

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ПО ВЫСШЕМУ ОБРАЗОВАНИЮ

ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Геологический факультет

Кафедра полезных ископаемых и недропользования

Региональная металлогения

Учебное пособие для студентов - геологов 5 курса
дневного отделения и 6 курса заочного отделения
геологического факультета
(по специальности 011100 – геология)

Составители:

И.П.Лебедев, Ю.Н.Стрик

Воронеж 2007

СОДЕРЖАНИЕ

1. ОБЩИЕ ВОПРОСЫ.....	3
1.1. Краткий обзор истории развития металлогении	3
1.2. Объекты металлогенического анализа	4
1.3. Масштабы оруденения.	5
1.4. Размеры площадей рудных объектов.	6
1.5. Систематика металлогенических структур.	6
1.6. Металлогенические периоды и этапы.	6
1.7. Формационные основы металлогенического анализа	7
1.8. Геотектонические обстановки размещения полезных ископаемых.	9
1.9. Структурно-тектонические условия размещения полезных ископаемых.....	13
1.10. Геотектонические концепции и металлогенические построения.	15
1.11. Металлогеническое районирование.....	19
2. МЕТАЛЛОГЕНИЯ ПЛАТФОРМ И ЩИТОВ	21
2.1. Русская (Восточно-Европейская) платформа.....	21
2.2. Сибирская платформа	27
2.3. Китайская платформа (Сино-Корейский щит)	29
2.4. Канадский щит	30
2.5. Африкано-Аравийская платформа	32
2.6. Индостанский щит	36
2.7. Западно-Австралийская платформа	38
2.8. Гвианский щит	39
2.9. Бразильский щит	39
2.10. Общие черты металлогении щитов и платформ.....	43
3. МЕТАЛЛОГЕНИЯ СКЛАДЧАТЫХ ПОДВИЖНЫХ ПОЯСОВ	46
3.1. Средиземноморский глобальный пояс.	46
3.2. Тихоокеанский глобальный металлогенический пояс	49
3.3. Уральский пояс	58
3.4. Алтае-Саянский пояс	58
3.5. Казахстанский пояс	63
3.6. Среднеазиатский пояс	64
3.7. Западно-Европейский пояс	65
3.8. Норвежско-Аппалачский пояс	68
3.9. Атласский пояс	70
3.10. Восточно-Австралийский пояс	72
3.11. Главные черты металлогении складчатых подвижных поясов	72
4. МЕТАЛЛОГЕНИЯ АКТИВИЗИРОВАННЫХ ЗОН	74
4.1. Металлогения активизированных участков щитов и их платформ	74
4.2. Металлогения активизированных срединных массивов.....	77
4.3. Металлогения активизированных областей с завершённой складчатостью ..	79
4.4. Общие черты металлогении областей тектоно-магматической активизации ..	80
СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	81

Введение

Металлогения – наука о закономерностях размещения руд в пространстве и во времени в связи с геодинамикой развития Земной коры. Данный курс традиционно читается на заключительном этапе высшего образования, в связи с тем, что для его освоения необходимы знания всех геологических дисциплин, пройденных ранее, в первую очередь курсов «Минералогия», «Петрография», «Историческая геология», «Геология месторождений полезных ископаемых», «Геотектоника». Общепринятый учебник в настоящее время отсутствует. В связи с этим, для полноценного освоения курса необходимо не ограничиваться данным пособием, а ознакомиться с важнейшими публикациями по металлогении. Список рекомендуемой литературы приводится в конце настоящего пособия.

1. Общие вопросы

1.1. Краткий обзор истории развития металлогении

Металлогения – термин французского происхождения. Л. Дэ Лонэ, Лакруа ввели понятие о металлогенических провинциях и эпохах в конце XIX века. Л. Дэ Лонэ издает ряд работ: «Трактат о металлогении» (1892), «Металлогения Африки», «Металлогения Азии», в которых металлогения раскрывается как учение о закономерностях размещения полезных ископаемых в пространстве и во времени. В России первым обратил внимание на важность подобного подхода к полезным ископаемым М.В. Ломоносов еще в 1763 году. В своей книге «О слоях земных» М.В. Ломоносов писал: « Пойдем ныне по своему отечеству, станем осматривать положение мест и разделим к производству руд способных и неспособных» [40].

В.И. Старостин [1] в истории развития металлогении предложил различать три периода: начальный (до 1930 г.), период региональных исследований (1930-1970 г.г.) и современный (1970 – ныне).

Первые работы в области металлогении с составлением специальных карт относятся к первой четверти XX века - в СССР В.А. Обручев по металлогении Сибири, особенно ее золоторудных провинций, А.Е. Ферсман впервые выделил Монголо-Охотский рудный пояс; в США В. Эммонс, В. Линдгрэн и др. составили на тектонической основе обзорные карты месторождений полезных ископаемых; к этому же периоду относятся работы геологов Японии (Като и др.).

Второй период отмечен важными региональными исследованиями территории СССР, в результате которых металлогения оформилась как наука. В 1945-1946 годах в работах С.С. Смирнова («О Тихоокеанском рудном поясе»), Д.И. Щербакова («Принципы и методика составления металлогенической карты») были заложены основы металлогенического анализа. В последующие годы развитие металлогении как науки происходило нарастающими темпами. Особенно большой вклад внесли геологи ВСЕГЕИ: Ю.А. Билибин, В.С. Домарев, Е.Д. Карпова, Ю.Г. Старицкий, П.М. Татаринов, Е.Т. Шаталов, А.Д. Щеглов и другие, а также геологи, изучавшие металлогению союзных республик – Казахской ССР (К.И. Сатпаев, В.С. Дмитриевский и др.), Узбекской ССР (Х.М. Абдулаев, И.Х. Хамрабаев и др.), Украинской ССР (Н.П. Семененко, Я.Н. Белевцев и др.), регионов Кавказа и Закавказья (И.Г. Магакьян, Г.А. Твалчрелидзе, В.И. Смирнов, В.Н. Котляр и др.), Урала (С.Н. Иванов, Л.Н. Овчинников и др.), Забайкалья (А.Д. Щеглов, Д.И. Горжевский и др.), Дальнего Востока и Северо-Востока России (Е.Т. Шаталов, Л.И. Красный и др.).

Среди зарубежных работ большой вклад внесли труды Ф. Тернера (США) по металлогеническим провинциям и эпохам, П. Лаффита – по металлогении Франции.

Первый учебный курс по металлогении начал читать факультативно для студентов Ленинградского горного института профессор В.Н. Зверев в 1939 году. По сведению И.Г. Магакьяна [15] лекции носили описательный характер, без раскрытия причин металлогенической специализации регионов, поскольку не имели еще достаточно разработанной науч-

ной основы. С 1950 года Ю.А.Билибин начал читать курс «Металлогенические провинции и эпохи» [3] в Ленинградском университете.

После значительного перерыва курс был заново составлен В.С. Домаревым и читался им более десяти лет, затем был передан профессору Б.К.Львову. В Ленинградском горном институте с 1957 года факультативно читал курс «Основы металлогении материков» И.Г.Магакьян. С 1963 года краткий курс металлогении читает в Иркутском политехническом институте С.А.Вахромеев.

Большую роль в становлении металлогении сыграли в эти годы работы А.Д.Щеглова («Металлогения областей автономной активизации», 1968, «Металлогения срединных массивов», 1971), И.Г.Магакьяна («Типы рудных провинций и рудных формаций СССР. 1969»).

В названных трудах металлогения оформилась как наука о закономерностях распределения месторождений в пространстве и во времени, в связи с общим ходом геологического развития отдельных частей земной коры и в тесной взаимосвязи оруденения с седиментогенезом, магматизмом, тектогенезом. При этом для эндогенных руд признается решающая роль магматизма и структур, а для экзогенных - литолого-стратиграфических и палеогеографических факторов.

На современном периоде в структуре металлогении начали выделяться **крупные разделы**. По предметам и методам исследования различают металлогению общую (теоретическую), региональную, металлогению рудных узлов и районов, а также металлогению отдельных металлов (элементов, например, золота [48]). В случаях изучения закономерностей распределения не только металлических, но и неметаллических полезных ископаемых, рекомендуется использовать термин «**минерагения**».

Предметом исследования общей металлогении являются общие вопросы рудообразования – установление связи процессов рудообразования с различными геологическими (эндогенными и экзогенными) процессами, геодинамикой формирования и эволюции состояния земной коры на различных этапах геологической истории Земли.

На геологическом факультете Воронежского госуниверситета лекционный спецкурс «Металлогения» впервые был прочитан в конце 60-х годов прошедшего века профессором Н.А.Плаксенко, затем доцентом Б.И.Благонадеждиным (кафедра полезных ископаемых). В нем содержалось четыре раздела – «региональная металлогения», «металлогения рудных районов», «критерии связи оруденения с магматизмом» и раздел «новая глобальная тектоника и металлогения» (последний раздел дополнен Б.И.Благонадеждиным..

В настоящее время курс «Металлогения», читаемый на геологическом факультете ВГУ, ориентирован на задачу освоения знаний о современном состоянии металлогении, получить общие сведения о региональной металлогении континентов, о металлогении рудных узлов и районов с более детальным освещением металлогении России.

1.2. Объекты металлогенического анализа

Объектами металлогенического анализа являются разномасштабные участки земной коры – от планетарных металлогенических поясов до отдельных месторождений определенного вида полезного ископаемого. В целях унификации терминологии, особенно полезной в прикладной металлогении, Л.Н.Овчинников [33], взяв за основу систематику Д.В.Рундквиста, предложил следующую систематику металлогенических объектов (табл.1).

Таблица 1

Класс	Объект металлогенического исследования	Площадь, км ²	Масштаб металлогенических и прогнозных карт
I	Планетарный металлогенический пояс	$N \cdot 10^7$	$1:5 \cdot 10^6 - 1:2,5 \cdot 10^6$
II	Металлогенический пояс, провинция	$N \cdot 10^{6-7}$	$1:2,5 \cdot 10^6$
III	Металлогеническая область, система	$N \cdot 10^5$	1:1000000
IV	Структурно-металлогеническая зона	$N \cdot 10^{4-5}$	1:500000
V	Металлогеническая зона, блок	$N \cdot 10^{3-4}$	1:200000 1:100000
VI	Рудная зона, район	$N \cdot 10^{2-3}$	1:100000
VII	Рудный узел	$N \cdot 10^2$	1:50000
VIII	Рудное поле	$N \cdot 10$	1:25000
IX	Месторождение	$N \text{ км}^2$	1:25000 – 1:5000
X	Рудное тело	$N \cdot 10^{0.1-0.5}$	1:5000 – 1:1000

Предметом исследований региональной металлогении являются конкретные закономерности размещения полезных ископаемых в первых пяти классах металлогенических объектов – в глобальных, региональных металлогенических поясах и провинциях, металлогенических областях и зонах. Металлогеническая провинция - часть земной коры в пределах щитов и платформ или возникшая на месте складчатых областей. Объединяет разнообразные взаимосвязанные рудоносные площади – металлогенические зоны, блоки и пр. [33]. Названия провинций обычно географические (например, Забайкальская золото-молибден-вольфрамовая, Воронежская никеленосная и т.п.).

Металлогения рудных узлов и районов основное внимание уделяет изучению вопросов структурного контроля в размещении полезных ископаемых.

1.3. Масштабы оруденения.

Рудные залежи в земной коре редки и ограничены по размерам и массе сконцентрированного в них рудного вещества. По расчетам Л.Н.Овчинникова [33] даже суммарные учетные запасы металлов всех известных месторождений составляют ничтожную часть массы первых двух километров земной коры континентов ($1/4 \cdot 10^{-8}$). Масштабы накопления любого из металлов (запасы) определяются степенью распространенности – кларком каждого из них в земной коре. Подробно этот вопрос рассмотрен в работах Л.Н. Овчинникова [31, 32, 33]. Важно заметить, что установленная зависимость проявляется не только в суммарном выражении и в глобальных масштабах, но прослеживается и при распределении ме-

таллов по металлогеническим единицам различных рангов – провинций, областей, зон, блоков, металлогенических формаций [33].

1.4. Размеры площадей рудных объектов.

Объемы, горизонтальные сечения и запасы месторождений металлов связаны между собой и в первом приближении все эти параметры зависят от кларка. Площади месторождений в среднем на порядок меньше площадей рудных полей, но разброс их значений весьма значителен. Средние площади жильных тел колеблются от 29 м² до 2700 м², т. е. в диапазоне двух порядков. Размеры площадей уральских колчеданных месторождений от 0,02 до 6,5 км², составляя в среднем 0,74 км². Подробнее этот вопрос рассмотрен Л.Н.Овчинниковым [33]. Для металлогенического анализа важное значение имеют размеры не только рудных тел и месторождений, но и размеры площадей рудоносных геологических формаций, а также околорудных зон метасоматических проявлений (окварцевания, пропилитизации, березитизации и т.п.).

1.5. Систематика металлогенических структур.

Месторождения полезных ископаемых локализованы в определенных геологических структурах земной коры. Каждый тип структур, имея собственную историю формирования, обладает специфической металлогенией. В общем случае рационально различать аккреционные и деструктивные типы структур (Твалчрелидзе, 1985, [43]). К аккреционным относятся платформы и щиты, орогенные пояса, геосинклинали (эвгеосинклинали, миогеосинклинали); к деструктивным – сводово-глыбовые, рифтогенные структуры (авлакогены, континентальные рифты, синеклизы), деструктивные структуры океанического дна (срединноокеанические хребты, трансформные разломы и т.п). В настоящее время в региональной металлогении наиболее употребительной остается систематика, предложенная И.Г.Магакьяном [2]. Среди основных крупных металлогенических структур земной коры различаются три типа: **I – щиты и платформы; II – подвижные складчатые пояса; III – активизированные области.**

1.6. Геохронологические закономерности рудообразования (металлогенические периоды и этапы).

В истории формирования земной коры и образования в ней полезных ископаемых существовали периоды и этапы относительного возбуждения и затухания рудообразующих процессов. В соответствии с общепринятой периодизацией геологической истории, В.И.Смирнов предложил [40,41] выделять шесть периодов формирования рудных месторождений. В каждом периоде возможно выделение определенных металлогенических этапов (эпох по И.Г.Магакьяну). Под **металлогеническим этапом** понимается [2] отрезок геологического времени, в течение которого развивается специфический комплекс месторождений полезных ископаемых. Обычно металлогенические этапы (эпохи) совпадают с крупными периодами складчатости и магматизма.

1. **Лунный период** и отвечающий ему **гренландский этап** (5,0-3,8 млрд. лет назад) характеризует зарождение земной коры лунного типа. По мнению В.И.Смирнова в этот период еще не возникли условия для образования рудных месторождений.

