группы является тесная их связь с сульфидными рудами—гидротермальными и частью ликвационными. Отдельные рассеянные элементы селективно концентрируются в определенных типах руд и в различных минералах, а при переработке руд—в различных продуктах обогащения и плавки.

Наиболее обычной формой проявления рассеянных элементов второй группы является изоморфная примесь в других минералах, реже некоторые из них (Cd, Ge, Tl, Te, Se) образуют самостоятельные минералы, рассеянные в рудах почти всегда в виде микроскопических выделений. В связи с этим, для обнаружения наличия рассеянных элементов, необходимы тщательные спектральные, фотоколориметрические, химические анализы руд, концентратов и мономинеральных проб, а также тщательные микроскопические исследования при больших увеличениях с широким применением иммерсии.

IV. МЕТАЛЛОГЕНИЧЕСКИЕ ЭПОХИ И ГЛАВНЕЙШИЕ МЕТАЛЛОГЕНИЧЕСКИЕ ПРОВИНЦИИ МИРА (ПО МАТЕРИКАМ)

Е В Р О П А

В Европе выделяются четыре геотектонических элемента: Русская платформа, Каледонская, Герцинская и Альпийская складчатые зоны со своей спецификой металлогении.

Русская платформа. Докембрийскому фундаменту Русской платформы подчинены следующие металлогенические провинции мирового значения:

а) Железорудные Кривого Рога—КМА—Белгорода (метаморфогенные месторождения) и Северной Швеции (гистеромагматические месторождения).

б) Колчеданные Швеции, Финляндии, Карелии.

в) Пегматитовые (с редкими металлами и мусковитом) в Карелии, на Кольском полуострове, Украине, Швеции.

г) Молибденовые в Финляндии, Норвегии и Швеции.

Возраст указанных провинций докембрийский, экономическое значение их особенно велико для железа.

Территориально в пределах Русской платформы расположены и другие эндогенные металлогенические провинции, минерализация которых связана однако с более молодыми магматическими очагами. Сюда относятся каледонские провинции медно-никелевых сульфидных руд ликвационного генезиса на Кольском полуострове и в Финляндии, герцинские провинции апатитовых и лопаритовых руд Кольского полуострова, а также киммерийские провинции полиметаллических руд в Польше и ртутных руд в Донбассе.

К характеристике минерализации Русской платформы следует добавить наличие ряда важных провинций экзогенного (осадочного) генезиса: каменного угля среднекарбонового возраста (Донбасс), бурого угля олигоценового и неогенового возраста (Северная Германия, Польша), нефти (Поволжье, Приуралье, Эмбенский бассейн—первые два D—C возраста, третий—юрского возраста), природного газа (Поволжье, Прикарпатье, Ставрополь), железных руд осадочного типа (Тульское и Липецкое—каменноугольного возраста, Хоперское—верхнемелового и др.), марганца (Никополь—в основании олигоцена), боксита (Тихвинское—в нижнем карбоне), соли (Верхнекамское, Славянское, Стасфуртское—среди пермских отложений).

Каледонская складчатая зона охватывает Северо-Запад Европы и Свальбард (Шпицберген). Крупных металлогенических провинций здесь нет. Известны отдельные месторождения медно-никелевых, титаномагнетитовых и колчеданных руд в Норвегии.

Герцинская складчатая зона охватывает значительную часть западной Европы: Пиренейский полуостров (кроме юго-восточной его части и Пиреней), Францию, Юго-Западную Великобританию, Германию, Богемию (Чехию и Моравию). Здесь, в связи с гранитоидами герцинского цикла, известны крупные металлогенические провинции Sp-W и U руд (Корнуолл, Северо-Западная Португалия и Испания, Рудные горы), полиметаллических руд (Испания, Сардиния, Рудные горы).

К этой же зоне приурочены крупнейшие осадочные месторождения: каменного угля карбонового возраста в Великобритании, Франции, Бельгии, Германии, железных руд юрского возраста в Лотарингии, Англии, Южной Германии и ордовикского возраста в Бретани, Тюрингии, Богемии, осадочных медных руд пермского возраста (Мансфельд) и др.

Альпийская складчатая зона занимает обширную территорию в странах Средиземноморского бассейна и включает Пиренеи, Альпы и Аппенины, Карпаты, горы Балканского полуострова, а также Крым и Кавказ. Металлогени-

ческие провинции альпийского возраста; среди них наибольшее значение имеют: хромитовая провинция Балкан, ртутные Испания, Италии, Югославии, колчеданные медные и полиметаллические Балкан, золото-серебряная Карпат.

Мировое значение имеют экзогенные провинции осадочных бокситовых руд Южной Франции, Венгрии, Югославии; крупное значение имеют месторождения нефти (Румыния, Польша), серы (Сицилия) и соли (Пиренеи, Карпаты).

В целом Европа, без Урала и Закавказья, относимых к Азии, играет очень большую роль в мировой добыче железных руд (в основном Кривой Рог—КМА, Северная Швеция, Лотарингия), марганцовых руд (Никополь), боксита (Франция, Венгрия, Югославия), ртути (Испания, Италия, Югославия, СССР), апатита (Хибины), лопарита (Ловозеро), мышьяка (Швеция), а также каменного угля, нефти, соли.

Заметная роль принадлежит Европе и в добыче полиметаллических руд (Испания, Германия, Польша, Сардиния, Югославия), вольфрама (Португалия), урана (Великобритания, Португалия, Франция, Чехословакия, ГДР и др.), меди (Югославия, Испания), никеля (СССР, Финляндия, Норвегия), хрома (Югославия, Греция, Албания).

А З И Я

На обширной территории Азии выделяются следующие геотектонические элементы:

1) Платформы—Сибирская, Сино-Корейская, Индостанская, Аравийская.

2) Палеозойские складчатые зоны—Урал, Казахстан и Средняя Азия, Западная Сибирь, Северо-Западный и Центральный Китай.

3) Киммерийские складчатые зоны—Забайкалье, северо-восток СССР и Юго-Восточная Азия.

4) Альпийские складчатые зоны—Малая Азия, Закавказье, Иран, Гималаи, Бирма, Индонезия, Филиппины, Япония, Советское Приморье, Камчатка и Чукотка.

Важнейшие металлогенические провинции Азии приведены ниже по отдельным геотектоническим элементам и эпохам.

Сибирская платформа. Докембрийскому фундаменту платформы подчинены крупные месторождения золота, редкометальных и слюдоносных пегматитов, метаморфогенных руд железа. В пределах платформы расположены и более молодые провинции: герцинская медно-никелевых сульфидных и магнетитовых руд, киммерийская (или альпийская ?) алмазоносная провинция. Из осадочных образований особенно большую роль играют месторождения угля Тунгусского бассейна (возраст пермо-карбон), месторождения железа Ангаро-Питского бассейна, а также метаморфические месторождения графита.

Сино-Корейская платформа характеризуется богатством золота и метаморфогенными месторождениями железа, а также наличием наложенной киммерийской и альпийской Sn-W минерализации.

Индостанская платформа особенно богата метаморфогенными рудами железа и марганца, пегматитами с редкими металлами и слюдой. Типичны месторождения урана, золота, алмаза.

Аравийская платформа (часть Африкано-Аравийской) изучена слабо. Известны месторождения золота, приуроченные к молодым альпийским разломам, и осадочные месторождения марганца (Синайский полуостров), подчиненные отложениям нижнего карбона.

Платформы Азии, в целом, характеризуются богатством железа и марганца (метаморфогенные месторождения), редкометальных и слюдоносных пегматитов, золота, алмазов.

Урал. Металлогения этой области каледонская и герцинская. Каледонскими являются следующие провинции: колчеданная Восточного склона Урала, платиновая Среднего и Северного Урала, хромитовая Северного Урала, железорудная скарновая Среднего и Северного Урала.

Наиболее значительные герцинские провинции: железорудная скарновая Южного Урала, золоторудная Среднего

и Южного Урала, хромитовая Южного Урала. Большой интерес представляют осадочные месторождения боксита (девонского возраста), железа (верхнемелового и третичного возраста), марганца (третичного возраста).

Казахстан и Средняя Азия. Металлогения в основном герцинская, частью, в Северо-Восточном Казахстане — каледонская.

Среди каледонских провинций большой промышленный интерес представляют две: золоторудная Степняка и Си-Мо Бошекуля.

Герцинские провинции очень богаты: редкометальная (W, Mo, отчасти Sn,) Центрального Казахстана, меднорудная Джекказгана, полиметаллические Алтая, Центрального Казахстана, Каратау, Карамазара, Киргизии, медно-молибденовые Коунрада и Алмалыка, сурьмяно-ртутно-флюоритовые провинции Алайского хребта и Зеравшано-Гиссарской горной области, ряд скарновых шеелитоносных, мышьяковых, провинций.

Среди осадочных образований большое значение имеют месторождения боксита палеозойского (S_2 —C) возраста, осадочные, частью метаморфизованные месторождения железа и марганца, а также довольно крупные месторождения нефти (в Средней Азии).