2. **Нуклеарный период** и соответствующий ему **кольский (саамский) этап** (3,8-2,8 млрд.л.) знаменуют появление наиболее ранних эндогенных рудных месторождений: хромитов в анортозитах Гренландии, Южной Африки, Индии (возраст около 3,5млрд. л.; сульфидных медно-никелевых руд (месторождения Камбалды в Австралии, Мончетундры Кольский п-ов), слюдяных и редкометальных пегматитов Западной Австралии, Бразилии, Африки, колчеданных руд (Биг-Стиби, Австралия и др.), многочисленных метаморфогенно- гидротермальных руд золота зеленокаменных поясов Австралии (Калгурли и др.), Индии (Колар), Канады (Поркьюпайн и др.), Бразилии. Известны также древнейшие (3760 млн. л.) железистые кварциты (месторождения Исуа в Гренландии, Абитибиды в Канаде)

3. **Протогеосинклинальный период** разделен на два этапа – **беломорский** (2,8-2,3 млрд. л.) и **карельский** (2,3-1,8 млрд. л.).

Беломорский этап

Ему свойственны два периода базальтоидного магматизма и два периода гранитоидного магматизма, обусловивших формирование соответствующих групп магматических и постмагматических месторождений полезных ископаемых – хромитов и платины (Бушвельд, Великая Дайка Африки), ликвационных медно-никелевых руд (Садбери – Канада), месторождений мусковитовых и редкометальных пегматитов. На обособившихся к тому времени древних платформах сформировались уникальные по запасам месторождения железистых кварцитов (КМА. Кривой Рог – Восточно-Европейская платформа, Гурон – Северо-Американская платформа и др.), уникальных золото-урановых конгломератов Витватесранда (ЮАР), Блайнд Ривер (Канада), месторождений марганца гондитовой формации, золота и платиноидов черносланцевой формации.

4. **Интергеосинклинальный период** с интервалом времени 1800 – 1500 млн лет и соответствующий ему **готский этап** характеризуют «антракт» эндогенной металлогенической деятельности, обусловленный временным затуханием тектонической и магматической активности.

5. **Неогеосинклинальный период** в границах времени 1500 – 50 млн лет распадается на пять этапов - **гренильский (или раннебайкальский** – 1500-1000 млн. лет), **байкальский** (1000-600 млн. лет), **каледонский** (600 – 400 млн. лет), **герцинский** (400 – 250 млн. лет) и **киммерийский** (250 – 100 млн. лет) [33]. Согласно В.И. Смирнову [40] металлогения этого периода хорошо согласуется со стадиями геосинклинального развития (начальная стадия с базальтоидным магматизмом и соответствующей металлогенией и последующая стадия гранитоидного магматизма и постмагматического рудообразования) на каждом этапе рудообразования. Генетические группы эндогенных месторождений были необычайно выдержанными; раз возникшие группы и классы эндогенных месторождений повторялись в последующие этапы, не вымирали и не заменялись новыми. Вместе с тем, следует отметить, максимум гидротермальной группы месторождений приходится на каледонский и герцинский этапы рудогенеза, что может быть признаком необратимости в геологической истории рудообразования.

6. **Рифтовый период** отвечает позднему - альпийскому этапу геологической истории (100 – 0 . Характеризуется преобладающим развитием рифтовых систем. Металлогения разломной тектоники этого периода ярче всего проявлена в зонах активизации древних платформ и областей завершенной складчатости, а также в третичных вулканических поясах на континентах.

В исторической металлогении намечаются два важнейших рубежа зарождения эндогенного рудообразования: 3800 млн лет – появление колчеданного рудообразования, метаморфогенных пегматитов и собственно магматических руд; 2500 млн лет – начало образования постмагматических месторождений скарновой, грейзеновой, альбититовой и гидротермальной генетических групп.

1.7. Формационные основы металлогенического анализа

Специальных, особых рудообразующих процессов не существует. Как побочный продукт месторождения всегда сопутствуют определенным продуктам породообразующих геологических процессов – геологическим формациям. Поэтому формационный метод в настоящее время признан [1,33] одним из наиболее действенных и эффективных методом металлогенического анализа и прогнозирования полезных ископаемых. Формационный анализ сводится к выявлению связи геологических, метасоматических и рудных формаций в пространстве и времени. В связи с этим, прежде всего, важно изучить и усвоить современный понятийный аппарат учения о формациях. Напомним определения важнейших понятий:

Геологическая формация – парагенезис горных пород. По классическому определению Н.С.Шатского «геологические формации – это такие естественные комплексы горных пород, отдельные части которых тесно парагенетически связаны друг с другом как в возрастном, так и в пространственном отношении» [14].

Рудная формация - группа месторождений со сходными по составу минеральными ассоциациями, образованными в сходных физико-химических и геологических условиях. (В.И.Смирнов, [40]). Рудная формация представляет собой парагенезис рудных образований определенного генезиса, которые отражают наиболее характерные черты данной группы месторождений.

Рудоносная геологическая формация – закономерная (пространственная и генетическая) связь рудной формации с определенным комплексом пород – геологической формацией.

Металлогеническая формация – согласно Л.Н.Овчинникову [33,34] – закономерное сочетание рудоносных геологических формаций с рудными формациями.

Приведем рекомендуемые (Овчинников, [34]) названия важнейших металлогенических формаций.

Магматическая серия металлогенических формаций. *Группа ультрамафитовых формаций:* 1.1. Хромитоносная дунит-перидотитовая. 1.2. Хромитоносная (платино-, титаноносная) гарцбургит-ортопироксенит-норитовая (расслоенных интрузий). 1.3. Медь-никеленоносная гарцбургит-ортопироксенит-норитовая. 1.5. Алмазоносная кимберлитовая. 1.6. Редкометальная щелочно-ультрамафит-карбонатитовая. 1.7. Медь-никеленоносная габбро-верлитовая.

Группа мафитовых формаций: 2.1. Медь-никеленоносная оливин-габбровая. 2.2. Титаноносная анортозитовая. 2.3. Титаноносная габбро-анортозитовая. 2.4. Титаноносная сиенит-габбровая. 2.5. Железоносная габбро-гранитная. 2.6. Колчеданоносная базальтриолитовая. 2.7. Молибденомеденосная порфировая.

Группа гранитоидных формаций: 3.1. – редкометально-гранитная. 3.2. – редкометально-пегматитовая. 3.3. – олово-вольфрамоносная скарновая гранитная. 3.4. - олово-вольфрамоносная гранитная. 3.5. – молибден-вольфрамовая скарновая гранитная. 3.6. – вольфрам-молибденосная грейзеновая. 3.7. – олово-вольфрамоносная кварцево-жильная гранитная. 3.8. – молибдено-вольфрамоносная кварцево-жильная гранитная. 3.9. – свинцово-цинковая скарновая гранитоидная. 3.10. – свинцово-цинковая жильная гранитоидная. 3.11. – золото-кварцевая жильная гранитоидная. 3.12. – золото-сереброносная вулканогенная. 3.13. – комплексная ураноносная гранитоидная.

Метаморфическая серия металлогенических формаций. П.1. – формация железистых кварцитов. П.2. – формация золото-ураноносных конгломератов. П.3. – гондитовая марганценоносная. П.4. - черносланцевая золото-платиноносная. П.5. – свинец-цинкононосная сланцево-карбонатная.

В геологической рудоносной формации атасуйского типа выделяют три различных рудных формации [24]. Железисто-свинцово-цинковая – озернинская. Озерное месторождение (Забайкалье) принадлежит нижнекембрийской формации, располагаясь среди поля палеозойских гранитоидов. Выделяется три мощных ритма шестиметровый горизонт полосчатых пирит-галенит-сфалеритовых руд. Во втором ритме пласты пиритовых руд с бедной свинцово-цинковой минерализацией. К этой формации принадлежат также месторождения Центральной Швеции. 2) Железо-марганец-барит-свинцово-цинковая - жайремская. Жайремское месторождение в Атасуйском рудном районе (Центральный Казахстан) месторождение располагается в отложениях верхнего фамена Жаильминской синклинали. Рудоносная толща имеет мощность 45 – 1300 м и четко выраженное ритмичное строение. Мощность рудоносной части колеблется от 230 до 44 м. Свинцово-цинковые и железисто-марганцевые руды образуют отдельные горизонты. Кроме вертикальной многоруности на месторождении отчетливо проявлена латеральная концентрическая зональность: куполовидные ядра кварцевых и кварц-пиритовых метасоматитов обрамлены

кварц-баритовыми метасоматитами. На флангах ядер баритовые метасоматиты сменяются свинцово-баритовыми рудами, далее к периферии размещаются барит-свинцово-цинковые руды, затем слоистые свинцово-цинковые и цинковые. На крайних флангах и вверху разреза – марганцево-железородные пласты. Предположительно к этой формации относится [24] и крупнейшее пластовое свинцово-цинковое месторождение Брокен-Хилл в Австралии. Оно глубоко метаморфизовано, но сохраняет признаки стратифицированного типа.

3) Свинцово-цинковая – горевская. Горевское месторождение (Нижнее Приангарье) располагается в шунтарской кремнисто-карбонатной свите рифея, имеющей мощность свыше 600 м, испытавшей, включая и руды, интенсивный динамометаморфизм с возникновением сложно-складчатой структуры. В руде типично эксгаляционно-осадочные пириты и карбонатно-сульфидные оолиты.

Месторождения миргалимсайского типа располагаются в слоистой карбонатной формации углеродисто-известняково-доломитового (чернокарбонатного) состава. Миргалимсайское барит-свинцовое месторождение (хр. Большой Каратау, Казахстан) приурочено к известняково-доломитовой толще фамена. Рудоносная формация имеет мощность от 275 до 600 м, мощность сульфидоносной части 5 – 20 м. Лентовидные рудные залежи по латерали располагаются зонально. Представлены преимущественно: а) барит-серебряными рудами с относительно низким содержанием Pb (отношение Ba/Pb равно 18 – 20); б) барит-свинцовыми (4-5); в) свинцовыми (1 – 0,5); г) цинково-свинцовыми с ничтожным содержанием Ag. К этому же типу относятся месторождения Шалкия (Каратау), Сумсар (юго-западный Кыргызстан).

Различная обстановка образования черных сланцев создается четырьмя процессами: а) термогалинная стратификация в замкнутых бассейнах или депрессиях с ограниченной циркуляцией; бескислородная обстановка на морском дне может быть вызвана поступлением органического вещества и ограниченной циркуляцией; б) апвеллинг с высоким притоком органического вещества, обеспечивающий высокую биопродуктивность поверхности океана с падением до минимума концентрации кислорода в нижних слоях воды; подобный тип черных сланцев часто ассоциирует с фосфатами и кремнями; в) максимальная трансгрессия, поскольку повышение уровня моря благоприятно для поверхностной биопродуктивности прибрежных вод и, тем самым, создания бескислородной обстановки в нижележащих слоях воды и на дне моря; г) континентальная обстановка равнинных озер в полузасушливых районах.

Осадочная серия металлогенических формаций. III.1. – железоносная прибрежно-морская (Керченский тип). III.2. – марганценоносная прибрежно-морская. III.3. – формация медистых песчаников. III.4. – свинцово-цинкононосная карбонатная. III.5. – черносланцевая металлоносная (медистых сланцев, медно-цинково-свинцовые сланцы, ванадиеносные сланцы, литиеносные сланцы и др.).

Металлогенические формации, как и слагающие их геологические и рудные, образуют генетические ряды с закономерными связями в пространстве и времени, примером чего может служить ряд колчеданных вулканогенных формаций. Вместе с тем они могут делиться на субформации, последние в свою очередь могут содержать не одну, а несколько рудных формаций. Связь геологических формаций с рудными может быть прямая – генетическая, может быть и менее определенная – пространственная или даже невидимая.

1. 8. Геотектонические обстановки размещения полезных ископаемых.

Они определяют характер и тип геологических процессов и соответствующий этим процессам тип оруденения, последующие изменения этого оруденения и его возможную сохранность. Сторонники концепции тектоники плит пользуются понятием «геодинамические обстановки», которое в строгом смысле не является синонимом, а несколько уже понятия «геотектонические обстановки»

Разные геотектонические обстановки отличаются различным магматизмом, например, щелочные интрузии приурочены к внутриконтинентальным рифтовым зонам, трансформным разломам и горячим точкам, а известково-щелочной магматизм приурочен к зонам субдукции. Геотектонические обстановки контролируют природу осадочных серий, их

геометрию, мощность, состав и фациальные особенности, а следовательно, сингенетические, диагенетические и эпигенетические месторождения полезных ископаемых.

От геотектонической обстановки зависит характер и степень деформаций (разрывных или складчатых), метаморфизма, а также сохранность руд и вмещающих пород. Наконец, геотектонические обстановки определяют интенсивность теплопотока и геотермический градиент – важнейшие факторы циркуляции рудообразующих растворов и отложения рудной минерализации.

На современной поверхности Земли выделяется [3] четыре класса геотектонических обстановок, в каждом из которых различаются определенные типы (таблица 2).

Таблица 2

Класс	Типы геодинамических обстановок и их положение на поверхности Земли		
	Континентальные обстановки	Переходные зоны	Океанические обстановки
1. Стабильные и относительно стабильные геодинамические обстановки (кратоны)	1.1. Платформы и щиты	1.2. Дно окраинных отгороженных морей	1.3. Абиссальные впадины (ложе океанов)
	1.А. Зоны внутриплитной активизации		
	1.А.1. Трапповые провинции, поля интрузий щелочных гранитов, сиенитов, ультрабазит-щелочных (с карбонатами) интрузий, кимберлитовых трубок и даек.		1.А.2. Цепи вулканических островов, подводных гор и плато.
2. Конвергентные границы плит	2.А. Субдукционные обстановки		
	2.А.1. Микроконтиненты	2.А.3. Глубоководные желоба	
	2.А.2. Активные окраины континентов (кордильерский и андийский типы)	2.А.4. Островные дуги энсиматические	
	2.Б. Коллизионные обстановки		
	2.Б.1. Зоны столкновения островной дуги с континентом 2.Б.2. Зоны столкновения микроконтинента с континентом 2.Б.3. Зоны столкновения континентов (Гималайский тип) 2.Б.4. Зоны столкновения континентов (Кавказский тип)	2.Б.5. Зоны скупивания океанической коры	
3. Дивергентные границы плит, раздвижения земной коры		3.1. Дно спрединговых окраинных морей	3.2. Срединно-океанические хребты (поднятия), подтипы

(тафрогены)	3.3. Пассивные окраины континентов и микроконтинентов (атлантический тип) 3.4. Авлакогены (недоразвившиеся ветви рифтов) 3.5. Межконтинентальные рифты (красноморский тип)	медленного и быстрого спрединга
	3.6. Рифтовые зоны	
4. Зоны скольжения (трансформные разломы)	4.1. Разломы I рода (рифт-рифт) 4.2. Разломы II рода (рифт-зона субдукции) 4.3. Разломы III рода (зона субдукции – зона субдукции) 4.Б. Короткие системы спрединга в связи с трансформными разломами (пул-апарт бассейны)	

Обстоятельная характеристика металлогении выделенных типов геодинамических обстановок изложена в публикации [3]. Здесь остановимся лишь на наиболее важных аспектах металлогении отдельных (важнейших) геодинамических обстановок.

1.3. Абиссальные впадины расположены на глубине от 2-3 км до 5-6 км (в среднем 4-5 км) от уровня мирового океана. Пелагические осадки представлены кремнистыми и известковыми илами, глубоководными глинами. В пределах абиссальных впадин (поля Кларрион-Клиппертон, Калифорнийское, Центрально-Тихоокеанское и др.) сосредоточены колоссальные запасы комплексных (Fe, Mn, Ni, Cu, Co) руд в виде железо-марганцевых конкреций и корок. Их общие запасы оцениваются в 350-1700 миллиардов тонн!

3.2. Срединно-океанические хребты образованы в результате спрединга (раздвижения) литосферных плит; характеризуются значительной шириной (от сотен до тысячи километров) и протяженностью (до 60 тысяч километров!). Ультрамафиты верхней мантии - дуниты, гарцбургиты содержат залежи хромитовых руд (Кипр, Куба – мезозойские; Филиппины – третичные), с перидотитами и серпентинитами связаны месторождения никеля, железа, титана, золота, платиноидов, асбеста, талька и магнезита (Филлипины, Италия, Греция, позднемезозойские, раннетретичные). Базальты океанических хребтов сопровождаются гидротермальными сульфидными рудами. Колчеданные медно-цинковые руды найдены почти во всех современных быстроспрединговых срединно-океанических хребтах.

3.3. Пассивные окраины континентов чаще всего возникают в результате спрединга океанического дна. Для них характерны следующие рудоносные геологические формации и полезные ископаемые: 1) черные сланцы, кремни, доломиты, обычно трансгрессивно залегающие; месторождения фосфоритов (Перу, Западная Африка, современные образования; Флорида, США, миоцен); 2) трансгрессивные глубоководные толщи морских осадков с рудами урана, цветных (Pb, Zn) и благородных (Au, Ag) металлов (Алум-Шейле, Швеция, кембрий); 3) мелководные морские обломочные породы с месторождениями железных руд типа Минетта (Западная Европа, юра; Восточные районы США, силур); 4) пески морских побережий - литоральные россыпи ильменита, рутила, циркона (Южная Африка, восточное побережье Австралии, современные); 5) погребенные карбонатные породы шельфовых зон с эпи- и сингенетическими полиметаллическими (Pb, Zn) месторождениями (Долина Миссисипи, США, кембрий, карбон; Ирландия, карбон; Южные Альпы, триас).

3.1. Дно спрединговых окраинных морей. Молодые окраинные моря (Японское, Восточно-Китайское, Южно-Китайское, Краллово, Тасманово) возникли в олигоцене – миоцене. Они характеризуются накоплением преимущественно терригенных осадков, мощность которых возрастает к континентам. Среди них обнаружены трубчатые каналы гидротерм заполненные сфалертом и опалом, сульфидные металлоносные отложения с медно-цинковой специализацией.

4. Трансформные разломы в континентальной коре разделяются на генетически связанные с диагональной субдукцией океанического дна и на являющиеся продолжением океанических трансформных разломов. Возможным примером оруденения (по Л.Н.Овчинникову [33]) могут служить кальцит-кварцевые жилы и линзы с сульфидами сурьмы зоны трансформного кайнозойского разлома Чаман в Пакистане. С продолжениями океанических трансформных структур на континентах связываются месторождения карбонатитов в Анголе и Намибии (Африканский щит), Бразилии (Бразильский щит), алмазоносных кимберлитов (преимущественно мелового возраста месторождения Австралии, Западной Африки, Бразилии, а также месторождения Cu, Ni, Pt, Au, Ti в рассоеденных юрских интрузиях базитов и гипербазитов (Фритуан, Западная Африка).

Редкой, но важной в металлогеническом отношении является обстановка структур пул-апарт (т.е. растянутый в сторону, сдвиго-раздвиг в переводе с английского).

4.Б. Пул-апарт-бассейны возникают на дне океана, в переходной зоне океан-континент, на континентальной коре (например, оз. Иссык-Куль) в результате образования коротких систем спрединга в связи с трансформными разломами. В пределах пул-апарт бассейнов океанического дна следует ожидать формирование стратиформного эксгальционно-осадочного редкометального (U, W, Sn, Mo), железорудного, содержащего крупные концентрации редких (Ta, Nb) и редкоземельных (La, Ce и др.) элементов [26]. Однако на современном океаническом дне до сих пор не найдены такие месторождения, палеоаналоги которых широко развиты в палеозойских, реже мезозойских и позднедокембрийских складчато-надвиговых поясах (например, фольфрам-молибденовое месторождение Тырны-Ауз, касситеритовое стратиформное Ренисон-Белл, Австралия, железорудное с редкими и редкоземельными металлами Баян-Обо, Китай и др.).

2.Б. Коллизионные обстановки. Авторы методического руководства [3] выделяют несколько геодинамических обстановок, связанных со столкновением литосферных плит (табл. 2), в каждой из которых формируются определенные типы полезных ископаемых [22, 26]. В зонах скупивания океанической коры возможно накопление черносланцевых пород, обогащенных золотом и фольфрамом, а также урана (Шмерхау, Германия). Особенно показательны ртутные, сурьяно-ртутные и сурьянные стратиформные залежи в карбонатных породах и листвинитах (Южно-Ферганский пояс, Тянь-Шань; Сигуаньшань, Китай). Возможны образования месторождений никеля на ранней стадии закрытия окраинного моря, хромитов и медно-цинковых колчеданных руд в верхних покровах и шарьяжах молодой океанической коры (Новая Каледония, Южный Урал).

В зонах столкновения островной дуги с континентом проявлены медно-цинковые колчеданные руды, золото-серебряные с марганцем, свинцом и медью (Моруб, Папуа-Новая Гвинея).

В зонах столкновения микроконтинента с континентом характерен кислый магматизм (вулканы, коллизионные граниты) с многочисленными месторождениями олова и вольфрама (грейзеновые и пегматитовые – Верхоянская группа, Главный оловоносный пояс Малайзии), золота (Верхоянье). Уран-молибденовые и молибден-урановые гидротермальные месторождения Восточного Забайкалья (Стрельцовское, Тулукеевское) приурочены к надвиговой структурно-металлогенической зоне на окраине палеоконтинента [3].

В зоне столкновения континентов гималайского типа рудообразование проявлено не столь значительно. К шовной зоне приурочены метаморфические месторождения магнезита, талька (в офиолитах). К покровам океанической коры приурочены хромитовые руды, залежи медно-цинковых и марганцевых руд. Ураноносные песчаники месторождения Сивилик (Гималаи) залегают на поддвигаемой пассивной окраине континента.

В зоне столкновения континентов кавказского типа показательны медно-молибденовые месторождения порфировой формации (Каджаран, Армения), марганцевые вулканогенно-осадочные руды (Чиатура, Грузия), медистые песчаники (Ферганский бассейн, Тянь-Шань).

1.А. Обстановки зон внутриплитной активизации. Сюда относятся так называемые «горячие точки», образованные в результате термальных процессов в глубинных зонах литосферных плит, а также рифты – предвестники зарождающихся границ плит. Внутриконтинентальные горячие точки и следы горячих точек характеризуются магматическими неорогенными образованиями:

- а) щелочные базальты с россыпными месторождениями ювелирных камней (сафиры, рубины, шпинель, циркон);
- б) карбонатиты с магматическими и метасоматическими месторождениями апатита, магнетита, флогопита, редких металлов (Ta, Nb, TR) (Кольский п-ов и др.);
- в) агапитовые (щелочные) граниты с гидротермальными месторождениями урана (Бокан-Маунтин, Аляска; Аппалачи);
- г) плюмазитовые (глиноземстые) и агапитовые граниты с постмагматическими месторождениями олова, ниобия (Плато Джос, Нигерия; Сент Фроансис, США; Рондония, Бразилия).

Внутриконтинентальные рифты и авлакогены (под авлакогенами подразумевают недоразвившиеся рифты). В рифтовых системах, в общем случае, вначале извергаются кислые и основные лавы, но по мере утонения прогрессирующего утонения континентальной коры проявление вулканизма становится типично океаническим базитовым. Геодинамические обстановки характеризуются определенным набором магматических и осадочных формаций с соответствующими месторождениями полезных ископаемых:

- Магматиты: а) базиты и гипербазиты с месторождениями медно-никелевых, хромитовых руд (Великая Дайка, Зимбабве, ранний протерозой; Бушвельдский комплекс ЮАР, ранний протерозой; Норильский рудный узел, Сибирь, палеозой);
- б) карбонатиты с магматическими и метасоматическими месторождениями апатита, пироксена, медно-урановых руд с редкометальной минерализацией, редкоземельных руд (Пилабара, ЮАР, протерозой; Томтор, Сибирь, поздний мел и др.);
 - в) базальтовый магматизм трапповой формации с месторождениями исландского шпата, драгоценных камней, магнетитовых железных руд (Сибирская провинция, рубины и сафиры Кампутчии и Таиланда, Коршуновское, Рудногорское месторождения железных руд Ангаро-Илимской провинции, Сибирь);
 - г) щелочные комплексы с месторождениями апатита (Сынныр, Забайкалье).

Осадочные толщи и месторождения: 1) известковистые и битуминозные глинистые сланцы и подстилающие их эвапориты содержат страифицированные месторождения меди (Атлантическое побережье Африки, апт; медистые сланцы Северной Европы, пермь; медный пояс Замбии, Заира, поздний протерозой); 2) битуминозные глинистые сланцы в терригенных толщах со страифицированными полиметаллическими (свинец, цинк, серебро) месторождениями типа Салливан (Салливан, Британская Колумбия, поздний протерозой; Маунт-Айза, Австралия, поздний протерозой и др.); 3) черные сланцы с месторождениями полиметаллических руд, золота, платиноидов (Амазонская зона разломов, мел; Прогиб Бенуэ, Нигерия, мел и др.); 4) озерные рассолы и эвапориты - современные месторождения солей натрия, калия, магнетита, фосфатов в Восточно-Африканском рифте; месторождения галита и сильвина Северного моря (эвапориты цехштейна, пермь).

С рифтогенными разломами связаны месторождения флюорита (запад Северной Америки, кайнозой; Восточно-Африканский рифт, Рейнский грабен), каврц-молибденитовые жилы в древнем фундаменте, содержащие серебро и арсениды кобальта и никеля (грабен Осло и рифт Кивино).

1.9. Структурно-тектонические условия размещения полезных ископаемых

Из множества факторов рудоотложения важнейшими представляются структурно-тектонические. Их изучению, каритрованию в целях металлогенического анализа особенно рудных узлов и районов традиционно придается большое значение, что находит отражение в многочисленных публикациях. Подробно этот вопрос рассматривается при изучении отдельной части курса - металлогении рудных узлов и районов. В настоящем пособии приведем лишь важнейшие определения понятий и представления о структурно-тектонических условиях размещения полезных ископаемых по Л.Н.Овчинникову [34]. Структура в данном случае – пространственное расположение и форма залегания геологических тел, взаимоотношение комплексов горных пород.

Структурно-геологические факторы, контролирующие оруденение, разделяют на региональные (глубинные разломы, геосинклинали, платформы) и локальные, включающие рудные районы и узлы, рудные поля и месторождения, а также внутрирудные и пострудные структуры.

Глубинный разлом – это длительно живущая в течении одного или нескольких тектонических циклов ослабленная линейная зона. Глубинные зоны различных порядков образуют сеть планетарного масштаба. Они образуют системы, простые и сложные группы, сопровождаются опреями разрывами. Различают сквозные (открытые) и скрытые глубинные разломы. Сквозные разломы достигают дневной поверхности в виде протяженных зон смятия или расланцевания, дробления. Глубинные разломы пролегают на границах тектонических структур различных порядков, разделяя материки и океаны, геосинклинальные системы и платформы, зоны подвижных поясов, структурно-формационные зоны, блоки и др. Они ограничивают ареалы распространения комплексов магматических пород, а также рудные районы. Участки пересечения глубинных разломов благоприятны для локализации рудных узлов и рудных полей.

Геосинклинали, по Л.Н.Овчинникову [33], представляют собой главные разделы литосферных плит геологического прошлого. В концепции тектоники литосферных плит они находят свое закономерное место как наиболее деформированные и наиболее мобильные участки земной коры, где накапливаются самые мощные слоистые толщи. Необходимо подчеркнуть целостность и глубину представлений отечественной школы о связи рудных месторождений с геосинклинальным процессом, а также об их распределении в пространстве и времени [1, 40 и др.]. Эти представления, основанные на анализе и синтезе огромного фактического материала, накопленного за многие десятилетия исследований, не могут быть отвергнуты при появлении любой новой концепции. Для металлогенической специализации геосинклиналей наибольшее значение имеет сравнительная интенсивность магматизма ранней и поздней стадий их развития.

Платформы состоят из трех геотектонических элементов, резко отличающихся комплексами слагающих их пород и характером металлогении: 1) основание, или нижний структурный ярус; 2) чехол, или верхний ярус платформенных осадочных пород; 3) зоны тектоно-магматической активизации.

Нижний – метаморфический ярус обнажается на шитах, составляющих в ряде платформ значительные площади; сложен преимущественно докембрийскими метаморфическими горными породами с характерными месторождениями железных и марганцевых руд.

Верхний ярус – чехол платформы сложен слабо дислоцированными осадочными формациями: песчано-глинистой, битуминозной, кварц-песчаной, карбонатной. Типоморфными являются месторождения бокситов, железных и марганцевых руд, фосфоритов.

Зоны тектоно-магматической активизации занимают значительные площади. По степени проявления тектонической и магматической активизации платформы делят на четыре группы: интенсивно активизированные, активизированные, слабоактивизированные и неактивизированные. К первой группе относятся восточная часть Китайской платформы, западная и южная части Африканской платформы. К активизированным относятся Балтийский щит Русской платформы, Сибирская и Африканская. В слабоактивизированных платформах, примером которых представляется Южная часть Северо-Американской

платформы, могут размещаться стратиформные свинцово-цинковые месторождения типа долины Миссисипи, рассматриваемые как телетермальное отражение магматической активизации.

Локальные структуры – рудоносные – неотъемлемая часть общегеологических структур, развитых в земной коре. Структурный контроль – закономерная приуроченность рудных тел к тем или иным структурным элементам. По отношению ко времени рудоотложения среди рудоконтролирующих геологических структур выделяют дорудные, внутрирудные и пострудные.

Дорудные структуры рудных полей и месторождений разделяются на четыре серии: тектоногенную, тектоно-магматогенную, тектоно-метаморфогенную и тектоно-экзогенную.

Внутрирудные структуры определяют размещение и локализацию различных типов руд в пределах рудного тела, форму характер залегания участков с различной концентрацией главных металлов, металлов – спутников и вредных примесей. Особое значение имеют структуры, обуславливающие размещение в рудных телах участков богатых руд – рудных столбов.

Пострудные структуры рассматриваются как характеризующие современный облик рудных залежей. Знание их особенностей в качестве критериев обнаружения рудных тел при локальном прогнозировании.

1.10. Геотектонические концепции и металлогенические построения.

Любые металлогенические построения невозможны без опоры на представления о тектонической природе геологических структур, благоприятных для формирования и размещения месторождений полезных ископаемых.