Западная Сибирь (Салаир, Саяны, Кузнецкий Алатау, Тува и др.). Металлогения этой обширной территории каледонская и частью герцинская.

Здесь известны крупные концентрации золота в Кузнецком Алатау, полиметаллических руд в Салаире, кобальта в Туве, железа в Горной Шории и Минусинской котловине.

Северо-Западный и Центральный Китай. Металлогения этой обширной территории, охватывающей подавляющую часть КНР, включая Тибет и Монголию, в основном герцинская.

Характерны золото (в Синьцзяне, Монголии), вольфрам и олово (в Синьцзяне), полиметаллы (в Тибете).

Палеозойские металлогенические провинции Азии в целом очень богаты железом, хромом, медью, свинцом и

цинком, золотом, вольфрамом, молибденом, местами кобальтом, ураном, сурьмой и ртутью.

Забайкалье и северо-восток Азии. Металлогения в основном киммерийская. Здесь расположены богатейшие золоторудные (Колыма, Индигирка, Алдан, Восточное Забайкалье) и олово-вольфрамоворудные (Яна, Колыма, Чаун-Чукотка, Западное и Восточное Забайкалье) провинции СССР, имеющие мировое значение.

Юго-Восточная Азия. Металлогения киммерийская. Сюда относятся богатейшие в мире олово-вольфрамоворудные провинции Малайи, Южного Китая (провинции Цзяньси, Юннань и др.), Восточной Бирмы, Индонезии (острова Банка и Биллитон), ртутно-сурьмяные провинции Юго-Восточного Китая (Куэйчжоу и др.), а также провинции с Мо, В, U орудением.

Киммерийские металлогенические провинции Азии в целом исключительно богаты оловом, вольфрамом, сурьмой, ртутью, золотом, также молибденом.

Малая Азия (и остров Кипр), Закавказье, Иран, Афганистан. Металлогения в основном альпийская (частью киммерийская).

Главное значение имеют богатые хромитовые провинции Западной Анатолии, Курдистана и Белуджистана, колчеданные (медные и полиметаллические) провинции Турции и Закавказья, медно-молибденовые Зангезура и Карадага. Довольно типичны низкотемпературные месторождения ртути, сурьмы, мышьяка (реальгара и аурипигмента), золота, марганца.

Среди осадочных образований большое значение имеют месторождения марганца (Чиатура) олигоценового возраста, боксита, боратов, соли, нефти.

Индонезия, Филиппины, Тайвань, Новая Гвинея. Металлогения альпийская. Значительную роль играют золоторудные провинции Суматры, Новой Гвинеи, Филиппин, хромитоворудные провинции Филиппин. Широко развиты колчеданные месторождения меди, низкотемпературные месторождения ртути, сурьмы, марганца.

Из неметаллических полезных ископаемых характерна нефть (в Индонезии).

Япония, Камчатка. Металлогения в основном альпийская, хотя в Японии известны и более древние — палеозойские и киммерийские провинции, богатые медью и хромом.

Альпийская металлогения представлена колчеданными месторождениями меди, хромитом, низкотемпературными рудами золота и серебра, ртути, марганца, эксталяционными месторождениями самородной серы. На Камчатке открыты медно-молибденовые руды.

Сихотэ-Алинь и Чукотка. Это альпийские металлогенические провинции, богатые оловом, также золотом, местами ртутью, свинцом и цинком.

Такого же типа и возраста металлогения накладывается на более древние структуры в Восточном Забайкалье (Балей) и на Малом Хингане (Микояновское).

Альпийские металлогенические провинции Азии в целом очень богаты хромом, медью, молибденом, свинцом и цинком, местами золотом (в Средиземноморском поясе) и богаты оловом, золотом, медью, хромом (в Тихоокеанском поясе).

Для металлогении Азии в целом характерно исключительное богатство оловом, вольфрамом, сурьмой, хромом, медью, железом, марганцем, золотом. Ряд провинций очень богат платиной, молибденом, никелем, ураном, ртутью, кобальтом, свинцом и цинком, алмазами, нефтью.

А Ф Р И К А

Почти вся территория Африки представляет собой платформу, местами перекрытую более молодыми осадочными толщами; только северо-западная часть материка представлена складчатыми зонами — герцинской, примыкающей к платформе, и альпийской, охватывающей Северное Марокко, Алжир и Тунис. В пределах платформы расположены следующие крупнейшие мирового значения металлогенические провинции:

а) Медно-кобальт-урановая Бельгийского Конго и Северной Родезии.

б) Золото-урановая Витватерсранда.

в) Хромитово-платино-титаномагнетитовая Южно-Африканского Союза и Южной Родезии.

г) Марганцовые Постмасбурга и Ганы.

д) Пегматитовые (Sn, Nb) Нигерии и Намакваленда.

е) Алмазоносные провинции Бельгийского Конго, Южно-Африканского Союза, Ганы и др. (в пределах платформы, но в большинстве альпийского возраста).

Герцинская складчатая зона богата кобальтом, вольфрамом, молибденом.

Альпийская складчатая зона по характеру металлогении представляет аналог альпийской зоны Юго-Западной Европы; здесь широко развиты полиметаллические, сурьмяно-ртутные и железорудные месторождения.

В целом для металлогении Африки наиболее характерны провинции, богатые золотом, ураном, медью, кобальтом, железом, марганцем, платиной, алмазами.

А В С Т Р А Л И Я

Большая часть Австралии представляет древнюю платформу, на территории которой выделяются металлогенические провинции, очень богатые ураном (полуостров Арнхем), золотом (Кальгурли), железом, свинцом и цинком (Брохен-Хилл) редкометальными пегматитами (Пильбара).

Восточная Австралия представляет герцинскую складчатую зону с несколькими провинциями, богатыми золотом, вольфрамом и оловом, а Юго-Восточная Австралия и Тасмания представляют каледонскую складчатую зону, особенно богатую золотом (Бендиго, Балларат) и местами W, Sn, Pb и Zn, Cu.

Для металлогении Австралии в целом наиболее характерны металлогенические провинции золота, урана, редкометальных пегматитов, железа, свинца и цинка; меньшее значение имеют медь, олово, вольфрам.

Значительную часть этого материка составляет Канадская платформа, которая с севера и востока—юго-востока окаймляется складчатыми зонами каледонского и герцинского возраста, а с запада—киммерийского и альпийского возраста.

В пределах докембрийского щита выделяется несколько исключительно богатых металлогенических провинций:

а) железорудные Верхнего озера и Лабрадора с метаморфогенными месторождениями типа Кривого Рога,

б) золоторудные Поркьюпайн, Иеллоунайф, Хомстейк и др.,

в) медно-никелевая района Сёдбери,

г) медная района озера Мичиган,

д) урановые Большого Медвежьего озера, озера Атабаска, озера Гурон (последняя типа Витватерсранда,—уран с золотом),

е) редкометальных пегматитов Большого Невольничьего озера, Квебека, штата Южная Дакота и др.

В пределах Канадской платформы (ее южного продолжения—миссисипской плиты) находится крупнейшая свинцово-цинковая провинция мира, охватывающая рудные районы Тристейт, юго-восточный Миссури и ряд других; возраст этой провинции считается альпийским.

Металлогения палеозойских складчатых зон, окаймляющих Канадскую платформу, сравнительно небогата и представлена небольшими золоторудными полями и одним крупным полиметаллическим месторождением (Бухан на острове Нью-Фаундленд). Осадочные образования играют большую роль—крупные месторождения железных руд Клинтон и Вабана, огромные месторождения каменного угля и нефти в Аппалачах.

Киммерийские металлогенические провинции хорошо представлены на Аляске (золото, медь), Британской Колумбии (свинец и цинк, медь, золото), Калифорнии (золото, скарновые месторождения шеелита).

Очень большую роль играют альпийские металлогенические провинции Аляски (платина, ртуть, золото) и особенно западных штатов США (медь, молибден, свинец и цинк, золото и серебро, вольфрам, ртуть, уран), Мексики (свинец и цинк, медь, молибден, уран, ртуть, сурьма, серебро, золото) и Вест-Индии (хромит, медь). Северная и Центральная Америка в целом очень богата железом, золотом, серебром, ураном, медью, молибденом, свинцом и цинком, никелем; меньшее значение имеют ртуть, сурьма, вольфрам.

ЮЖНАЯ АМЕРИКА

Значительная часть материка занята Бразильской платформой, которая с запада окаймляется альпийской и, частично, киммерийской и герцинской складчатыми зонами.

В пределах платформы по своему богатству выделяют металлогенические провинции, богатые железом (Итабира, Серро-да Боливарес), марганцем, золотом (Морро-Вельо и Пассагем), редкометальными пегматитами (северо-восточные штаты), ураном, алмазами.

Герцинская провинция Северной Аргентины богата оловом, вольфрамом, золотом. Альпийские металлогенические провинции тянутся от Северной Венесуэлы на юг через Колумбию, Эквадор, Перу, Боливию и Чили до Огненной Земли. Они характеризуются богатством меди и молибдена, золота, серебра, ртути, сурьмы, а местами (в Боливии) олова и вольфрама.