Более ста лет господствовала **геотектоническая концепция геосинклиналей**, сыгравшая огромное значение в познании геологии вообще и закономерностей размещения полезных ископаемых, в частности.

Основная идея основоположника концепции геосинклиналей Дж. Холла, опубликованная в 1859 году, заключается в следующем: « Горы возникли в результате гигантской инверсии рельефа, за счет опущенных регионов, где они зародились» (Ж. Обуэн, 1967, с. 5 [50]). Сам термин «геосинклиналь» был введен позже Дж. Дэна, в 1873 году. Выработанные за более чем вековой период представления о закономерностях размещения месторождений полезных ископаемых в эволюционной истории формирования складчатых геосинклинальных областей в сжатой форме изложены в монографии В.И. Смирнова «Геология полезных ископаемых», выдержавшей четыре издания [40].

В развитии геосинклиналей наиболее отчетливо различаются три главные стадии (по В.В. Белоусову и др.) – ранняя, средняя и поздняя, каждая из которых характеризуется своими особенностями магматизма, седиментогенеза, тектоники и металлогении.

Ранняя или доскладчатая, доорогенная, или собственно геосинклинальная, стадия занимает время от заложения геосинклинали до главных фаз складчатости, приводящих к инверсии геосинклинали. Ранняя стадия определяется наличием глубоких расколов, вдоль которых в устойчиво прогибающемся ложе геосинклинали накапливаются мощные толщи вулканогенно-осадочных и осадочных пород, пронизанные интрузиями основного и ультраосновного состава. С формированием комплекса эффузивных, интрузивных и осадочных пород ранней стадии ряд характерных геологических формаций и сопутствующих месторождений полезных ископаемых.

Формация субмаринных вулканогенных базальт-риолитовых пород, с которой ассоциируют колчеданные месторождения руд меди, свинца, цинка, а также оксидных руд железа и марганца.

Формация ультраосновных – перидотитовых – пород с магматическими месторождениями хромитов и элементов платиновой группы (осмий, иридий).

Формация габбровых пород с магматическими месторождениями титаномагнетитовых руд и элементов платиновой группы (платина, палладий).

Формация плагиогранит-сиенитов, для которой очень характерны скарновые месторождения железных и медных руд.

Среди осадочных пород ранней стадии можно выделить пять главных формаций: 1) Обломочная формация конгломератов, песчаников, алевролитов и глин, используемых в качестве строительного сырья. 2) карбонатная формация с пластовыми залежами осадочных месторождений лимонитовых и карбонатно-оксидных руд марганца, бокситов, фосфоритов, известняков и доломитов. 3) Шамозитиовая формация с характерными силикатными рудами железа, реже марганца. 4) Кремнистая, или яшмовая, формация иногда содержащая убогую железную или марганцевую руду. 5) Битуминозная, или черносланцевая, формация, сложенная сланцами с повышенным количеством рассеянного органического вещества и тяжелых металлов, главным образом в форме сульфидов железа, меди, цинка, молибдена и других, реже в форме оксидов (уран, ванадий).

Средняя (или соскладчатая, предорогенная) стадия геосинклинального развития характеризуется сменой прогиба геосинклинального ложа его выоздыманием, обычно в осевой части, в форме срединного поднятия с последующим разрастанием приподнятой области к периферии. В эту стадию формируются баролитические массы гранитоидов двух формаций.

Формация умеренно кислых гранитоидов состава от габбро до гранодиоритов и гранитов. Типична ассоциация скарновых месторождений вольфрамовых руд, а также гидротермальных месторождений золота, меди, молибдена, иногда свинца и цинка.

Формация нормальных и крайне кислых гранитоидов состава граниов-аляскитов, для которой особенно устойчива ассоциация пегматитовых и альбитит-грейзеновых месторождений руд олова, вольфрама, тантала, лития, бериллия.

Для средней стадии геосинклинального развития особенно характерны две осадочные формации – флишевая и каустобиолитовая. Флишевая формация накапливается за счет размыва быстро растущих центральных поднятий, распространяясь на крылья геосинклинали; с ней связан разнообразный комплекс месторождений строительных материалов – известняков, глин, мергелей, в том числе цементных. Каустобиолитовая формация характеризуется глинисто-песчанитым составом с пластами горючих сланцев, иногда углей; местами угленосные фации по простиранию переходят в битуминозные и даже нефтеносные толщи.

Поздняя (орогенная, постскладчатая) стадия соответствует переходу мобильного складчатого пояса в молодую платформу. В эту стадию проявляются магматическая формация малых интрузий и эффузивная формация андезито-дацитового состава.

Формация малых интрузий одна из самых продуктивных магматических формаций, с которой парагенетически связаны гидротермальные месторождения руд цветных, редких, радиоактивных и благородных металлов, а также скарновые месторождения свинцово-цинковых, вольфрам-молибденовых и других руд. Формация представлена серией гипабиссальных изверженных пород от диорит-порфиритов до гранит-порфиров и сиенит-порфиров. С эффузивной формацией пород преимущественно андезито-дацитового состава связано формирование различных, часто сложного минерального состава вулканогенно-гидротермальных месторождений.

Для поздней стадии геосинклинального развития характерны разнообразные осадочные формации, важнейшие из которых молассовая, пестроцветная, соленосная, углеводородо-содержащая песчано-глинистая.

Молассовая формация накапливается в предгорных прогибах, сложена пестроцветными песчано-конгломератовыми породами более грубозернистыми в верхних частях разреза.

Пестроцветная формация представляет собой чередование пластов глин, песчаников и алевролитов бордово-красной и серо-зеленой окраски, что обусловлено сменой окисно-

закисного режима седиментогенеза. С формацией связаны осадочно-инфильтрационные месторождения железа, меди, ванадия и урана.

Соленосная (эвапоритовая или лагунная) формация характеризуется значительным накоплением каменной и калийной солей, гипсов и ангидрита в составе карбонатных глин, мергелей и доломитов; с ней иногда ассоциируют месторождения газа и нефти.

Угледородосодержащая песчано-глинистая формация может включать две субформации: 1) угленосную и 2) нефтеносную с нефтематеринскими битуминозными породами и газонефтяными месторождениями.

Следует заметить, что приведенная выше последовательность образования магматических и осадочных формаций является обобщающей и нигде в полном объеме не проявлена. Для металлогенической характеристики геосинклиналей наибольшее значение имеет сравнительная интенсивность магматизма ранней и поздней стадий их развития. В этом аспекте полезно различать две полярные разновидности геосинклиналей – базальтоидные (например, Уральская) и гранитофильные (например, геосинклиналь Верхоянская). Между этими крайними по металлогенической характеристике типами геосинклиналей располагаются переходные типы, не обладающие такой резкой поляризацией базальтоидного и гранитоидного магматизма.

Концепция тектоники литосферных плит представляется альтернативной. В отличие от фикситских представлений сторонников концепции геосинклиналей, в ее основе лежат мобилистские представления о постоянном перемещении литосферных плит, взаимодействие которых и определяет облик поверхности Земли [5, 6, 9]. Представления о закономерностях размещения полезных ископаемых с позиций гипотезы тектоники плит впервые наиболее полно изложены в работе А.Митчела и М.Гарсона [30]. По их мнению геосинклинальную гипотезу можно легко примирить с гипотезой тектоники плит: «последняя может объяснить то, чему не дает объяснения первая».

Рассмотрим кратко наиболее общие черты металлогении различных стадий орогенического цикла Вильсона [9, 28].

1. **Стадия сводового воздымания (или стадия горячих точек)** характеризуется образованием системы глубинных разломов в связи активизацией мантийных источников энергии и сводовым воздыманием литосферной плиты. Следствием являются проявления на щитах и платформах кимберлитового и карбонатитового магматизма с формированием соответственно месторождений алмазов, редкометального и редкоземельного минерального сырья.

2. **Стадия континентальных рифтов.** Сводовое воздымание приводит к формированию линейных депрессий – рифтов, в осевой части которых сохраняется утонченная земная кора континентального типа. В пределах рифтогенных структур характерен базит-гипербазитовый магматизм и формирование ликвационных месторождений медно-никелевых сульфидных руд. В осадочных формациях формируются месторождения угля, нефти и газа, солей, а также стратиформные залежи свинцово-цинковых руд, благородных металлов (в черносланцевой формации).

3. **Стадия океанических рифтов (Красноморская).** Раздвигание литосферных плит приводит к исчезновению континентальной коры в осевой зоне рифтов, подъему магматических масс ультраосновного состава и формированию месторождений хромитовых руд. В субмаринных условиях накапливаются стратиформные полиметаллические руды.

4. **Стадия срединно-океанических хребтов (Атлантическая).** Характеризуется образованием срединно-океанического хребта и интенсивным спредингом (раздвиганием) литосферных плит. В условиях прибрежно морского литогенеза формируются месторождения железных и марганцевых руд, в абиссальной обстановке – железомарганцевые корки и конкреции, а в связи с субмаринными гидротермами колчеданные руды.

5. **Стадии субдукции (Тихоокеанская, Средиземноморская)** литосферных плит. Зоны субдукции – поглощения океанического дна под литосферные плиты с континентальным

типом земной коры – охватывают широкие области земной поверхности. Помимо сейсмически активных зон Заварицкого-Беньюфа, вдоль которых происходит поглощение океанического дна, в зону субдукции входят и соседние обстановки, связанные с процессами субдукции: магматические (активные вулканические) дуги, тыловодужные и надвиговые пояса, внешние прогибы, платформенные краевые бассейны, внешние дуги. Металлогения этих геодинамических обстановок обладает своими отличительными чертами.

Магматические дуги подразделяются на окраинно-континентальные и океанические. К ним принадлежат (по Л.Н.Овчинникову, 1992 [34]:

А) интрузивные и субвулканические тела известково-щелочного состава от диоритов до кварцевых монзонитов и адамеллитов как вместилище широко развитых месторождений медно-молибден-порфирового типа окраинно-континентальных систем западной окраины Америки (Анды, Береговой хребет). К этому порфировому типу относятся также медно-золотые (Филлипины) и золотые (о. Фиджи и др.) месторождения островных дуг;

Б) подводные вулканокластические образования риолитового состава в островных дугах содержат многочисленные колчеданно-полиметаллические стратиформные месторождения типа Куроко (Япония, о.Фиджи, Австралия и др.);

В) андезитовые лавы, туфы и вулканокласты окраинно-континентальных дуг со стратифицированными месторождениями чилийского типа (Баэна, Эсперансо, Чили; месторождения юга Перу);

Г) агпайтовые (щелочные) граниты внутренних приконтинентальных зон магматических дуг с месторождениями оловянных и вольфрамовых руд (Аляска, Япония, Восточный пояс Юго-Восточной Азии);

Д) золотоносные массивы кальдерных андезитов, андезиты и дациты с золотоносными кварцевыми жилами, диориты и гранодиориты с золотым оруденением в приконтактных разломных зонах островных дуг (о. Фиджи, Новая Зеландия, Филлипины, о. Лоусон);

Е) кислые вулканыты с апатит-геметит-магнетитовыми месторождениями (вулкан Эль-Лако, Чилия; Кируна, Швеция);

Ж) основные вулканыты со стратифицированными месторождениями сурьмы, вольфрама, серебра (Восточные Альпы, Сардиния, Турция);

З) андезиты, дациты с гидротермальными месторождениями ртути (Филлипины, Мексика, Камчатка).

Тыловодужные и надвиговые пояса. Месторождения, непосредственно сформированные в зонах надвигов неизвестны. К областям тыловых дуг приурочены многие месторождения олова, вольфрама, молибдена, а также некоторые проявления медно-молибденовых руд (Боливия. Западный оловорудный пояс Юго-Восточной Азии), плутоногенно-гидротермальные месторождения молибдена, вольфрама, олова, золота, серебра, свинца и цинка (батолит Айдахо, США), гидротермальные жилы с рудами меди, золота, серебра в кварцевых порфирах (Бьют, Монтана, США).

Внешние прогибы развиваются между внешними и внутренними вулканическими дугами. Магматическими процессами не затрагиваются.

Платформенные краевые бассейны выполняются осадочными обломочными породами и содержат соответствующие экзогенные месторождения (россыпи золота и касситерита (бассейн Магдалена, Колумбия); мощные слои калийных солей (плато Корат в Тиланде и Лаосе).

К внешним дугам относятся аккреционные призмы пород желобов, океанического дна и континентального подножия. Сами по себе они бесперспективны в отношении оруденения, но в этих дугах локализуются месторождения, заключенные в блоках офиолитов, тектонически сюда перемещенных и захороненных в олистостромах. Таким образом к внешним дугам относятся залежи хромитов в обдуктированных офиолитах Индо-Бирманского хребта, золотоносные кварцевые жилы в аспидных сланцах и деформированном флише (Таивань), ртутное оруденение в кремнисто-карбонатных породах и измененных серпен-

тинитах (Нью-Альмаден, Калифорния; Тянь-Шань), сурьмяное оруденение в кварцевых и карбонатных жилах флишевых толщ (Пакистан).

6. **Стадия коллизии** (Гималайская). Субдукционные процессы приводят к сближению и столкновению (коллизии) литосферных плит. В результате формируются грандиозные горные сооружения. Металлогения коллизионной стадии представляется ограниченной по сравнению с субдукционной. К числу специфических месторождений коллизионных обстановок по [25] относятся разнообразные метаморфогенные и, в первую очередь, метаморфогенно-гидротермальные месторождения золота в черносланцевых толщах. С анатектическими гранитами коллизионных складчатых поясов связана большая часть месторождений олова, олово-вольфрамовых месторождений, содержащих также тантал и ниобий. С ними ассоциируется некоторая часть урановых месторождений. Такую рудную специализацию имеют кайнозойские гранитоиды Высоких Гималаев, мезозойские гранитные пояса Юго-Восточной Азии, Дальнего Востока и Северо-Востока России.

Коллизионные обстановки перспективны также и в отношении нефтегазоносности в структурах краевых прогибов, образование которых связано с поддвижением платформенных блоков под внешние края складчатых сооружений.

Месторождения, сформированные в предшествующие коллизии стадии геотектонического цикла Вильсона, подвергаются существенным структурно-метаморфическим преобразованиям. Некогда единые рудные пояса, узлы и даже отдельные месторождения могут быть расчленены на отдельные разобщенные между собой сегменты.

1. 11. Металлогеническое районирование

Как отмечалось выше, объектами регионального металлогенического анализа являются весьма крупные территории - глобальные, региональные металлогенические пояса и провинции, металлогенические области и зоны. Их принято выделять в рамках принципиально различных металлогенических структур [8]: 1) платформы и щиты; 2) подвижные складчатые пояса; 3) активизированные области или области тектоно-магматической активизации.

Для платформ и щитов в металлогеническом плане четко различаются следующие этапы их развития: 1) накопление древних вулканогенно-осадочных и осадочных толщ, метаморфизм; 2) гранитизация, консолидация земной коры континентального типа; 3) платформенный этап образования чехла осадочных пород; 4) активизация щитов и платформ.

Возраст древних толщ, как правило, архейский и раннепротерозойский, они интенсивно метаморфизованы. С метаморфическими формациями связаны крупнейшие осадочно-метаморфогенные месторождения железных, марганцевых руд, золото-урановых руд. Характерны также серно- и медноколчеданные (с примесью цинка, свинца, золота, серебра) руды в связи с формированием древних зеленокаменных поясов.

С этапом гранитизации и консолидации земной коры связаны многочисленные и часто очень крупные поля месторождений редкометалльных и керамических пегматитов, грейзеновые месторождения кварц-касситеритовых, кварц-вольфрамит-молибденитовых, кварц-золото-арсенопиритовых руд широко развитых в пределах Канадского, Бразильского, Африканского и других щитов, месторождения урановых руд пятиэлементной (Co-Ni-Bi-Ag-U), уран-медь-кобальтовой и уран-гематитовой формаций [8].

Возраст пород платформенного чехла от позднего протерозоя до четвертичного включительно. С осадочными формациями чехла связан широкий спектр полезных ископаемых.

В связи с процессами активизации породы чехла рассечены глубокими разломами, контролирующими размещение интрузивов основного и ультраосновного-щелочного, карбонатитового, реже гранитоидного состава с которыми связана своя серия месторождений полезных ископаемых – ликвационных медно-никелевых сульфидных руд, алмазов, редких металлов (тантал, ниобий, цирконий и др.). Меньшее значение имеют единичные месторождения золото-сульфидных, молибденовых и оловянных руд, связанных с гранитоидами.

Складчатые подвижные пояса образуются на месте геосинклинальных прогибов. Их металлогенические черты, с позиций концепции геосинклиналей, кратко приведены выше. И.Г.Магакьян [8] предлагает различать не три стадии, а четыре последовательных этапа металлогенического развития складчатых поясов: ранний, средний, поздний и конечный. По сравнению с трехчленным разделением истории формирования складчатых подвижных поясов средний и поздний этапы соответствует одной средней – соскладчатой стадии. Средний этап характеризуется началом интенсивных складчатых движений и внедрением значительных масс умеренно кислых гранитоидных интрузий, с которыми связана обширная серия скарновых и гидротермальных рудных месторождений. Поздний этап совпадает с завершающейся складчатостью и внедрением кислых гранитов – продуктов переплавления пород сиалической оболочки. Поздний этап проявлен локально, обычно во внешних зонах металлогенических поясов, в приграничной области складчатой зоны и щита. С кислыми (часто калиевыми) гранитами развита серия месторождений пегматитовой (редкометальных пегматитов), грейзеновой (олова, вольфрама, молибдена, бериллия) и гидротермальной (золота, полиметаллов, олова, сурьмы, ртути, урана) генетических групп.

Зоны автономной тектоно-магматической активизации (области реактивизации французских геологов, области автономной активизации А.Д.Щеглова [50 - 53], обстановки зон внутриплитной активизации с позиций концепции тектоники плит) по А.Д. Щеглову следует разделять на три вида:

1. Активизированные области с завершённой складчатостью (Забайкалье, Средняя Азия, Сибирь, Скалистые горы и др.).
2. Активизированные срединные массивы (Центрально-Французский, Богемский, Родопский, Уссури-Ханкайский и др.).
3. Активизированные щиты и платформы (Восточно-Африканские рифтовые системы, Бразильский щит, Китайская и Сибирская платформы, Балтийский щит и др.).

2. Металлогения платформ и щитов

Щиты и их платформы объединяются И.Г. Магакьяном [8] две группы северную, в которую входят (рис. 1):

1) Русский щит и его платформа, 2) Сибирский щит и его платформа, 3) Сино-Корейский щит и его платформа, 4) Канадский щит и его платформа и южную группу, в которую входят: 5) Африкано-Аравийский щит и его платформа, 6) Индостанский щит и его платформа, 7) Западно-Австралийский щит и его платформа, 8) Гвианский щит и его платформа, 9) Бразильский щит и его платформа, 10) Антарктический щит и его платформа.

Северная группа щитов представляет собой, по-видимому, части древнего материка Лавразии, а южная является разобщенными обломками материка Гондваны.

2.1. Русская (Восточно-Европейская) платформа

Русская платформа занимает территорию Европейской части России, Финляндию, Швецию, южную часть Норвегии, а также Польшу, ГДР и Данию. Общая площадь его 5 млн. км² (рис. 1).

Кристаллический докембрийский фундамент платформы, перекрытый чехлом осадочных отложений палеозойского и мезо-кайнозойского возраста, обнажается в пределах Балтийского и Украинского щитов. Единичные, незначительные по площади выходы фундамента известны в пределах Воронежского кристаллического массива.

Балтийский щит.

В пределах Балтийского щита древнейшие архейские гнейсы кольской серии практически безрудны. Более молодая беломорская (или свионийская) серия представлена, главным образом, гнейсами и гранитами, которые сопровождаются пегматитами с мусковитом и редкими металлами.

Древнейшие формации окаймлены узкими складчатыми зонами карелид (свекофенид) с абсолютным возрастом в 1900—1760 млн. лет. В этот период образовалась ладожская формация гнейсов, сланцев, железистых кварцитов, метаэффузивов, прорванных гранитами, которые сопровождаются пегматитами. Среди рассланцованных эффузивов-лептитов залегают колчеданные месторождения (серноколчеданное Парандово в Карельской АССР, медно-кобальтовое Оутокумпу в Финляндии, медно-золото-мышьяковое Болиден в Швеции и др.).

На древних гнейсах несогласно залегают терригенные формации: ятулийская, представленная кварцитами, песчаниками, конгломератами и диабазами (1500—1300 млн. лет), и формация иотния — хогландия, представленная песчаниками и гранитами рапакиви района Выборга (1200—1000 млн. лет). С конгломератами и песчаниками ятулийской формации на территории Финляндии связана золото-урановая минерализация метаморфогенного типа.

В пределах Балтийского щита, особенно на Кольском полуострове, происходила активизация, выраженная образованием глубоких разломов, которые неоднократно подновлялись и вдоль которых внедрялись магматические породы: ультраосновные-основные и гранитоиды в верхнем протерозое, ультраосновные-щелочные — в среднем палеозое и щелочные — в герцинское время. С гранитоидами и габбро-диабазам протерозоя связана разнообразная минерализация: медь, титан, свинец и цинк, молибден, олово, серебро (месторождения серебра вдоль побережья Белого моря выработаны, но аналогичные еще разрабатываются в Норвегии — Конгсберг и др.). С протерозойскими ультраосновными-основными интрузиями печенгского и мончегорского комплексов связаны месторождения ликвационных медно-никелевых руд (с примесью Co, Pt, Pd); подобные же месторождения известны в Финляндии, Швеции, Южной Норвегии.

С ультраосновными-щелочными комплексами Ковдора, Африканды, Вуори-Ярви и другими связаны месторождения титаномагнетитовых и магнетит-апатитовых руд, редкометалльных карбонатитов (с пирохлором, бадделеитом, цирконом, бастнезитом, паризитом и др.), флогопита и вермикулита; возраст этих массивов и месторождений 305—375 млн. лет [18] – время наиболее поздней тектоно-магматической активизации балтийского щита.

Итак, в пределах Балтийского щита выделяются следующие главные типы месторождений:

- 1) пегматиты с мусковитом и редкими металлами, связанные с беломорскими, ладожскими и ятулийскими гранитами;
- 2) скарновые месторождения железных магнетитовых (Выборг) и оловянно-цинковых руд (Питкяранта), связанные с выборгскими гранитами рапакиви;
- 3) кварц-молибденитовые (часто с примесью халькопирита) месторождения Карельской АССР, Финляндии, Швеции, Норвегии, связанные с ладожскими гранитами;
- 4) колчеданные месторождения среди метавулканитов, лептитов {Парандово, Оутокумпу, Болиден, Фа-лун и др.);
- 5) медно-никелевые ликвационные месторождения в связи с ультраосновными — основными комплексами протерозойского возраста — Печенга, и др.;
- 6) титаномагнетитовые, апатит-магнетитовые с карбонатитами, флогопитовые и вермикулитовые месторождения, связанные со среднепалеозойскими ультраосновными-щелочными комплексами (Африканда, Ковдор и др.);
- 7) нефелин-апатитовые (Хибины) и лопаритовые (Ловозеро) месторождения в связи с герцинскими щелочными комплексами;
- 8) железистые кварциты (Оленегорское, Зюдварангер и др.) среди ладожской толщи верхнеархейского — нижнепротерозойского возраста;
- 9) кианитовые месторождения среди кристаллических сланцев верхнеархейской формации кейв (месторождение имени А. Е. Ферсмана);
- 10) золото-ураноносные конгломераты (верхнеархейские, или нижнепротерозойские) Финляндии.

На Кольском полуострове и в Северной Швеции установлены кимберлитоподобные породы, с которыми, вероятно, и связаны единичные находки алмазов в аллювии рек этих районов.

Металлогения Карело-Кольского региона в последнее время рассматривается и с позиций тектоники литосферных плит. По представлениям М.В. Минца и С.И. Турченко [21]] Карельская гранит-зеленокаменная область (ГЗО), Кольская область, Беломорская область представляют собой мегатеррейны, образованные архейской корой. Они разделены раннепротерозойскими шовными поясами - сутурами: 1) Печенга-Имандра-Варзугской, 2) Циркум-Карельской, 3) Карсийок-Коляярвинской. Раннепротерозойские структурно-метаморфические преобразования архейской коры мегатеррейнов весьма разнообразны: они включают реоморфизм, куполообразование, формирование чешуйчато-надвиговых структур и изолированных сдвиговых зон. К числу наиболее сложных новообразований относится Лапландский гранулитовый пояс в составе Беломорского мегатеррейна.

Металлогения Карельской ГЗО определяется наличием сульфидного медно-никелевого, железорудного, серноколчеданного, полиметаллического (свинцово-цинкового с золотом и серебром) и молибден-порфирирового (с Cu, W, Au) оруденения. Известны также проявления стратиформного вольфрамового оруденения в серых гнейсах. В целом металлогения Карельской ГЗО подобна металлогении других гранит-зеленокаменных областей Мира. Наиболее близкая аналогия может быть проведена с провинцией Сьюперior Канадского щита. Вместе с тем, по численности и размерам выявленных месторождений Карельская ГЗО значительно уступает провинции Сьюперior. В частности, в Карелии практически отсутствует архейское золотое оруденение, играющее важную роль в провинции Сьюперior.

Сложно построенная Кольская область сформирована к концу позднего архея в результате объединения Мурманского, Кольско-Норвежского и Кейвского микроконтинентов – террейнов. Между ними размещается сложно построенная Титовско-Кейвская шовная структура, в центральной части которой сохранились породы позднеархейской ассоциации зеленокаменного пояса Колмозеро-Воронья. Вышеперечисленным определяется разнообразная и достаточно богатая металлогения Кольской области: железистые кварциты, медно-порфиновые руды, проявления золота, пояс крупных месторождений редкометалльных пегматитов (Титовско-Кейвская шовная зона); железные руды лептитового (Оленегорское и др.) и «амфиболитового» типов, проявления медно-никелевых руд, возможно, колчеданных руд (Кольско-Норвежский террейн). Проявления оруденения в пределах Мурманского и Кейвского террейнов незначительны.

Беломорская область отвечает фрагменту позднеархейского кратона - Пангеи-0, ограниченного раннепротерозойскими шовными поясами – Печенга-Имандра-Варзугской с севера, Северо- и Восточно-Карельской с юга и юго-запада. Металлогения архейского периода незначительна – мелкие проявления железистых кварцитов, медно-никелевая минерализация (в мелких телах ультрамафитов) среди гнейсов беломорской серии. Вместе с тем с этой областью связаны раннепротерозойские месторождения мусковитовых и керамических пегматитов. В связи с этим архейские породы, включающие высокоглиноземистые осадки, рассматриваются в качестве источника вещества мусковитовых пегматитов [21].

Металлогения раннепротерозойских шовных поясов характеризуется ярко выраженной медно-никелевой и платинометальной специализацией с сопутствующим хромовым и титан-железо-ванадиевым оруденением. Известны также стратиформные проявления меди (частично с кобальтом и золотом), комплексного U-Pt-Cr-V оруденения в черных сланцах (в пределах Онежской структуры), мартит-гематитовых руд, марганца и фосфатов, месторождения шунгита, хризотил-асбеста, рудопроявления золота.

Можно заключить: главная роль в металлогении раннепротерозойских шовных поясов принадлежит ликвационным медно-никелевым рудам печенгского (руды связаны с телами габбро-верлитовой формации) и мончегорского (перидотит-пироксенит-габбро-норитовая формация) типов. Перспективы выявления стратиформного медного, или медно-кобальтового оруденения, а также комплексного U-Pt-Cr-V оруденения, в том числе крупных промышленно значимых объектов, весьма велики [21].

Воронежский кристаллический массив (ВКМ) занимает центральную часть Русской платформы, составляя около 10% ее площади (0,5 млн. км²). Границами ВКМ являются: Оршанская впадина на северо-западе, Пачелмский авлакоген на северо-востоке, Днепровско-Донецкая впадина на юго-западе. На юго-востоке ВКМ смыкается с Прикаспийской впадиной (точное местоположение границы не установлено). На территории ВКМ размещается полностью или частично восемь административных областей: Брянская, Белгородская, Курская, Воронежская, Липецкая, Тульская, Орловская, Тамбовская. Мощность осадочного чехла, перекрывающего ВКМ, изменчива в соответствии со структурой Воронежской антеклизы - от первых метров в центральной части до километра и более на периферии.

В структурном отношении ВКМ представляет собой достаточно обособленный геоблок, в составе которого различаются мегаблоки КМА и Хоперский, между которыми располагается Лосевская шовная зона (рис. 2).

Мегаблок КМА – важнейшая железорудная провинция России, обладающая уникальными запасами и ресурсами железных руд. Мегаблок КМА сложен преимущественно высокометаморфизованными и гранитизированными образованиями архея (гнейсами, мигматитами, амфиболитами). Раннепротерозойские зонально метаморфизованные стратифицированные серии – курская и оскольская, выполняя синформы (Михайловская, Белгородская, Рыльская, Крупецкая, Тим-Ястребовская, Волотовская и др.), занимают не более 30% территории КМА. Пространственно и генетически железные руды связаны с широко распространенными архейскими и раннепротерозойскими метаморфическими фор-

мациями. Железисто-кремнисто-гнейсовая раннеархейская формация представлена серией одиночных узких пластов железистых кварцитов. Кварциты этой формации рассматриваются как малорудные и пока не вовлечены в эксплуатацию.. Железисто-кремнисто-метабазитовая позднеархейская формация также менее перспективна для экономического освоения, так как тоже сложена серией узких прерывистых пластов железистых кварцитов. Наиболее продуктивна раннепротерозойская железисто-кремнисто-сланцевая формация. С ней связаны почти все промышленные, разведанные и прогнозные запасы железистых кварцитов, а с их корой выветривания почти все запасы (84,4%) богатых железных руд.