В целом для металлогении Южной Америки характерны провинции, богатые железом, марганцем, золотом, ураном, медью и молибденом, оловом, вольфрамом, сурьмой, ртутью, серебром.

Ниже дается краткий перечень важнейших металлогенических провинций отдельных металлов по эпохам и континентам с указанием примерной доли их в мировой добыче.

Докембрийские провинции

Европа: Кирунавара и др. в Северной Швеции, Кривой Рог.

Азия: Сингбум, Мусан, Ангаро-Питский бассейн.

Африка: Трансвааль, Лиганга.

Австралия: Мурчисон, Айрон Ноб.

Северная Америка: Верхнее озеро, Лабрадор.

Южная Америка: Итабира, Серро-де-Боливарес.

Палеозойские провинции

Европа: Нормандия, Тюрингия, Богемия.

Азия: Урал, Центральный Казахстан, Кузнецкий Алатау.

Северная Америка: Клинтон, Вабана.

Мезокайнозойские провинции

Европа: Лотарингия, Зальцгиттер, Хоперское, Банат.

Азия: Филиппины, Аятское.

Африка: Риф, Уенца.

Северная и Центральная Америка: Куба.

Главная добыча железных руд (60%) падает на докембрийские провинции, около 10—15% на палеозойские и 25—30% на мезокайнозойские провинции.

По континентам добыча железных руд распределяется примерно следующим образом: Европа 35—40%, Азия 15—20%, Северная Америка 25—30%, Южная Америка 5%, Африка и Австралия по 5%. Эти цифры, однако, отражают не богатство континентов рудами железа, а главным образом степень освоения железорудных месторождений (наиболее высокая в Европе и Северной Америке). По запасам железных руд высокого качества наиболее богатыми континента-

ми являются Европа (Кривой Рог—КМА, Кируна, Лотарингия), Азия (Урал, Сингбум) и Южная Америка (Итабира).

М а р г а н е ц

Докембрийские провинции

Азия: Нагпур и Балагат.

Африка: Постмасбург и Нсута.

Южная Америка: Морро-да-Минас.

Палеозойские провинции

Азия: Центральный Казахстан, Кузнецкий Ала-тау, Ум-Богма.

Мезокайнозойские провинции

Европа: Никополь.

Азия: Чиатура, Мангышлак, Полуночное.

Африка: Имини и др. в Марокко.

Северная и Центральная Америка: Куба.

Главная добыча марганцевых руд (60—70%) падает на осадочные олигоценовые по возрасту провинции, а остальная добыча главным образом на марганцевые шляпы докембрийских месторождений. По континентам добыча марганцевых руд распределяется так: Европа более 40%, Азия 35—40%, Африка 10—15%, Южная Америка 10%. Богатейшими мировыми марганцевыми провинциями являются Никопольская и Чиатурская в СССР, Нагпур-Балагатская в Индии, Постмасбургская в Южно-Африканском Союзе.

Х р о м

Докембрийские провинции

Африка: Южная Родезия и Трансвааль.

Палеозойские провинции

Азия: Урал.

Мезокайнозойские провинции

Европа: Балканы.

Азия: Турция, Япония, Филиппины.

Северная и Центральная Америка: Куба.

Богатейшими хромитовыми провинциями мира являются Южный Урал, Южная Родезия и Трансвааль, Турция.

Н и к е л ь

Докембрийские провинции

Северная Америка: Сёдбери, Рустенбург.

Палеозойские провинции

Европа: Кольский полуостров (Печенга, Мончегорск).

Азия: Норильск, Южный Урал.

Мезокайнозойские провинции

Азия: Сулавеси (Целебес).

Австралия: Новая Каледония.

Северная и Центральная Америка: Куба.

Богатейшими никелевыми провинциями мира являются районы Сёдбери, Норильск, Печенга—Мончегорск, Куба.

К о б а л ь т

Докембрийские провинции

Африка: Северная Родезия и Бельгийское Конго, Килембе в Уганде.

Северная Америка: Кобальт и Саус-Лоррэн в Канаде.

Палеозойские провинции

Европа: Рудные горы, Южная Норвегия.

Азия: Тува, Боудвин (Бирма).

Африка: Бу-Азер (Марокко).

Мезокайнозойские провинции

Азия: Дашкесан, Сеймчан, Южный Китай.

Австралия: Новая Каледония.

Северная и Центральная Америка: Куба.

Богатейшие кобальтовые провинции мира Северная Родезия и Бельгийское Конго (Катанга).

М о л и б д е н

Докембрийские провинции

Европа: Матасваара, Кнабен и др. в Финляндии, Норвегии и Швеции.

Палеозойские провинции

Азия: Центральный Казахстан.

Африка: Азегур (Марокко).

Мезокайнозойские провинции

Европа: Балканы (в Югославии и Греции).

Азия: Зангезур (Армянская ССР), Карадаг (в Иране), Восточное Забайкалье, северо-восток СССР, Камчатка, Южный Китай.

Северная Америка: западные штаты США, Северная Мексика.

Южная Америка: Чили, Перу.

Богатейшими провинциями являются: западные штаты США, Зангезур, Чили, Центральный Казахстан.

В о л ь ф р а м

Палеозойские провинции

Европа: Португалия и Северо-Западная Испания, Рудные горы.

Азия: Средняя Азия, Центральный Казахстан.

Южная Америка: Северная Аргентина.

Мезокайнозойские провинции

Азия: Забайкалье, северо-восток СССР, Корея, ЮВ Китай, Бирма.

Северная Америка: западные штаты США.

Южная Америка: Боливия.

Богатейшими вольфрамовыми провинциями мира являются ЮВ Китай, Бирма, Боливия, Забайкалье.

О л о в о

Докембрийские провинции

Африка: Нигерия и Бельгийское Конго.

Палеозойские провинции

Европа: Корнуолл, Рудные горы.

Мезокайнозойские провинции

Азия: Восточное Забайкалье, Малый Хинган, Сихотэ-Алинь, Яна—Индибирка—Колыма, Юннань, Бирма, Таиланд, Малайя, Индонезия.

Южная Америка: Боливия, Северная Аргентина.

Богатейшие и наиболее продуктивные провинции: Юго-Восточная Азия (особенно Малайя, Индонезия, Южный Китай), Боливия, северо-восток Азии.

С у р ь м а и р т у т ь

Палеозойские провинции

Азия: Алайский пояс в Киргизии, Зеравшано-Гиссарский пояс в Таджикистане.

Мезокайнозойские провинции

Европа: Альмаден, Монте-Амиата, Идрия, Ава-ла, Костайник-Крупани, Никитовка.

Азия: Си-гуань-шань, Куэйчжоу.

Африка: Алжирская провинция.

Северная Америка: Боливия, Перу, Чили.

Богатейшими сурьмяными провинциями являются ЮВ Китай и Боливия, богатейшими ртутными—Южная Испания, Тоскана, ЮВ Китай.

М е д ь

Докембрийские провинции

Африка: Бельгийское Конго и Северная Родезия.

Северная Америка: Сёдбери и Мичиган.

Палеозойские провинции

Азия: Урал, Казахстан.

Мезокайнозойские провинции

Европа: Балканы.

Азия: Турция, Закавказье, Япония, Филиппины.

Северная Америка: западные штаты США, Мексика, Британская Колумбия.

Южная Америка: Чили, Перу.

Богатейшими медными провинциями мира являются: западные штаты США, Чили, Бельгийское Конго и Северная Родезия, Канада, Урал, Казахстан.

Свинец, цинк, серебро

Докембрийские провинции

Африка: Брокен-Хилл, Мпанда и др.

Австралия: Брокен-Хилл, Маунт-Айза и др.

Палеозойские провинции

Европа: Пиренейский полуостров, Сардиния, Рудные горы.

Азия: Центральный Казахстан, Каратау, Алтай, Средняя Азия, Тибет.

Мезокайнозойские провинции

Европа: Балканы, Польша, Германия, Садон (Северный Кавказ).

Азия: Восточное Забайкалье, Сихотэ-Алинь, Бирма, Южный Китай.

Африка: Алжирская и Тунисская провинции.

Северная Америка: Сулливан, западные штаты США, басс. Миссури—Миссисипи, Мексика.

Южная Америка: Перу, Чили.

Богатейшие мировые провинции Pb-Zn-Ag руд: Алтай, Центральный Казахстан, Британская Колумбия, западные штаты США, бассейн Миссури—Миссисипи, Мексика (последняя особенно богата серебром).

З о л о т о

Докембрийские провинции

Азия: Енисейский краж, бассейн р. Лены, Маньчжурия и Северная Корея, Южная Индия (Колар).

Африка: Витватерсранд, Гана, Бельгийское Конго и др.

Северная Америка: Поркьюпайн, Иеллоунайф, Хомстейк и др.