В заключении следует сказать, что суммарный потенциал железных руд в целом по КМА определен [13] в 1625,1 млрд. т, в составе которого 62,7 млрд. т (3,8%) разведанных и оцененных. Остальные приходятся на прогнозные (22,3%) и потенциальные (73,9%) ресурсы.

Наряду с железными рудами геоблок КМА имеет большие, еще не полностью выявленные ресурсы целого ряда полезных ископаемых [13, 14], среди которых наиболее важными являются раннепротерозойские металлогенические формации метаморфической серии: углеродистых черных сланцев золотоносных и платиноносных; золотоносных, уран и платиноиды содержащих конгломератов; золото-полиметаллическая платиноносная; марганцево-гондитовая, фосфорноносных черных сланцев. С магматической серией выявлены рудные формации: сульфидная медно-никелевая (в связи с перидотит-пироксенит-габбровой формацией раннего и метакоматит – базальтовой формацией позднего архея, пикробазальтовой раннего протерозоя); апатит-магнетитовая, уран-ториевая, титан-редкоземельная, редкоземельно-ториевая, редкометальная (в связи со щелочно-ультраосновными, карбонатитовыми телами докембрийской активизации); золото-сульфидно-кварцевая, золото-кварц-малосульфидная, золото-арсенопирит-кварцевая и др. в связи с позднеархейскими и, главным образом, раннепротерозойскими гранитоидами.

Хоперский мегаблок занимает восточную часть ВКМ, сложенную раннепротерозойскими осадочно-метаморфическими образованиями (метаграувакково-сланцевый формационный комплекс) воронцовской серии. В его пределах выявлена третья в России медно-никелевая провинция. Месторождения и рудопроявления сульфидных медно-никелевых руд принадлежат к двум формационным типам – мамонскому и еланскому[46]. Мамонский тип ассоциирует с высоко ($MgO > 30\%$) и умеренномагнезиальными ($20 < MgO < 30\%$) породами перидотит-габбро-норитовой формации раннепротерозойского возраста (2080+-10 млн. лет). Разведано три месторождения (Нижнемамонское, Подколдновское, Юбилейное) и ряд рудопроявлений разного масштаба. Еланский тип ассоциирует с породами норит-диоритовой субвулканической формации (2065 +-15 млн. лет). Разведаны Еланское и Елкинское месторождения и несколько рудопроявлений. Интрузивные тела еланского комплекса локализуются в относительно узкой (30-40 км) но достаточно протяженной (до 700 км) Тамбовско-Волгоградской зоне реактивизации, вероятно, в связи с процессами рассеянного спрединга в пределах Хоперской пассивной окраины [47].

С интрузивными телами бобровского комплекса двуслюдяных гранитоидов широко развитыми в пределах Хоперского мегаблока выявлены перспективы редкометальных пегматитовых и плутоногенно-гидротермальных месторождений (Li, Be, Ta, Nb, Sn, Mo, V).

В составе метаграувакково-сланцевого формационного комплекса большое минерогеническое значение имеют графит-гнейсовая и углеродисто-песчаниково-сланцевая формации, с которыми пространственно и генетически связаны месторождения и рудопроявления графита (Сухоярское месторождение), полиметаллов, золота, платиноидов (ряд рудопроявлений в углеродистых сланцах).

С процессами тектоно-магматической активизации связаны проявления траппового, щелочно-базальтоидного, сиенитового и щелочно-сиенитового магматизма. С последними генетически связана уран-ториевая минерализация (мелкие рудопроявления).

Украинский щит (УЩ) отделен от ВКМ Днепровско-Донецкой впадиной, занимает южную часть Русской платформы; его площадь более 200 тысяч км². На территории УЩ выделены металлогенические области и зоны [2, 25], различающиеся определенным набором месторождений полезных ископаемых (с запада на восток) (рис. 3):

Волынская металлогеническая область. Ведущее значение имеют магматические формации среднего-позднего протерозоя – рапакиви, анортозитовая и гранитоидно-щелочная, с которыми связана разнообразная редкометальная минерализация, рудопроявления цветных металлов (Sn, W, Mo, Zn, Pb), черных металлов (Ti, Fe), а также камерных топазовых пегматитов.

Подольская металлогеническая область отвечает области развития подольского чарнокитового комплекса с которым связаны рудопроявления графита, силлиманита. Известны отдельные тела раннедокембрийских ультрабазитов с никеленой корой выветривания. С чудново-бердичевскими микроклиновыми гранитами связана редкометальная минерализация, пегматитовые и кварцевые жилы с молибденовой минерализацией.

Белоцерковско-Одесская металлогеническая область вытянута в меридиональном направлении через весь щит. Важнейший комплекс полезных ископаемых связан с архейскими ультрабазитами. В пределах Побужья известны месторождения силикатного никеля в ассоциации с кобальтом, установлены проявления хромитовых руд в серпентинитах. В пределах Среднего Побужья известны многочисленные проявления и месторождения графита (в том числе Завальевское) среди ахейского гнейсового комплекса. Среди силлиманитовых гнейсов выявлен корунд. С пегматитоами и аплито-пегматоидными гранитами связана редкометальная минерализация.

Кировоградская металлогеническая область занимает центральное положение в пределах УЩ. В целом это редкометальная область. Наиболее продуктивны нижне- и средневерхнепротерозойские этапы становления гранитоидов формации рапакиви и щелочного метасоматоза линейного типа (этапы активизации).

Криворожско-Кременчугская металлогеническая зона протяженностью около 200 км при ширине 35-55 км преимущественно сложена наиболее полным разрезом раннепротерозойских метаморфических пород криворожской серии, в составе которых сформирован всемирно известный Криворожский железорудный бассейн. Характерны также оруденения золота, меди, никеля, кобальта, мышьяка, свинца, молибдена, апатита, амфибол-асбеста; есть месторождение графита (в Ингулецкой подзоне).

Днепровская металлогеническая область разделена на ряд металлогенических подзон различной специализации, в связи с тем, что синклиновые формы докембрийского щита сложены познеархейскими метаморфизованными базитовой и гипербазитовой формаций, а разделяющие их антиклинорные структуры сложены гнейсо-мигматитами и плагиогранитами. Наиболее продуктивны познеархейские зеленокаменные образования, с которыми ассоциируют руды железа, золота, меди, никеля, хрома, асбеста, алюминия (в коре выветривания основных пород). С гнейсо-мигматитовым комплексом и гранитоидами антиклинорных зон связаны рудопроявления молибдена, вольфрама, меди. С пегматитами выявлен пьезокварц.

Орехово-Павлоградская металлогеническая зона сложена преимущественно архейскими гнесами с подчиненным развитием раннепротерозойских осадочно-эффузивных образований. Преобладает оруденение железа (железистые кварциты). Выявлены рудопроявления Cu, Mo, Ni, Co, Ti, RM. Редкометальная минерализация генетически связывается [25] с формацией щелочных гранитоидов.

Приазовская металлогеническая область приурочена к Приазовскому блоку в краевой юго-восточной части УЩ. Характеризуется широким развитием пегматитов, редкоме-

тальной, полиметаллической (Cu, Pb, Zn), а также наличием ранепротерозойских месторождений железа (Мариупольское и др.).

В докембрии различных регионов УЩ выделяется шесть основных металлогенических эпох [52]:

Раннеархейская эпоха проявления тоналит-метаультрабазитовой формации (3,7 – 3,1 млрд.лет) характеризуется высокой степенью метаморфизма (гранулитовая фация), незначительным распространением. Металлогения изучена слабо.

Познеархейская эпоха (3,1-2,8 млрд. лет) формирования гранит-зеленокаменных областей характеризуется богатой металлогенией (железные руды железисто-кремнисто-метабазитовой формации, медь, никель, полметаллы, золото). Завершение этапа обозначается образованием ультраметаморфических гранитоидов днепровского комплекса (2,8 млрд. лет). Образование аллохтонных гранитоидов возраста 2,6-2,7 млрд. лет (массивы типа Токовского, Мокромосковского), с которыми связаны проявления молибденовой и редкометальной минерализации, соответствуют первой эпохе тектоно-магматической активизации.

Раннепротерозойская эпоха (2,6-2,0 млрд. лет) наиболее значительная в металлогеническом отношении. В различных регионах УЩ выделяются гранито-гнейсовые и железисто-кремнистые формации. Преобладают метаосадочные образования, сформировалось большинство железорудных месторождений. На завершающих стадиях метаморфизма и ультраметаморфизма формируется целый ряд гранитоидных массивов, с которыми связан широкий спектр рудопроявлений.

Вторая эпоха тектоно-магматической активизации проявилась 1,9-1,8 млрд. лет в образовании различных метасоматических, реже интрузивных, в том числе карбонатитовых пород, несущих редкометальную минерализацию (Октябрьское рудное поле, Приазовский блок).

Третья эпоха докембрийской активизации выражена становлением аллохтонных гранитов формации рапакиви (1,75 млрд. лет) с преимущественно апатит-титановым оруденением.

Металлогения осадочного чехла Русской платформы изучена еще недостаточно. Среди экзогенных месторождений металлических полезных ископаемых, развитых в чехле Русской платформы, наиболее важными являются:

- 1) месторождения осадочных оолитовых железных руд Липецкое и Тульское (нижнекаменноугольного возраста) и Хоперское (верхнемелового возраста);
- 2) месторождения осадочных оолитовых марганцевых руд в основании олигоцена — Никопольское и Большепетокмакское;
- 3) месторождение боксита в основании нижнего карбона — Тихвинское;
- 4) россыпное месторождение ильменита и рутила в олигоценовых песках Приднепровья.

Не имеют промышленного значения и пока плохо изучены проявления свинцово-цинковых руд среди доломитизированных известняков ордовика и силура в Эстонии и проявления медных руд среди пермских отложений Западного Приуралья и Донбасса.

Из неметаллического сырья следует собою выделить крупнейшие месторождения алмазов, выявленные в семидесятых годах двадцатого столетия на севере Русской плиты (преимущественно в пределах Архангельской области). Формирование алмазоносных кимберлитовых трубок обусловлено палеозойской тектоно-магматической активизацией. На территории ВКМ также выявлены перспективы алмазоносности в пределах Воронежско-Липецкой площади.

2.2. Сибирская платформа

Сибирская платформа располагается в основном между реками Енисеем и Леной, занимая территорию около 6 млн. км². На значительной части платформы залегает чехол неметаморфизованных осадочных и вулканогенных пород с возрастом от среднего протерозоя до современного. Породы фундамента представлены складчатыми архейским и нижнепротерозойским комплексами метаморфических и интрузивных пород, слагающих Алданский и Анабарский массивы, Восточный Саян, Туруханское и Игарское поднятия.

В металлогении Сибирской платформы следует различать металлогению кристаллического фундамента, металлогению платформенного чехла и металлогению, наложенную в связи с процессами активизации [8,].

В строении фундамента платформы можно выделить три структурных комплекса — архейский, нижнепротерозойский и байкальский.

В архейском структурном комплексе Анабарского щита известны железо, флогопит, золото; на Алданском щите, (включая Становой хребет) — железо, флогопит, высокоглиноземистое сырье; в Восточно-Саянском выступе фундамента — высокоглиноземистое сырье.

Месторождения железа представлены двумя различными генетическими типами — метаморфогенным (железистыми кварцитами) в породах далдынской серии на Анабарском щите и верхнеалданской свиты — на Алданском, и более крупными скарновыми месторождениями железных руд (Таежное, Сивагли и др.) в пределах Алданского щита.

Месторождения флогопита известны в пределах Анабарского и Алданского щитов; на Алданском они приурочены к диопсидовым породам федоровской свиты (ранний архей).

В пределах Алданского щита сочетаются области архейской и протерозойской складчатости и более молодые наложенные прогибы.

Область архейской складчатости занимает большую часть Алданского щита и включает два крупных выступа архея — Алданский участок и Чарскую глыбу, разделенные Олекминским прогибом. Здесь широко развиты метаморфизованные вулканогенные породы, кварциты, песчаники, а среди интрузивных пород — гипербазиты и несколько более молодые граниты. Для металлогении архея характерны месторождения железа, флогопита, пегматитов с редкими металлами [44].

Область протерозойской складчатости охватывает Становой хребет, обрамляющий Алданский массив, с широким развитием базальтовых лав и анортозитов и осадочно-вулканогенной формации. Магматизм представлен ранне-протерозойскими производными базальтовой магмы до гранитоидов, а минерализация — титаномагнетитовыми рудами в габбро-анортозитах, метаморфогенными месторождениями железа и пегматитами с редкими металлами. На Алданском массиве довольно широко распространены корундсодержащие, кианитовые и силлиманитовые сланцы верхнеалданской свиты и силлиманитовые сланцы федоровской свиты.

В нижнепротерозойском структурном яруса Алданского массива и Восточно-Саянском выступе фундамента известны железо, полиметаллы, редкие металлы, горный хрусталь, корунд и др. Наибольший интерес среди железорудных месторождений представляют собственно магматические концентрации титаномагнетитовых руд в габброидах бассейнов рек Средняя Унгра и Джиллинда. Проявления титаномагнетитовых руд встречены и на востоке щита среди крупных массивов габбро-анортозитов Джугджура.

В среднем — верхнем протерозое широко развиты алевролит-песчаниковые отложения, сопоставимые с удоканской серией, и также меденосные метаморфические породы (метапесчаники).

Байкальская - позднепротерозойская металлогеническая эпоха является весьма продуктивной для рудообразования Сибирской платформы [8, 15, 25]. На ранних ее стадиях формируются базальтоидные вулканы, интрузии альпинотипных гипербазитов и расслоенных массивов габбро-перидотитов с месторождениями хромитов, асбеста, титано-

магнетитовых руд, а также медно-никелевой минерализацией (Северное Прибайкалье). В вулcano-терригенных толщах формируются стратиформные полиметаллические месторождения (Холодненское в Северном Прибайкалье), а также месторождения железистых кварцитов (Тыйское и др.). В поясах байкалит размещаются метаморфогенно-гидротермальные концентрации золота, в карбонатных толщах – свинцово-цинковые стратиформные месторождения (Енисейский кряж, Прибайкалье), месторождения марганца. С гранитоидными массивами байкальского этапа связаны месторождения мусковитовых пегматитов, проявления редких металлов.

Области верхнепротерозойской — кембрийской платформы и байкальских краевых прогибов сложены обломочной серией верхнего протерозоя (синия) и терригенно-карбонатной толщей кембрия. Магматизм представлен габбро, щелочными гранитами, ультраосновными-щелочными породами с титано-магнетитовым, карбонатитовым, флогопитовым и редкометальным оруденением.

Область мезозойской тектоно-магматической активизации Алданского щита характеризуется разломами и интрузиями гранитоидов и щелочных пород, с которыми связаны месторождения золота, а также молибдена, свинца, цинка, флюорита и др.

В пределах Енисейского кряжа с архейскими гранитами связаны пегматиты с мусковитом и редкими металлами, а с протерозойскими гранитоидами — золоторудная минерализация (Советское, Пролетарское, Эльдорадо), сурьма (Раздольнинское месторождение), а также, вероятно, телетермальное свинцово-цинковое месторождение Горевское в карбонатной толще позднего докембрия.