Южная Америка: Морро-Вельо, Пассагем и др.

Палеозойские провинции

Азия: Урал, СВ Казахстан, Салаир, Кузнецкий Алатау.

Австралия: Бендиго и Балларат.

Мезокайнозойские провинции

Европа: Карпаты.

Азия: Забайкалье, Колыма, Индигирка, Чукотка, Япония, Филиппины, Индонезия.

Австралия: Новая Зеландия, острова Фиджи.

Северная Америка: Аляска, Британская Колумбия, западные штаты США, Мексика, Никарагуа.

Южная Америка: Венесуэла, Колумбия, Перу, Чили.

Богатейшими золоторудными провинциями мира являются: Витватерсранд, область между Большим Невольничьим и Великими озерами в Канаде, северо-восток СССР, Восточное Забайкалье.

П л а т и н а

Докембрийские провинции

Африка: Рустенбург.

Северная Америка: Сёдбери.

Палеозойские провинции

Европа: Печенга, Мончегорск.

Азия: Урал (Средний и Северный), Норильск.

Мезокайнозойские провинции

Северная Америка: Аляска.

Южная Америка: Колумбия.

Богатейшие платиновые провинции мира: Рустенбург, Сёдбери, Урал.

У р а н

Докембрийские провинции

Азия: Индия.

Африка: Бельгийское Конго (Катанга), Витватерсранд.

Австралия: полуостров Арихем, Маунт-Айза.

Северная Америка: Большое Медвежье озеро, оз. Атабаска, Блайнд-Ривер.

Палеозойские провинции

Европа: Рудные горы, Корнуолл, северо-запад Пиренейского полуострова, Франция.

Азия: Средняя Азия.

Мезокайнозойские провинции

Азия: Бирма, Южный Китай, Вьетнам.

Северная Америка: западные штаты США, Северная и Центральная Мексика.

Богатейшие урановые провинции мира: Катанга, Витватерсранд, Блайнд-Ривер, северо-запад Канады, Рудные горы.

Т о р и й

Докембрийские провинции

Азия: Южная Индия (Траванкор), Корея.

Африка: Намакваленд, ЮЗ Африка.

Южная Америка: Северо-Восточная и Восточная Бразилия.

Палеозойские провинции

Азия: Средняя Азия.

Мезокайнозойские провинции

Северная Америка: западные штаты США.

Богатейшие ториевые провинции мира: Южная Индия и Бразилия.

Оценивая богатство отдельных континентов различными металлами, можно на основании изложенного выше отметить следующее:

Е в р о п а

Очень богата Fe, Mn, Hg, Al.

Богата Cu, Cr, Sb, Ni, U, Ti, Pb и Zn, As.

Второстепенное значение имеют Mo, W, Sn, Co, Bi, Ag, Au.

Почти отсутствуют Pt, Th.

А з и я

Очень богата Fe, Mn, Cr, Mo, W, Sn, Bi, As, Sb, Al, Cu, Pb-Zn, Au, Pt.

Богата Ni, Co, Hg, Ti, V.

Второстепенное значение имеют U, Th.

А ф р и к а

Очень богата Fe, Mn, Cr, Au, U, Co, Cu, Pt, Ni.

Богата Ti, Th, Pb-Zn, V, Sn, Nb.

Второстепенное значение имеют Sb, Al, Mo, W.

Почти отсутствуют Hg, Ag.

Австралия и Океания

Очень богата Fe, Au, U.

Богата Ti, V, Ni, Co, Pb-Zn, Cu.

Второстепенное значение имеют Mo, W, Sn, Bi, As.

Почти отсутствуют Mn, Cr, Sb, Hg, Pt.

Северная и Центральная Америка

Очень богата Fe, Ti, Ni, Mo, Cu, Pb-Zn-Ag, Au, U, V.

Богата Co, As, Sb, Hg, Al.

Второстепенное значение имеют Pt, Th, W.

Почти отсутствуют Mn, Cr, Sn.

Южная Америка

Очень богата Fe, Mn, Mo, W, Sn, Bi, Sb, Cu, Al, Au, Th.

Богата Hg, Pb-Zn-Ag, Pt, U.

Второстепенное значение имеют Ni, Co.

Почти отсутствует Cr.

Несомненно, специфические отличия материков, в отношении комплекса металлов и интенсивности их проявления, связаны со строением их и проявлением различных металлогенических эпох и различных этапов металлогенического развития.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основные выводы, вытекающие из проработанного фактического материала, могут быть изложены в виде следующих положений:

1. В пределах крупных структурных единиц земной коры и участков их имеет место закономерное распределение минеральных комплексов различных типов, смена их во времени и обособление в пространстве. Эта закономерность представляет не только общий научный интерес, но имеет также большое практическое значение в деле прогнозной оценки перспектив металлоносности крупных регионов и отдельных частей их.

2. Основная закономерность — взаимосвязь геологических процессов: осадконакопления, формирования структур, магматизма и минерализации.

В связи с этим специфика металлогении региона определяется рядом факторов: положением его в пределах крупных структур земной коры (платформы, складчатые зоны), проявлением и интенсивностью отдельных этапов развития структуры (тектоно-магматические комплексы), направлением развития, с обособлением в пространстве или наложением структурно-металлогенических зон. Внутри последних имеют также значение: глубинность магматических рудоносных комплексов, глубина эрозионного среза, литолого-стратиграфические особенности рудовмещающих толщ и, наконец, возраст структуры.

3. Металлогения платформ характеризуется своими особенностями и отлична от таковой подвижных складчатых зон. В развитии металлогении платформ можно выделить

два периода: докембрийский — формирования и консолидации щита и более поздний платформенного режима, с разломами и внедрением каледонских и более молодых (вплоть до альпийских) магматических масс различного состава. С первым периодом связаны очень крупные метаморфизованные месторождения Fe, Mn, Au, U, колчеданных руд, а также богатая серия пегматитов и гидротермальных месторождений Au, U, Sn, W, Mo, Co, Cu (в связи с гранитоидами докембрия), магматических месторождений Cr, Ti, Pt, Ni и Cu (в связи с основными и ультраосновными породами).

Со вторым периодом связаны крупные месторождения апатита, лопарита, карбонатитов, алмаза, реже U, Au, Hg, Pb и Zn, Ni и Cu.

4. В развитии металлогении складчатых зон выделяются четыре этапа:

Ранний — с широким развитием эффузивов, основных и ультраосновных пород. Характерны колчеданные месторождения, а также магматические Pt, Cr, Ti, Fe.

Средний — с умеренно-кислыми гранитоидами. Характерны скарновые месторождения Fe, Cu, W (шеелит), Mo, Pb и Zn и гидротермальные Cu и Mo, Pb и Zn, Au, Sb и Hg, реже U и Co.

Поздний — с кислыми гранитоидами. Характерны пегматиты и гидротермальные месторождения Sn, W, Mo, Au, Pb и Zn, Sb и Hg, U.

Конечный — с малыми интрузиями гранитоидов. Характерны гидротермальные низкотемпературные месторождения Au и Ag, Sb и Hg, As, W, U.

5. Выделяется два различных типа металлогенических провинций подвижных складчатых зон: а) с господством раннего и среднего (нередко также конечного) этапов и б) с господством позднего (иногда также конечного) этапов развития.

Очень часто развитие подвижной зоны вообще не проходит позднего этапа, а ряд регионов, наоборот, в основном формируется в поздний этап, не пройдя предварительно раннего и среднего. Локальное развитие металлогении позднего этапа приводит к предположению о проявлении ее в

особых тектонических условиях, в зонах интенсивных напряжений и прогибания (с переплавлением сиалической оболочки), возникающих только в некоторых регионах и далеко не во все периоды.

6. Возникновение в пределах платформ и подвижных складчатых зон металлогенических провинций связано с наличием трех, по крайней мере, типов металлоносных магматических очагов, которые формируются в различных зонах земной коры и изначально обогащены определенными металлами. Эти магматические комплексы следующие:

а) ультраосновной-основной, обогащенный Cr, Fe, Ni, Ti, Pt, Pd (Cu, Co, V),

б) умеренно-кислый, обогащенный Fe, Cu, Mo, Au, Pb, Zn, Sb, Hg, Ag, отчасти W (шеелит), U,

в) кислый, обогащенный Sn, W, Mo, Pb, Zn, Au, Sb, Hg, U, Th, Be, Li, Ta, Nb.

Нельзя отрицать значения ассимиляции магмой, одного из этих комплексов, других пород и некоторое обогащение в связи с этим нетипичными для магмы данного комплекса металлами; несомненно также влияние, которое оказывает ассимиляция (особенно карбонатных пород) на вынос из магмы отдельных элементов. Наконец, весьма вероятна и роль выщелачивания металлов из боковых пород рудоносными растворами по путям их циркуляции — все это, однако, не имеет решающего значения и только усложняет основную линию развития процессов минерализации.

Выделенные магматические комплексы закономерно сменяют друг друга в различные этапы развития структур и вместе с соответствующим рудным комплексом обособляются пространственно, образуя структурно-металлогенические зоны и провинции.

7. Общие принципы, развитые в работе так же как и приведенный довольно обширный фактический материал по металлогении отдельных территорий, могут помочь в дальнейшей разработке основ металлогении, как науки, изучающей закономерности распределения месторождений в связи с общим ходом геологического развития отдельных частей земной коры.

Մշակված փաստական նյութից բխող հիմնական եզրակացությունները կարող են շարադրվել հետևյալ կերպ.

1. Երկրի կեղևի խոշոր ստրուկտուրային միավորների և նրանց մասերի շրջանում տեղի ունի տարբեր տիպի միներալային կոմպոնենտների օրինաչափ տեղաբաշխում, փոփոխում ժամանակի ընթացքում և առանձնացում տարածություն մեջ: Այդ օրինաչափությունը ներկայացնում է ոչ միայն ընդհանուր գիտական հետաքրքրություն, այլ ունի նաև գործնական մեծ նշանակություն խոշոր ռեգիոնների և նրանց առանձին մասերի մետաղաբերություն հանակարների գնահատման գործում:

2. Հիմնական օրինաչափությունը՝ նստվածքակուտակման, ստրուկտուրաների ձևավորման, մագմատիկմի և հանքանյութային պրոցեսների փոխադարձ կապն է:

Դրա հետ կապված ռեգիոնների մետալոգենիայի առանձնահատկությունը պայմանավորված է մի շարք գործոններով. երկրի կեղևի խոշոր ստրուկտուրաներում՝ վահաններում կամ ծալքավոր զոնաներում նրանց զբաղված զիրքով, ստրուկտուրաների զարգացման առանձին էտապների ինտենսիվությունը, զարգացման ուղիությունը, տարածություն մեջ ստրուկտուր-մետալոգենիական զոնաների առանձնացմամբ կամ վերադրմամբ: Վերջիններիս ներսում նշանակություն ունեն նաև մագմատիկական հանքաքեր կոմպլեքսների առաջացման և էրոզիոն կտրվածքի խորությունը, հանքատար հաստվածքների լիթոլոգո-ստրատիգրաֆիական առանձնահատկությունները և, վերջապես, ստրուկտուրայի հասակը:

3. Վահան-պլատֆորմների մետալոգենիան բնութագրվում է իր առանձնահատկություններով և տարբերվում է շարժուն ծալքավոր զոնաների մետալոգենիայից: Վահանների մետալոգենիայի զարգացման մեջ կարելի է անշատել երկու շրջան. մինչ քամբրյան-վահանների ձևավորման և ավելի ուշ-պլատֆորմային ռեժիմի շրջան, խզումներով և կալեդոնյան ու ավելի երիտասարդ (ընդհուպ մինչև ալպիական) տարբեր կազմի մագմատիկական մասսաների ներդրմամբ: Առաջին շրջանի հետ կապված են շատ խոշոր, մետամորֆիզացված Fe, Mn, Au, U, կոլչեդանային հանքանյութերի, ինչպես նաև պեղմատիտների և Au, U, Sn, W, Mo, Co, Cu հիդրոթերմալ հանքավայրերի հարուստ սերիա (կապված մինչ քամբրի հասակի զբանդոտիզների հետ) և Cr, Ti, Pt, Ni և Cu

մագմատիկական հանքավայրեր (կապված հիմքային և ուլտրահիմքային ապարների հետ): Երկրորդ շրջանի հետ կապված են ապատիտի, լոպարիտի, կարբոնատիտների, ալմաստի, հազվագեպ U, Au, Hg, Pb ու Zn, Ni ու Cu խոշոր հանքավայրեր:

4. Ծալքավոր զոնաների մետալոգենիայի մեջ առանձնացվում են չորս էտապներ:

Վաղ—հիմքային և ուլտրահիմքային ապարների ու էֆֆուզիվների լայն տարածմամբ: Բնորոշ են կոլչեդանային, ինչպես նաև մագմատիկական Pt, Cr, Ti, Fe հանքավայրեր:

Միջին—չափավոր թթվության գրանիտոիդներով: Բնորոշ են Fe, Cu, W (շեելիտ), Mo, Pb ու ցինկի սկառնային, ինչպես նաև Cu ու Mo, Pb ու Zn, Au, Sb ու Hg հազվագեպ U ու Co հիդրոթերմալ հանքավայրեր:

Ուշ—թթու գրանիտոիդներով: Բնորոշ են պեգմատիտները և Sn, W, Mo, Au, Pb ու Zn, Sb ու Hg, U հիդրոթերմալ հանքավայրեր:

Վերջնական էտապ—գրանիտոիդների փոքր ինտրուզիաներով: Բնորոշ են Au ու Ag, Sb և Hg, As, W, U ցածր ջերմաստիճանային հիդրոթերմալ հանքավայրեր:

5. Առանձնացվում է մետալոգենիական պրովինցիաների ու շարժուն ծալքավոր զոնաների երկու տարբեր տիպեր. ա) զարգացման վաղ և միջին (ոչ հազվագեպ նաև վերջնական) էտապների գերակշռությամբ և բ) զարգացման ուշ (երբեմն նաև վերջնական) էտապների գերակշռությամբ: Շատ հաճախ շարժուն զոնան զարգացման ուշ էտապ չի անցնում, իսկ մի շարք ռեգիոններ, ընդհանրապես, հիմնականում ձևավորվում են ուշ էտապում, նախապես չանցնելով վաղ և միջին էտապները: Ուշ էտապի մետալոգենիայի սահմանափակ տարածումը հանգեցնում է այն ենթադրություններ, որ նա առաջ է եկել տեկտոնական լուրահատուկ պայմաններում, ինտենսիվ լարվածությամբ և ճկումների զոնաներում (սիալիկ պատյանի վերահալման հետ) միայն մի քանի ռեգիոններում և ամենաինչև ոչ բոլոր ժամանակաշրջաններում:

6. Վահանների և շարժուն ծալքավոր զոնաների սահմաններում մետալոգենիական պրովինցիաների հանդես գալը կապված է գոյություն ունեցող առնվազն երեք տիպի մետաղաբեր մագմատիկ օջախների հետ, որոնք ձևավորվում են երկրի կեղևի տարբեր զոնաներում և սկզբնորեն հարստացած են որոշ մետաղներով:

Այդ մագմատիկ կոմպլեքսները հետևյալներն են.

ա) Ուտրահիմքային-հիմքային (հալանաբար ժառանգված հին պլատֆորմներից) հարստացված՝ Cr, Fe, Ni, Ti, Pt, Pd, (Cu, Co, V).

բ) Միջին թթվություն (հիմքային մագմայի գրանիտոիդային դիֆերենցիատներ), հարստացված՝ Fe, Cu, Mo, Au, Pb, Zn, Sb, Hg, Ag, մասամբ W (շեկիտ), U.

գ) Թթու (ինքնուրույն գրանիտներ), հարստացված՝ Sn, W, Mo, Pb, Zn, Au, Sb, Hg, U, Th, Be, Li, Ta, Nb: Ձի կարելի ժխտել, որ մագմատիկ կոմպլեքսները կարող են ասիմիլյացիայի ենթարկել տարբեր ապարներ և ալգաիտով հարստանալ աֆսիլիտ մետաղներով, որոնք բնորոշ չեն տվյալ մագմատիկ կոմպլեքսի համար:

Ձի կարելի անտեսել նաև այն, որ ասիմիլյացիան և, հատկապես, կարբոնատային ապարների ասիմիլյացիան, իր ազդեցությունն է ունենում մագմայից առանձին էլեմենտների անջատման և դուրս բերման վրա:

Վերջապես, միանգամայն հավանական է նաև, որ կողային ապարների հաշվին հանքաքեր լուծույթները շրջանառության ընթացքում հարստանում են տարբեր մետաղներով:

Այս ամենը, համենայն դեպս, մճռական նշանակություն չունեն և միայն բարդացնում են միներալիզացիոն պրոցեսի զարգացման հիմնական գիծը: Անշատված մագմատիկ կոմպլեքսները ստորուկտուրային զարգացման տարբեր էտապներում օրինաչափորեն փոխարինում են մեկը մյուսին և համապատասխան հանքային կոմպլեքսների հետ տալիս են տարածականորեն առանձնացված ստորուկտուր-մետալոգենիական զոնաներ ու պրովինցիաներ:

7. Աշխատության մեջ զարգացրած բնդհանուր տեսակետները, ինչպես նաև տերիտորիաների մետալոգենիայի վերաբերյալ բերված բավական ընդարձակ փաստացի նյութերը կարող են օգնել մետալոգենիայի հիմունքների, որպես գիտություն, հետագա զարգացմանը, գիտություն, որը ուսումնասիրում է հանքավայրերի տեղաբաշխման օրինաչափությունները երկրի կեղևի տարբեր մասերում բնդհանուր երկրաբանական զարգացման ընթացքի հետ կապված:

S U M M A R Y

The basic conclusions that have resulted from the investigated virtual material are set forth in the following items.