Металлогения платформенного чехла Сибирской платформы развивалась в несколько этапов [2, 27]. Первый этап (начало платформенного режима) охватывает период от конца нижнего или начала среднего протерозоя до конца протерозоя, нижнего или среднего кембрия. Магматизм представлен основной (трапповой) и ультраосновной-щелочной формациями предкембрийского или нижнекембрийского времени. С траппами связаны проявления меди в кварц-карбонатных жилах крайней юго-западной части платформы, а с ультраосновной-щелочной формацией на Алданском щите — с одной стороны, магматические концентрации титана, хрома и платины, с другой — карбонатиты с редкометальной минерализацией (массивы Кондер, Инагли и др.).

Второй этап металлогенического развития чехла Сибирской платформы охватывает интервал времени от кембрия до нижнего триаса включительно. Магматизм представлен трапповой и ультраосновной-щелочной формациями. Возраст траппов от конца карбона до начала триаса; среди них выделяют шесть фаз, отличающихся друг от друга по относительному возрасту, составу и характеру дифференциации. Первая и вторая фазы характеризуются повышенной щелочностью; третья фаза отвечает по составу «нормальным» долеритам. Четвертая фаза, наиболее интересная в металлогеническом отношении, объединяет четыре интрузивных типа: норильский и курейский (повышенная магнезиальность), кузьмовский (повышенная железистость), тычанский (повышенная щелочность). С этой фазой связывают концентрации ликвационных медно-никелевых руд — Норильское, Талнахское, Октябрьское и др. Пятая интрузивная фаза близка по составу третьей; шестая интрузивная фаза (вилюйского типа, по В. Л. Масайтису) развита в восточной части платформы и характеризуется повышенным содержанием щелочей и титана.

Первая и вторая интрузивные фазы имеют пермо-триасовый возраст, все остальные — нижнетриасовый.

В конце перми — триасе на севере платформы, а также в Восточном Саяне и Чадобецком поднятии проявились породы ультраосновной-щелочной формации, давшие интрузии центрального типа, мощные покровы лав и кимберлитовые трубки. Наиболее полно эта формация представлена на севере платформы в Маймечя-Котуйском районе, где с ней связаны месторождения карбонатитов с концентрациями флогопита, вермикулита, нефелина, пироклора, апатита.

В северной части Сибирской платформы к ультраосновным-щелочным комплексам приурочены карбонатиты. Один из крупнейших в мире (площадь 250 кв. км.) карбонатитовый массив – вулканоплутон Томтор расположен на восточном обрамлении Анабарского щита. В его пределах выявлен комплекс месторождений полезных ископаемых. К категории промышленных типов вошли титано-магнетитовое, комплексное редкометалльно-фосфатное и редкоземельно-редкометалльно-алюмофосфатное месторождения, приуроченные к разным структурным этажам вулканоплутона [31].

К ультраосновной-щелочной формации относятся и кимберлиты, выполняющие трубки-взрыва, к которым приурочены месторождения алмазов. Возраст кимберлитовых трубок различен — от допермского до посленижнемелового, но главным образом мезозойский.

С трапповым магматизмом связаны скарновые и гидротермальные месторождения железных руд (Ангари-Илимская группа и др.), многочисленные месторождения исландского шпата, барита и целестина, свинцово-цинковых и халькозин-борнитовых руд, а также крупные месторождения графита метаморфогенного типа, возникшие в контакте траппов с пластами пермских углей (Курейка, Вахта и др.).

Самостоятельный этап металлогенического развития Сибирской платформы охватывает промежуток времени от среднего триаса до антропогена. К магматическим породам этого этапа относится подавляющее большинство кимберлитовых трубок, возраст которых, главным образом, посленижнетриасовый; на северо-востоке платформы известны трубки посленижнемелового возраста. Алмазодносны далеко не все кимберлитовые трубки, наиболее известны трубки «Мир», «Айхал», «Удачная» и др.

Типичной областью активизации является Алданский щит, в особенности его южная часть. Магматизм, связанный с активизацией, проявлялся на Алданском щите в четыре этапа, из которых наибольшее металлогеническое значение имел третий этап верхнеюрского — нижнемелового возраста, когда внедрились кислые интрузии станового комплекса и щелочные — алданского.

С внедрением щелочных интрузивов алданского комплекса связаны многочисленные месторождения различных полезных ископаемых, главным образом железа, молибдена, флюорита, в меньшей степени — полиметаллов, редких металлов, горного хрусталя.

Железорудные скарновые месторождения магнетитовых руд приурочены к контактам послепермских интрузий сиенитов с доломитами нижнего кембрия; золоторудные месторождения (Лебединское и др.) связаны с мезозойскими щелочными интрузиями и представлены тремя типами: метасоматическим, жильным и вкрапленным.

2.3. Китайская платформа (Сино-Корейский щит)

Китайская платформа после своего формирования подверглась очень крупным изменениям и поэтому ее первоначальные контуры устанавливаются неоднозначно. Обычно в нее включают Буреинский массив и Маньчжурию на севере, Таримский массив — на западе, Корейско-Шаньдунский — на востоке; к югу она занимает значительную часть Юго-Восточного Китая и распространяется до Камбоджийского массива включительно. В этих границах площадь платформы составляет примерно 5 млн. км² (рис. 1).

В фундаменте Китайской платформы преобладают гнейсы и кристаллические слайцы, прорванные гранитоидами. Выходы архея широко развиты на юго-востоке горной Маньчжурии, на п-ове Ляодун и в ряде горных районов Китая. Преобладают слоистые гнейсы и кристаллические сланцы, местами развиты мраморы и амфиболиты. Архейские толщи пронизаны красновато-серыми гранитами, аплитами, пегматитами, основными породами; среди биотитовых и пегматоидных гранитов обычны кварцевые золотоносные жилы (в провинции Жэхэ и др.).

В нижнепротерозойских метаморфизованных отложениях толщи Утай, широко развитой в Северном Китае, залегают месторождения железных руд, магнетита и доломита, а с

магматическими телами, пронизывающими эту толщу, связаны кварцевые жилы иногда с медным оруденением.

Среди протерозойских отложений господствуют различные сланцы (глинистые, графитовые), филлиты; аркозы, кварциты, в том числе железистые кварциты, с которыми связаны крупные концентрации богатых железных руд метаморфогенного типа.

Синий представлен кварцитами и черными сланцами, которые сверху сменяются кремнистыми известняками, филлитами, песчаниками, тиллитами.

Очень характерна для Китайской платформы активизация (структуры дива) в яньшаньское время (верхняя юра — нижний мел), выраженная в глыбово-сводовых движениях и внедрении мезозойских (яньшаньских) гра-нитоидов. С последними связана разнообразная и богатая минерализация Северо-Восточного Китая и Кореи и в особенности Юго-Восточного Китая с крупными концентрациями плутоногенно-гидротермальных руд вольфрама, олова, золота, свинца, цинка, сурьмы и ртути.

Среди докембрийских (досинийских) формаций известны следующие важнейшие типы месторождений:

1) метаморфогенные месторождения железных руд среди железистых кварцитов протерозоя (Кимканское месторождение в районе Малого Хингана, Мусан в Корее, ряд крупных рудников в Маньчжурии и Шаньдуне);

2) высокотемпературные золотоносные кварцевые жилы, связанные с гранитоидами архея и протерозоя, залегающие среди метаморфических толщ докембрия. С коренными месторождениями связаны россыпи.

Районы, богатые золотом: Северная Корея, Северо-Восточный Китай и Маньчжурия;

3) пегматитовые месторождения, связанные с гранитоидами докембрия. В пегматитах наблюдается урановая, ториевая, тантал-ниобиевая и редкоземельная минерализация, иногда также циркониевая и бериллиевая;

4) стратиформные месторождения медных руд среди доломитов и глинистых доломитов протерозойского возраста (месторождение Дунчуань).

В последние годы выявлена алмазоносность Китайской платформы, представляющая практический интерес.

2.4. Канадский щит

Канадский щит и его платформа (рис. 1) охватывают значительные части территории Канады и США и почти весь архипелаг островов Северного Ледовитого океана к северу от побережья Канады; общая площадь его около 30 млн. км². По размерам и богатству своих минеральных ресурсов он сопоставим с Африканским щитом.

Канадский кристаллический щит сложен сильно метаморфизованными толщами архейского и протерозойского возраста. Древнейшие архейские толщи Киватин и Тимискаминг с абсолютным возрастом 3,5—2,5 млрд. лет слагают протоплатформы, развитые вблизи оз. Верхнего и в районе Иеллоунайф, а также в районах Большого Медвежьего и Большого Невольничьего озер на северо-западе Канады.

На архейском комплексе несогласно залегают протерозойские образования, представленные кварцитами, железистыми кварцитами, глинистыми сланцами и доломитами, а также граувакками и аркозами, относимыми к раннему протерозою — гурону.

Более молодая верхнепротерозойская серия Кивино сложена песчаниками, конгломератами и основными вулканическими породами; в эти породы были интродуцированы пластовые интрузии основного состава, образующие массивы Садбери и Дулут, а также диабазовый силл Ниписсинг. Абсолютный возраст интрузива Садбери определен в 1200—1000 млн. лет.

По данным радиометрического датирования в пределах Канадского щита выделяют следующие комплексы [15].

Докембрий I (3500—2600 млн. лет). С гранитами возраста 3100—2600 млн. лет связаны месторождения золота с сульфидами и иногда с шеелитом. С конечными кислыми членами вулканических серий связаны крупные колчеданного типа месторождения Флин-Флон, Шеррит-Гордон.

Докембрий II (2600—2000 млн. лет) с кварцитами и конгломератами, к которым приурочено золото-урановое оруденение рудного поля Блайнд-Ривер (возраст месторождения 2600—2200 млн. лет).

Докембрий III (2000—1700 млн. лет) характеризуется формированием железистых кварцитов и богатых железных руд в районе оз. Верхнего. С гранитными интрузиями этого возраста связаны, по-видимому, месторождения золота района Голдфилд (абсолютный возраст 1910 млн. лет) и др.

Докембрий IV (1700—1000 млн. лет), в течение которого среди туфогенных осадочных пород и в связи с базальт-андезитовым вулканизмом образуются пластообразные тела массивных полиметаллических руд (Сулливан в Канаде). С гранитами этого возраста связаны урановые месторождения района Большого Медвежьего озера (абс. возраст месторождения Эльдорадо 1400 млн. лет), а с породами основного состава — ликвационные медно-никелевые месторождения района Садбери (абс. возраст 1200—1000 млн. лет), месторождения самородной меди мыса Кивано, серебро-кобальтовые месторождения Кобальт и др.

Докембрий V (1100—570 млн. лет), когда в результате размыва древних окисленных толщ формировались крупные концентрации осадочных медных руд типа месторождения Уайт-Пайн, а также формация ленточных железных руд района Крест в Северо-Западной Канаде (абс. возраст обоих месторождений 1000—700 млн. лет).

В породах палеозойского и мезо-кайнозойского чехла, перекрывающего докембрийский фундамент Канадской платформы, уже на территории США известны крупные стратиформные месторождения свинцово-цинковых, флюоритовых и баритовых руд, уранованадиевых руд (штатов Юта и Колорадо) и одно небольшое месторождение алмазов — Пайк — в штате Арканзас, связанное с кимберлитовой трубкой ниже-верхнемелового возраста.

В пределах Канадской платформы на территории Канады и США размещены важнейшие группы промышленных месторождений:

Железорудные метаморфогенные месторождения района оз. Верхнее приурочено к раннепротерозойским железистым кварцитам формации Гурон.

По содержанию золота Канадский щит уступает только Африканскому; здесь ежегодно добывается 200—250 т золота.

Медно-никелевые (с примесью платины и палладия) ликвационные месторождения района Садбери, дают до 80% мирового производства никеля капиталистических стран и около 50% производства платины и палладия.

Важны редкометальные пегматиты, связанные с альгоманскими и другими гранитами; в пегматитах широко развита литиевая минерализация, менее — бериллиевая и танталоколумбитовая. Ряд крупных месторождений известен в Канаде (в провинциях Квебек, Манитоба и к северу от Большого Невольничьего озера), а также в шт. Дакота, США (Блэк-Хилл и др.).

Колчеданные месторождения полиметаллических (Сулливан) и медно-цинковых руд (Флин-Флон, Норанда и др.) крупного масштаба залегают среди метаморфизованных вулканогенно-осадочных толщ докембрия. Из них попутно извлекают значительные количества золота, серебра, кадмия, индия.

Крупные месторождения урана пятиэлементной (Co—Ni—Bi—Ag—U) формации имеются в районе Большого Медвежьего озера.

Золото-ураноносные кварциты и конгломераты района Блайнд-Ривер расположены к северу от оз. Гурон. Здесь сосредоточены огромные запасы урана (среднее содержание UO_3 0,12%), по добыче которого район Блайнд-Ривер занимает первое место в мире; попутно извлекается немного золота (среднее содержание 1 г/т).

Месторождения ильменита и титаномагнетита залегают среди анортозитовых массивов докембрийского возраста (Сент-Урбэн, Аллард-Лейк и др.).

В осадочном чехле платформы штатов Миссури, Оклахома и Канзас развиты стратиформные месторождения свинцово-цинковых руд. Значительные месторождения уранованадиевых руд, представленные карнотитом и роскоэлитом залегают среди песчаников и конгломератов, главным образом в толщах триаса и юры штатов Юта и Колорадо.

В связи с активизацией отдельных участков щита (провинция Квебек, штат Мичиган и др.) и внедрением интрузий ультраосновных-щелочных пород образуются месторождения карбонатитов с ниобиево-редкоземельной минерализацией (Ока близ Монреаля, о. Маниту и др.).

2.5. Африкано-Аравийская платформа

Африкано-Аравийская платформа и одноименный щит охватывают территорию почти всего Африканского материка, кроме сравнительно небольших областей на северо-западе и крайнем юге, представленных складчатыми зонами; к Африканскому же щиту относят Аравийский полуостров и о. Мадагаскар, которые геологически связаны с ним. Общая площадь Африкано-Аравийской платформы около 30 млн. км².

В Северной Африке развит мощный осадочный чехол, из-под которого лишь, местами выступают древние гранитизированные породы нуклеарных структур.

Минеральные богатства Африканского щита разнообразны и обильны; Африка занимает первое место в мире по добыче золота (60% добычи капиталистических стран), алмазов (95% добычи), кобальта (80% добычи), платины и палладия (50% добычи), одно из ведущих мест по добыче урана, тантала, ниобия, бериллия, лития, германия, циркония, цезия, элементов редких земель и многих других полезных ископаемых [15,17].

По географическим признакам и геологическому строению выделяются четыре крупных региона: Северная Африка, Центральная Африка, Южная Африка, Восточная Африка с о. Мадагаскар.

Северная Африка (Западная Сахара, АРЕ), а также Саудовская Аравия покрыты осадочным чехлом рифейских и более молодых отложений, из-под которых местами выступают массивы докембрийского складчатого фундамента: Регибатский щит, Туарегский щит и ряд более мелких. Самая древняя здесь серия докембрия — Суггарий — представлена гнейсами, амфиболитами, чарнокитами, кварцитами, мигматизированными гранитами. Выше несогласно залегают Фарузий — конгломераты, сланцы, филлиты, риолиты и андезиты.