1. In the limits of large structural units of the earth crust,

the regular distribution of mineral complexes of different types, its change in time and separation in space takes place.

This regularity represents not only general scientific interest but has also a great practical significance in the prognose of metallization perspective of large regions and their separate parts.

2. The main regularity is the established interrelation of geological processes: sedimentation, formation of structures, magmatism and mineralization.

In this connection the specific character of metallogeny of the region is determined by a series of factors: its position in the limits of large structures of the earth crust (platforms or folded zones), the manifestation and intensivity of separate stages of development of structures (tectonic-magmatic complexes), the direction of development, with separation in space or superimposing of structural-metallogenic zones. For the latter the following factors are also of significance: the depth of formation of magmatic ore-bearing complexes, the depth of the erosion shear, the lithological—stratigraphical peculiarities of ore containing rocks and, finally, the age of the structure.

3. The metallogeny of the platform is characterised by its special features and differs from the metallogeny of mobile folded zones. Two periods may be distinguished for the development of the metallogeny of platforms: the Pre-Cambrian period of formation and shield consolidation and the later period of the platform regime, with fractures and intrusions of Caledonian and younger (down to Alpine) magmatic masses of different composition. Very large Fe, Mn, Au, U metamorphosed deposits, copper-ferrous pyrite ores and also a rich series of pegmatites and hydrothermal deposits of Au, U, Sn, W, Mo, Co, Cu (in connection with granitoids of Pre-Cambrian period), magmatic deposits of Cr, Ti, Pt, Ni and Cu (in connection with basic and ultrabasic rocks) are typical for the first period.

Large deposits of apatite, loparite, carbonatites, diamond and rarer U, Au, Hg, Pb and Zn, Ni and Cu are typical for the second period.

4. In the development of metallogeny of folded zones four stages may be distinguished:

Early—wide development of effusives, basic and ultrabasic rocks. Copper-ferrous pyrite deposits and also magmatic Pt, Cr, Ti, Fe ores are typical.

Middle—with moderate-acid granitoids, skarn deposits of Fe, Cu, W (scheelite), Mo, Pb and Zn and hydrothermals Cu and Mo, Pb and Zn, Au, Sb and Hg, rarer U and Co deposits are typical.

Late—with acid granitoids. Pegmatites and hydrothermal Sn, W, Mo, Au, Pb and Zn, Sb and Hg, U deposits are typical.

Final—with small intrusions of granitoids and partially alkaline intrusions. Hydrothermal low temperature Au and Ag, Sb and Hg, As, W, U deposits are typical.

5. Two different types of metallogenic provinces of the mobile folded zones outstand:

a) provinces with predominance of early and middle (often also final) stages and

b) with predominance of late (sometimes also final) stages of development.

The development of the mobile zones very often does not pass the late period, while some regions, on the contrary, are formed in the late period on the whole, without preliminarily going through the early and middle periods. It may be assumed that the local development of metallogeny of the late period takes place in specific tectonic conditions in zones of intensive stress and deflection (with the remelting of the sialic sheaths), originating only in some regions and certainly not in all periods.

6. The formation of metallogenic provinces in the limits of platforms and mobile folded zones is connected with the presence of, at least, three types of metalliferous magmatic seats that are formed in various zones of the earth crust and are primordially enriched with definite metals. These magmatic complexes are the following:

a) Ultrabasic-basic, probably have been inherited from ancient platforms; they have been enriched by Cr, Fe, Ni, Ti, Pt, Pd (Cu, Co, V).

b) Moderate-acid (granitoid derivations of basic magmas)

enriched by Fe, Cu, Mo, Au, Pb, Zn, Sb, Hg, Ag, partially W (scheelite), U.

c) Acid „original“ granites enriched by Sn, W, Mo, Pb, Zn, Au, Sb, Hg, U, Th, Be, Li, Ta, Nb.

The assimilation of neighbouring rocks may take place by the magma of one of the three above mentioned complexes; in this connection the enrichment of magma by metals which are not typical for the given complex should not be neglected. Undoubtedly the influence of assimilation (especially carbonate rocks) on the loss of certain elements of magma also play a certain role. Finally, the role of leaching of metals from side rocks along the way circulation of ore-bearing solutions is possible—all this, however, has not a decisive significance but only complicates the principal line of mineralization development.

The distinguished magmatic complexes regularly shift one another in various periods of development of structures and together with corresponding ore complexes separate in space, forming structural-metallogenetic zones and regions.

7. The general principles which have been developed in the paper, as well as the presentation of an extensive virtual material on the metallogeny of separate territories, may help to develop further the fundamentals of metallogeny, as a science, dealing with the regularities of distribution of deposits according to the general tendency of geological development of separate parts of the earth crust.

Л И Т Е Р А Т У Р А

- Абдуллаев Х. М. Генетическая связь оруденения с гранитоидными интрузиями. Госгеолтехиздат, 1954.
- Абдуллаев Х. М. Магматизм и связанные с ним металлогенические процессы в Средней Азии. Матер. к II Всесоюзному петрографическому совещанию. Ташкент, 1958.
- Амирасланов А. А. Основные типы месторождений свинца и цинка. Госгеолтехиздат, 1957.
- Архангельский А. Д. Геологическое строение и геологическая история СССР. 1947—1948 гг.
- Афанасьев Г. Д. О некоторых вопросах петрографии в связи с металлогеническими обобщениями. „Известия“ АН СССР, серия геол., № 4, 1950.
- Афанасьев Г. Д. Геология магматических комплексов Сев. Кавказа и основные черты связанной с ними минерализации. Труды института геологии рудных месторождений, петр., минер. и геохим., вып. 20, 1958.
- Бардин И. П. (редактор) Железородная база черной металлургии СССР АН СССР, 1957.
- Белькова Л. Н., Огнев В. Н. и Семенов А. И. Две гипотезы о генезисе полиметаллического оруденения на Алтае. „Известия“ АН СССР, сер. геол., № 1, 1954.
- Бетехтин А. Г., Татаринцов П. М. и др. Курс месторождений полезных ископаемых, 2-е изд. Гостоптехиздат, 1946.
- Билибин Ю. А. О роли батолитов в золотом оруденении. „Доклады“ АН СССР, т. 1, 1945.
- Билибин Ю. А. Общие принципы металлогенических исследований. „Известия“ АН СССР, № 5, 1947.
- Билибин Ю. А. О некоторых чертах металлогении золота. Зап. ВМО, ч. 76, № 1, 1947.
- Билибин Ю. А. Вопросы металлогенической эволюции геосинклинальных зон. „Известия“ АН СССР, сер. геол., № 4, 1948.
- Билибин Ю. А. Металлогенические провинции и металлогенические эпохи. Госгеолтехиздат, 1955.
- Болдырев А. К. Мировые месторождения золота. Материалы по геологии и полезным ископаемым СБ СССР, вып. II, 1946.

- Бобриневич А. П., Бондаренко М. Н. и др. Алмазы Сибири. Госгеолтехиздат, 1957.
- Борукаев Р. А. Некоторые закономерности металлогении допалеозоя и нижнего палеозоя северо-востока Центр. Казахстана. „Известия“ АН Казахской ССР, серия геол., № 20, 1955.
- Виноградов А. П. Закономерности распределения химических элементов в земной коре. МГУ, 1955.
- Власов Г. М. Новые данные по геологии Камчатки и перспективы ее рудоносности. „Сов. Геология“, № 5, 1958.
- Власов К. А. Факторы образования различных типов редкометалльных гранитных пегматитов. „Известия“ АН СССР, № 1, 1955.
- Вольфсон Ф. И. Основные черты металлогении Западного Тянь-Шаня. „Известия“ АН СССР, сер. геол., № 2, 1942.
- Высоцкий Н. К. Платина и районы ее добычи. Изд. КЕПС, части, 1—5, АН СССР, 1923—1933.
- Вопросы геологии Азии, тт. I, II, 1954, 1955.
- Геология Советской Арктики. Тр. Н-И. ин-та геол. Арктики, т. 81, 1957.
- Геология и рудные месторождения Центрального Кавказа. АН СССР, 1948.
- Горжевский Д. И., Козеренко В. Н. О закономерностях размещения полиметаллических и редкометалльных зон и поясов (на примерах Алтая, Вост. Казахстана и Забайкалья). Геол. сб. Львовского геол. о-ва при ун-в. им. Ив. Франко, 2—3, 1956.
- Захаров Е. Е. Металлогенический очерк Урала. Тр. Геол. ин-та СССР, вып. 3, 1938.
- Ирдли А. Структурная геология С. Америки. Издат. иностр. литер., 1954.
- Карпова Е. Д. Металлогеническое районирование Тянь-Шаня и Памира. „Сов. Геология“, № 8, 1959.
- Кассин Н. Г. Металлогенические циклы Казахстана. „Проблемы советской геологии“, № 2, 1935.
- Каэн Л. Геология Конго. Изд. иностр. литер., 1958.
- Королев А. В. Условия локализации месторождений Средней Азии и методы их изучения. Труды Среднеазиатского индустр. ин-та, вып. 3, 1949.
- Косыгин Ю. А. Схема тектоники земного шара. Акад. нефт. пром. Труды, вып. II, 1955.
- Косыгин Ю. А. Тектоника территории СССР. „Природа“, № 9, 1955.
- Котляр В. Н. О магматических комплексах и оруденении. „Советская геология“, № 43, 1955.
- Кришнан М. С. Геология Индии и Бирмы. Изд. иностр. литер., 1954.
- Кропоткин П. Н. Современные геофизические данные о строении Земли и проблема происхождения базальтовой и гранитной магмы. „Известия“ АН СССР, серия геол., № 1, 1953.
- Кропоткин П. Н. К вопросу о поясовой зональности оруденения в древних складчатых областях. „Советская геология“, № 43, 1955.

- Кузнецов Ю. А. К проблеме происхождения магматических пород. „Известия“ АН СССР, сер. геол.; № 1, 1953.
- Кухаренко А. А. Палеозойский комплекс ультраосновных и щелочных пород Кольского полуострова и связанные с ним редкометалльные месторождения. Зап. ВМО, ч. 87, № 3, 1958.
- Левицкий О. Д. Исследования по металлогении Востока СССР. Тр. ИГН АН СССР, 1945.
- Литвин А. Л., Матвеев В. Т. О молибденовом оруденении северо-востока СССР, ВНИИ-1, вып. 34, Магадан, 1958.
- Магакьян И. Г. Главные промышленные семейства и типы руд. Зап. Всес. минер. общ., ч. 79, № 4, 1950.
- Магакьян И. Г. О металлогенической специализации в некоторых типах тектоно-магматических комплексов. Зап. ВМО, ч. 81, № 3, 1952.
- Магакьян И. Г. Рудные месторождения. Госгеолтехиздат, 1955.
- Магакьян И. Г., Мкртчян С. С. Взаимосвязь структуры, магматизма и металлогении на примере Малого Кавказа. „Известия“ АН АрмССР, серия геол., № 4, 1957.
- Магакьян И. Г. Металлогеническая карта мира. ДАН АрмССР, № 3, 1958.
- Мазарович А. Н. Основы региональной геологии материков., ч. I, II. 1951—1952 гг.
- Малышев И. И. Закономерности образования и размещения месторождений титановых руд, 1957.
- Материалы по геологии и металлогении рудного Алтая. Тр. Всес. аэрогеол. треста, вып. 3, 1957.
- Материалы совещания геологов В. Сибири и Дальнего Востока по методике геолого-съёмочных и поисковых работ. Чита, 1956.
- Материалы научной сессии по металлогеническим и прогнозным картам. Алма-Ата, 1958.
- Минеральные ресурсы зарубежных стран. Серия выпусков (1—20) 1945—1956 гг.
- Мкртчян С. С. Зангезурская рудоносная область. Изд. АН АрмССР, 1958.
- Обручев В. А. Рудные месторождения. Часть описательная, ОНТИ, 1935.
- Обручев В. А. Геология Сибири, тт. I, II, III, изд. АН СССР, 1935—1933.
- Общие принципы регионального металлогенического анализа и методика составления металлогенических карт для складчатых областей. Материалы ВНИГИ (ВСЕГЕИ), нов. серия, вып. 22. Общая сер., Госгеолтехиздат, 1957.
- Овчинников Л. Н. К вопросу определения абсолютного возраста рудных месторождений Урала. Геохимия, № 6, 1958.
- Ополев А. Ф., Антонов А. Н. Ресурсы урана в капиталистических странах. „Разведка и охрана недр“, № 3, 1959.

- Пейве А. В. Связь осадконакопления, складчатости, магматизма и минеральных месторождений с глубинными разломами. „Известия“ АН СССР, серия геол., № 3, 1956.
- Половинкина Ю. Н. Стратиграфия, магматизм и тектоника УССР. Труды лабор. докембрия, вып. 2, 1953.
- Проблемы рудных месторождений. Сборник статей, перевод с англ., под редакцией Г. А. Соколова, Издат. И. Л., 1958.
- Пушаровский Ю. М. О тектонике северо-востока СССР. Бюлл. МОИП, отд. геол., т. XXXI (5), 1956.
- Радкевич Е. А. Металлогенические зоны Приморья и особенности их развития. Тр. Ин-та геол. рудных м-ний, петр., минер. и геох., вып. 3, 1956.
- Родионов С. П. Закономерности размещения железорудных формаций в докембрии УССР. „Известия“ АН СССР, сер. геол., № 2, 1954.
- Рудные регенерированные месторождения. Сб. статей, Изд. И. Л., 1957.
- Сатпаев К. И. Главные закономерности пространственного размещения зон эндогенного оруденения в Центр. Казахстане. „Советская Геология“, № 58, 1957.
- Семененко Н. П. Геохронология докембрия в абсолютном летоисчислении. „Известия“ АН СССР, серия геол., № 5, 1959.
- Семенов А. И. Принципы и методика составления металлогенической карты Вост. Казахстана „Советская геология“, № 58, 1957.
- Серпухов В. И. Общие принципы регионального металлогенического анализа. „Советская геология“, № 43, 1955.
- Смирнов В. И. Рудные пояса (вопросы теоретической и прикладной геологии). Сб. МГРИ, 1, 1947.
- Смирнов В. И. Геологические основы поисков и разведки рудных месторождений. Издат. МГУ, 1954.
- Смирнов С. С. Очерк металлогении Вост. Забайкалья. Госгеолиздат, 1944.
- Смирнов С. С. О Тихоокеанском рудном поясе. „Известия“ АН СССР сер. геол., № 2, 1946.
- Смирнов С. С. и др. Минералогический очерк Яна-Адычанского района. Тр. ИГН АН СССР, вып. 46, минер. серия, 1941.
- Соболев В. С. Геология месторождений алмазов Африки, Австралии, острова Борнео и Северной Америки. Госгеолиздат, 1951.
- Совещание по металлогении Западного Забайкалья (тезисы докладов), 1956.
- Старицкий Ю. Г. Некоторые особенности магматизма и металлогении платформенных областей. Сборник—Закономерности размещения полезных ископаемых, т. 1, 1958.
- Страхов Н. М. Железорудные фации и их аналоги в истории земли. Тр. ИГН АН СССР, сер. геол., вып. 73, 1947.
- Страхов Н. М. Основы исторической геологии. тт. I, II, 1948.

- Татаринов П. М. Условия образования месторождений рудных и нерудных полезных ископаемых. Госгеолиздат, 1955.
- Твалчрелидзе Г. А. Основные черты эндогенной металлогении Грузии. Госгеолтехиздат, 1958.
- Трофимов В. С. Алмазоносная провинция в Сибири. „Природа“, № 7, 1957.
- Тугаринов А. И. Эпохи минералообразования в докембрии. „Известия“ АН СССР, сер. геол., № 9, 1956.
- Устиев Е. К. Охотский тектоно-магматический пояс и некоторые, связанные с ним проблемы. „Сов. Геология“, № 3, 1959.
- Хаин В. Е. Геотектонические основы поисков нефти, 1954.
- Харкевич Д. С. О содержании и построении курса „Металлогенические провинции“, Ученые зап. Кишинев. гос. унив., геол. сб., т. XXV, 1957.
- Хуан-Бо-Цинь. Основные черты тектонического строения Китая. Издат. И. Л., 1952.
- Чайковский В. С. Новые данные о Тихоокеанском поясе. „Советская геология“, № 50, 1956.
- Шатский Н. С. О марганценосных формациях и о металлогении марганца. Статья 1. „Известия“ АН СССР, сер. геол., № 4, 1954.
- Шатский Н. С. Тектоническая карта СССР и сопредельных стран в масшт. 1:5000000. Объяснительная записка, 1957.
- Шейнман Ю. М. Некоторые геологические особенности ультраосновных и ультращелочных магматических образований на платформах. Зап. ВМО, ч. 84, № 5, 1955.
- Шейнман Ю. М. Заметки к классификации структур материков. „Известия“ АН СССР, серия геол., № 3, 1955.
- Щербаков Д. И. Высокотемпературные рудные формации Центрального Кавказа. Сборн., посвященный акад. А. Е. Ферсману, АН СССР, 1946.
- Щербаков Д. И. Принципы и методика составления металлогенической карты. „Советская геология“, № 5, 1945.
- Якжин А. А. Особенности металлогении золото-молибден-турмалинового пояса Забайкалья. „Советская геология“, № 50, 1956.
- Якжин А. А. Геолого-структурное положение металлогенических провинций Забайкалья и южной части Дальнего Востока. Тр. МГРИ, т. 28, 1955.
- Ahlfeld F. Zoning in the Bolivian Tin Belt. Econ. Geol. v. 36, № 6, 1941.
- Ahlfeld F. Die Metallprovinz des Altiplano (Bolivien). Neues Jahrb. Min. Abh. 85, 1952.
- Bateman A. Economic Deposits. New-York—London, 1942.
- Bemmelen van R. W. Geology of Indonesia. Pt. I, II, Hague, 1949.
- Blondel F. et Ventura E. Structure de la distribution des produits minéraux dans le monde. Ann. des mines, № 11, 1956.

- Brown J. Coggin, Dey A. K. India's mineral wealth. London, Oxford Univ. Press, 1955.
- Cissarz A. Lagerstätten und Lagerstättenbildung in Jugoslawien in ihren Beziehungen zu Vulkanismus und Geotektonik. Beograd, 1956.
- Clifford A. Rare metals handbook, 1956.
- Cooke H. C. The Canadian Shield. Geology and economic minerals of Canada, Geol. Surv. Canada, 1947.
- De Launay. Richesses minerales de l'Asie, Paris, 1911.
- Du Toit A. The Geology of South Africa, 1954.
- Emmons W. H. The Principles of Economic Geology. New-York—London, 1940.
- Frank S. Simons and Eduardo Mapes V. Geology and Ore Deposits of the Zimapan Mining District, State of Hidalgo Mexico. Geol. Surv. prof. Pap. 284, 1956.
- Geological map of Japan, scale 1:300,000 Geol. Surv. of Japan, 1953.
- Géologie des gites minéraux marocains (zone française du Maroc) Rabat, 1952. XIX Congrès géologique International. Maroc, № 1.
- Galkiewicz Tadeusz Geneza slasko-krakowskich złóż cynkowo-olowiowych w ujęciu K. Keila. Przegląd geologiczny, № 7 (52), 1957.
- Gill I. E. The Canadian Precambrian Shield. Structural geology of Canadian ore deposits, Can. Inst. Min. Met., 1948.
- Goldschmidt V. M. Geochemistry, 1954.
- Helke A. Beobachtungen an türkischen Minerallagerstätten. Neues Yb. Mineral. B1. 88, H. 1, 2, 1955.
- Hewett D. F. Geology and Mineral Resources of the Ivanpah Quadrangle California and Nevada. Geol. Surv. prof. pap. 275, 1956.
- Hills E. Sch. The Metalliferous geochemical zones of Australia, Econ. Geol. v. 42, № 5, 1947.
- Hsieh C. Y. The role of volcanic and volcano-sedimentary processes in the formation of certain mineral deposits of China. Acta geologica Sinica, vol. 36, № 4, 1956.
- Johnston W. D. Beryl-Tantalite Pegmatites of North-Eastern Brasil. Bull. of the Geol. Soc. of Amer. v. 56, № 11, 1945.
- Kostov Y. Metallization of the Balkan Peninsula. The Min. Mag. v. LXVIII, № 5, 1943.
- Lincoln R. Page, Hobert E. Stocking and Harriet B. Smith. (Compiled by them) Contributions to the Geology of Uranium and Thorium by the United States Geological Survey and Atomic Energy Commission for the United Nations International Conference on Peaceful Uses of Atomic Energy, Geneva, Switzerland 1955. Geol. Surv. prof. pap. 300, 1956.
- Miller E. W. Mineral Resources of Indochina. Econ. Geography, v. 22, № 4, 1946.
- Newhouse W. H. Ore Deposits as related to structural features, 1942.
- Petraschek W. u W. E. Lagerstättenlehre. Wien, 1950.

- Ramdohr P. Neue Beobachtungen an Erzen des Witwatersrands in Südafrika und ihre genetische Bedeutung. Abhandl. der deutsch. Akad. der Wissen. zu Berlin. Klasse für Mathem. und allgemeine Naturwissen. Jahrg 1954, № 5, Akad.-verl.-Berlin, 1955.
- Rankama K. and Sahama Th. G. Geochemistry, 1949.
- Reed F. R. C. Geology of British Empire, London, 1947.
- Schneiderhöhn H. Lehrbuch der Erzlagerstättenkunde. B. I, 1941.
- Schneiderhöhn H. Erzlagerstätten. Kurzvorlesungen zur Einführung und zur Wiederholung, 1955.
- Schröcke H. Über Alkaligesteine und deren Lagerstätten. Neues Jahrb. für Miner. H. 8, 1955.
- Schumacher F. The Ore Deposits of Yugoslavia and the Development of its Mining industry. Econ. Geol. v. 49. № 5, 1954.
- Structural geology of Canadian ore Deposits. M. E. Wilson, editor; Canad. inst. of min. and met. Montreal, 1948.
- Symposium sur les gisements de fer du monde. Alger, 1952, t. I, II, Atlas. XIXe Congrès géologique International.
- Thiébaud L. Recherche et étude économique des gîtes métallifères. Paris, 1952.
- Turneaure F. S. Metallogenetic provinces and epochs, Econ. Geol., Fiftieth Anniversary Volume, 1905—1955, pt 1, 1955.
- Wadia D. N. Geology of India. London, 1944.

ОГЛАВЛЕНИЕ

<i>I. Основные вопросы металлогении</i>	5
1. Понятие о металлогенических провинциях и эпохах, попытки объяснения причин их возникновения	6
2. Мировая карта (на тектонической основе) месторождений полезных ископаемых. Взаимосвязь структуры, магматизма и металлогении	12
3. Схема развития эндогенной минерализации щитов и подвижных складчатых зон	14
а. Общие положения	—
б. Схема развития металлогении платформ	17
в. Схема развития эндогенных минеральных комплексов подвижных зон	18
г. Поправки к схеме Ю. А. Билибина и наши представления	23
4. Факторы, определяющие специфику металлогении региона	28
а. Факторы первого порядка	29
б. Факторы второго порядка	34
5. Металлогенические и прогнозные карты, методика их составления	44
<i>II. Металлогения крупнейших структурных единиц земной коры—платформ и складчатых подвижных зон</i>	50
А. Металлогения платформ	—
1. Русская (Восточно-Европейская) платформа	—
2. Сибирская платформа	54
3. Африкано-Аравийская платформа	58
4. Индостанская платформа	61
5. Китайско-Корейская (Сино-Корейская) платформа	63
6. Западно-Австралийская платформа	64
7. Антарктида	65
8. Северо-Американская (Канадская) платформа	—
9. Южно-Американская (Бразильская) платформа	71
Основные черты металлогении платформ	72

Б. Металлогения складчатых подвижных зон	74
Металлогения складчатых зон каледонского возраста	—
а. Каледонская металлогения территории СССР	75
б. Каледонская металлогения зарубежных стран	80
Основные черты каледонской металлогении	82
Металлогения складчатых зон герцинского возраста	83
а. Герцинская металлогения территории СССР	84
б. Герцинская металлогения зарубежных стран	99
Основные черты герцинской металлогении	103
Металлогения складчатых зон киммерийского возраста	105
а. Киммерийская металлогения территории СССР	—
б. Киммерийская металлогения зарубежных стран	113
Основные черты киммерийской металлогении	119
Металлогения складчатых зон альпийского возраста	121
а. Альпийская металлогения территории СССР	122
б. Альпийская металлогения зарубежных стран	136
Основные черты альпийской металлогении	148
В. Основные черты и схема развития металлогении складчатых подвижных зон	156
Сравнение металлогении платформ и складчатых зон	161

III. Металлогения отдельных металлов (геологические условия концентрации и генетические типы месторождений, закономерности их распределения в земной коре, поисковые предпосылки и признаки)

Металлогения железа	—
" марганца	176
" хрома	182
" титана	184
" ванадия	185
" никеля	187
" кобальта	189
" молибдена	193
" вольфрама	196
" олова	199
" висмута	203
" мышьяка	204
" сурьмы	206
" ртути	207
" меди	210
" свинца, цинка и серебра	215
" алюминия	219
" золота	221
" платины	225

Металлогения урана	227
" тория	233
" редких и рассеянных металлов	235

IV. Металлогенические эпохи и главнейшие металлогенические провинции мира (по материкам) 239

Заключение	260
Резюме на армянском языке	263
Резюме на английском языке	265
Литература	269

ИВАН ГЕОРГИЕВИЧ МАГАКЬЯН
ОСНОВЫ МЕТАЛЛОГЕНИИ МАТЕРИКОВ

Отв. редактор А. А. ГАБРИЕЛЯН
Редактор издательства Р. А. ШТИБЕН
Переплет художника Л. А. САДОЯНА
Техн. редактор Л. А. АЗИЗБЕКЯН
Корректор В. Б. АНДРЕАСЯН

Сдано в набор 26/XI—1958 г. Подписано к печати 3/VII 1959. формат бумаги $60 \times 92 \frac{1}{16}$. Печ. листов $17 \frac{1}{2} + 10$ вкл. уч.-изд. листов 15,75. Тираж 5000. ВФ 04023. РИСО 514. Изд. № 1624
Заказ 475. Цена с перепл. 10 р., приложение — 4 карты с папкой 10 р.

Типография Издательства Академии наук
Армянской ССР, Ереван, ул. Абовяна, 114.