В Западной Африке наиболее древней является формация Дагомий, сложенная кристаллическими сланцами, гнейсами, мигматитами, чарнокитами (формация эта сопоставима с Суггарием Сахары.) Выше несогласно налегает серия Бирримия (2200 млн. лет) — кварциты, сланцы, вулканогены, а еще выше несогласно Тарквий (1950 млн. лет) — базальные конгломераты, песчаники и кварциты с горизонтами золотоносных конгломератов.

Центральная Африка (главным образом Заир). Наиболее древние породы представлены гнейсами и сланцами формаций Западного Нила и Бому (3500—3200 млн. лет). Выше залегают формация Банзивилль, сложенная рассланцо-ванными кварцитами, хлоритовыми сланцами и филлитами. В южной части Заира наиболее древними являются формации основания щита Касаи (до 3300 млн. лет) и формации Калундве (2650 млн. лет), сложенные гнейсами, мигматитами, кварцитами, итабиритами.

Над этими древнейшими комплексами резко несогласно располагается группа Кибара — Урунди (850—1150 млн. лет), с которой связаны крупные пегматитовые месторождения олова, тантала, ниобия, лития, бериллия и др. На отложениях этой группы резко несогласно залегают более молодые отложения, среди которых широко развиты и имеют важное ме-

таллогеническое значение отложения группы Катанга (520—630 млн. лет). Последние представлены конгломератами, песчаниками, кварцитами, сланцами и доломитами, являются рудовмещающими для медных месторождений мирового значения в провинции Катанга (Заир) и Замбии, а также для промышленных концентраций кобальта, цинка, свинца, кадмия, германия, селена и урана. Общая мощность отложений группы Катанга 4—6 км.

Южная Африка (Намибия, ЮАР, Южная Родезия и др.) В Южной Родезии выделяются три системы пород докембрия (снизу вверх): 1) Себаквийская (3390 млн. лет) — железистые кварциты, магнезиальные породы, мраморы, гранулиты и гранито-гнейсы; 2) Булавайская (2850 млн. лет) — конгломераты, базальты, дациты, кварциты, яшмы, ультраосновные интрузии; 3) Шамвайская (2650 млн. лет) — конгломераты, песчаники, граувакки, филлиты.

В Южно-Африканской Республике в основании докембрия залегает древнейший комплекс Свазиленд (3500 млн. лет); над ним расположены породы системы Витватерсранд (по Шуберу — 2540 млн. лет) — конгломераты, песчаники, кварциты. К ней приурочены знаменитые золото-и ураноносные конгломераты.

Выше залегает Трансваальская система сланцев, кварцитов и доломитов, прорванная интрузией бушвельдского комплекса (1950 млн. лет).

Среди доломитов этой свиты залегают месторождения свинца и цинка, ванадия и флюорита.

В Намибии и Южно-Африканской Республике (Намакваленде) значительные площади заняты более молодыми толщами Дамара (800—1000 млн. лет) и Отави (760 млн. лет). Эти отложения, сложенные кварцитами, сланцами, доломитами, являются рудовмещающими. Система Дамара прорвана гранитами, с которыми связаны редкометалльные пегматиты (с бериллом, лепидолитом и др.) абсолютного возраста 800 млн. лет; в доломитах системы Отави залегает медно-свинцово-цинковое богатое германием месторождение Цумб и ряд месторождений ванадия (Абенаб-Вест и др.).

Наиболее молодой, венчающей разрез докембрия Южной Африки, является система Ватерберг (630 млн. лет), сложенная обломочным материалом и потоками основных лав.

Остров Мадагаскар. Наиболее древними на острове являются породы системы Андрей, сложенной парагнейсами, мраморами, пироксенитами, черно-китами. Выше расположена система Графит с обильным графитом в лептинитах, гнейсами, сланцами, мигматитами. Абсолютный возраст по монациту определен в 2430 млн. лет. После значительного перерыва образовались отложения системы Вогибори — гнейсы, сланцы, мраморы. К системе Вогибори приурочены поля редкометалльных пегматитов с бериллом и редкими землями. Возраст системы 2170 млн. лет, а пегматитов значительно моложе — 485 млн. лет.

На метаморфическом фундаменте с угловым несогласием залегает серия Циполино (1050—1125 млн. лет) — мраморы, сланцы, кварциты, рассеченные жилами медно-свинцовых руд.

Восточная часть Африканского континента характеризуется совершенно иным тектоническим развитием и представляет собой рифейскую складчатую зону, образовавшуюся в прогибе, который охватывал юго-западную часть Саудовской Аравии, восточную часть АРЕ, Северо-Восточный Судан, Северо-Восточную Эфиопию и Северное Сомали. Этот пояс сложен вулканогенными и обломочными формациями, прорванными синорогенными (1000 млн. лет) и посторогенными (480—600 млн. лет) гранитоидами. На юге этот пояс увязывается с «Мозамбикским, поясом» и западной частью о. Мадагаскар, где также известны гранитоиды с абсолютным возрастом 480—650 млн. лет. Вся эта зона представляет собой реактивизированную рифейскими движениями часть протерозойского фундамента платформы.

Африканской платформы. Зона Центрально-Африканского грабена и Восточно-Африканская зона рифтовых долин, к которым приурочены интрузии нефелиновых сие-

нитов и связанные с ними крупнейшие месторождения карбонатитов, развивались в период от докембрия и нижнего палеозоя до третичного времени включительно, в связи с периодическим омоложением древних разломов и неоднократным внедрением интрузий

На Африканском континенте очень широко развиты гранитоидные интрузии, среди которых выделяются «древние» граниты, входящие в состав докембрийского фундамента, и «молодые» граниты нижнекембрийского и более молодого возраста, сформировавшиеся в активизированных зонах. С «древними» гранитами связаны многие редкометалльные пегматитовые поля с бериллием, тантало-колумбитом, минералами лития.

Все интрузии «молодых» гранитов приурочены к двум тектоническим зонам верхнерифейской реактивизации. Первая зона проходит от Северной Нигерии на север в Западную Сахару, вторая — протягивается от АРЕ вдоль побережья Красного моря и далее на юг, вдоль Индийского океана. Для «молодых» гранитов (435—540 млн. лет — нижний кембрий?) характерно развитие кольцевых структур и концентрическое строение, повышенная щелочность, наличие в них колумбитовой и касситеритовой минерализации (в Нигерии, Центральной Сахаре, АРЕ, Судане, Эфиопии, Сомали, Саудовской Аравии, Малагасийской Республике). Абсолютный возраст этих гранитов колеблется в пределах 435—540 млн. лет (нижний кембрий?). С гранитоидами о. Мадагаскар (485 млн. лет) связаны пегматиты с практически интересной минерализацией урана, тория, бериллия, ниобия, тантала и редких земель.

В Южной, Центральной и Восточной Африке широко развиты интрузии щелочных пород, для которых также характерно кольцевое строение и связь с платформенной стадией развития континента. Внутри бушвельдского магматического комплекса с его разнообразием пород от ультраосновных до кислых и щелочных последние являются наиболее молодыми и связаны с после-ватербергской щелочной фазой внедрения. С щелочным комплексом Спиц-коп (возраст моложе Карру и домеловой) связаны месторождения карбонатитов.

В Намибии, Восточной Африке и восточной части Республики Заир, в Уганде и Кении известны ультраосновные-щелочные интрузивы, которые нередко сопровождаются карбонатитами; время их образования от карру до палеогена. Щелочные комплексы с карбонатитами имеют линейное расположение и тяготеют к зонам крупных разломов — рифтов.

Среди месторождений Африканского щита выделяются следующие главные группы.

1. Месторождения среди массивов гранитоидов.
2. Редкометалльные гранитные пегматиты.
3. Карбонатитовые месторождения.
4. Месторождения, связанные с основными и ультраосновными интрузиями.
5. Метаморфогенные месторождения железных, марганцевых и золото-урановых руд.
6. Стратиформные месторождения меди, кобальта, урана, свинца и цинка в породах чехла платформы.
7. Месторождения алмазов, связанные с кимберлитами.

К первой группе месторождений среди гранитоидных массивов относятся колумбитоносные граниты Северной Нигерии. Кроме колумбита граниты содержат касситерит, монацит, циркон, торит, ксенотим, также служащие объектом извлечения. Колумбит связан с биотитовым «молодым» гранитом плато Джос; разрабатывается главным образом кора выветривания гранитов с содержанием колумбита до 2 кг/т.

Ко второй группе относятся многочисленные редкометалльные гранитные пегматиты Африки, которые группируются в ряд поясов.

Карбонатитовые месторождения Африки связаны с ультраосновными-щелочными комплексами и представляют большой интерес как источники ниобия, циркония, редких земель. Одной из особенностей карбонатитовых месторождений Африки является их боль-

шой возрастной диапазон — от докембрия до палеогена — и тяготение к зоне Великих Африканских разломов — рифтов

Наибольшее количество карбонатитовых месторождений находится в Заире, Руанде, Уганде, Кении, Танзании, Родезии и Замбии. Наиболее крупными месторождениями являются Луэш (провинция Киву, Заир) — пирохлоровое месторождение типа Баррейру-ди-Араша в Бразилии и Каронге в Бурунди — месторождение баэстезита, аналогичное Маунтин-Пас в Калифорнии, США.

Среди щелочных и карбонатитовых комплексов Африки выделяют три разновозрастные /группы: 1) внедрившиеся после нижнего докембрия и до Карру; 2) внедрившиеся после Карру и до палеогена; 3) палеогеновые и современные комплексы.

Месторождения, связанные с основными и ультраосновными комплексами, известны в ЮАР и Южной Родезии, где они приурочены к бушвельдскому комплексу и Великой Дайке. К гипербаэзитам этих магматических комплексов приурочены огромные концентрации собственно-магматических руд хромита (Селукве в Южной Родезии, Бушвельдская группа в ЮАР) и ликвационные месторождения медно-ни-келевых сульфидных руд с примесью кобальта, платины и палладия, приуроченные к горизонту Меренского (бронзититы и анортозиты) Бушвельдского лополита (район Рюстенбурга и др.). По добыче хромита указанные месторождения занимают одно из ведущих мест в мире, а по масштабу извлечения платины и палладия (суммарно 10 т в год) — первое место среди капиталистических стран.

Следующая, очень важная группа рудных месторождений Африки относится к метаморфогенному типу и включает крупнейшие концентрации железных руд типа железистых кварцитов (в Трансваале), марганцевых руд (Нсута в Гане, Постмасбург в ЮАР) и золото-ураноносных конгломератов (Витватерсранд и Гана). Особенно большое значение имеет месторождение Витватерсранд в ЮАР, которое разрабатывается уже более ста лет и в настоящее время дает ежегодно более 700 т золота (половина мировой добычи капиталистических стран) и до 4—5 тыс. т урана при содержаниях соответственно 10—11 г/т и 0,01 %. Кроме золота и урана конгломераты Витватерсранда содержат также монацит, циркон, ксенотим, иридомин, рутил, циртолит, алмазы. Источником материала конгломератов Витватерсранда являлись, вероятно, породы катархея, среди которых залежали золотоносные кварцевые жилы и ураноносные пегматиты. К осадочным породам группы Катанга (верхний рифей) в Республике Заир и Замбии приурочены месторождения меди мирового значения, а также промышленные концентрации кобальта, цинка, свинца, кадмия, германия, урана и селена.

В группе Катанга выделено три системы (снизу вверх): Роан, Большого Конгломерата и серии Мвашия и Кунделунгу. Медно-кобальтовое оруденение приурочено к системе Роан, представленной песчаниками и доломитами; свинцово-цинковое оруденение с германием связано с карбонатными породами Кунделунгу. Возраст пород группы Катанга 520—630 млн. лет; все граниты района древнее и только силлы габбро и дайки основного состава моложе отложений системы Роан.

Месторождения приурочены к определенным горизонтам системы Роан и представлены стратиформными телами сульфидов меди, рассеянных в песчаниках и доломитовых сланцах; второстепенное значение имеют сульфиды кобальта, иногда примесь урана, никеля и теллура, в других случаях — кадмия; селена и германия (в форме реньерита). Сходные месторождения известны также в Республике Конго и в Намибии, в горах Отави.

Наиболее интересно медно-полиметаллическое месторождение Цумеб, руды которого являются источником значительной добычи германия (присутствует в виде германита и реньерита). Рудное тело линзовидное и залегает среди доломитов. По вопросу генезиса месторождений медного пояса Катанги — Замбии и месторождения Цумеб существуют разногласия. Долгое время эти месторождения рассматривались как гидротермальные, связанные с гипотетическим гранитным очагом, однако в настоящее время все больше сторонников сингенетического накопления металлов в терригенной и карбонатной фази-

ях, с последующим перераспределением и переотложением их в форме эпигенетических, иногда массивных рудных тел.

Последней группой интереснейших месторождений Африки являются многочисленные коренные и россыпные месторождения алмазов. По геологическому возрасту и условиям проявления алмазов выделяются четыре провинции: Кимберлитовая в ЮАР с трубками кимберлитов и коренными месторождениями, возраст которых 51—55 млн. лет; Любимашская в Заире с алмазами в песчаниках и конгломератах триаса и богатых аллювиальных россыпях; Бирримская в Гане с алмазами в конгломератах протерозоя; Витватерсрандская с единичными алмазами в конгломератах архея. Важное промышленное значение имеют первые две провинции. Ежегодная добыча алмазов в Африке превышает в последние годы 20—25 млн. каратов (4—5 т).

2.6. Индостанский щит

Индостанский щит расположен на территории одноименного полуострова Азии и занимает площадь более 3 млн. км², включающую государства Индию, Пакистан и Бангладеш; к Индостанскому же щиту относится о. Шри Ланка.

Полуостров Индостан представляет собой плоскогорье, сложенное породами древнего кристаллического щита, частично перекрытыми покровами базальта (деканские базальты).

Индийский щит в течение всего докембрия и палеозоя являлся составной частью огромного южного материка Гондваны, включавшего также Африку, Аравийский полуостров, Южную Америку, Западную Австралию и, вероятно, Антарктиду — отсюда элементы большого сходства в геологическом строении и металлогении этих областей.

В докембрии Индийского щита исследователи выделяют две группы пород: архейскую и более молодую — протерозойскую (Пурана). Архейская группа в свою очередь подразделяется на древнейшую систему гранито-гнейсов и чарнокитов нижнего архея и Дарварскую систему Кристаллических сланцев, кварцитов и слоистых роговиков верхнего архея.

В Южной Индии и на о. Шри Ланка широко развиты гиперстеновые граниты—чарнокиты нижнеархейского возраста с пегматитами, содержащими монацит, циркон, ильменит и другие ценные минералы, которые рассеяны также в виде аксессуарных минералов среди чарнокитов. Разрушение чарнокитов и связанных с ними пегматитов привело к образованию богатых прибрежных морских россыпей, которые разрабатываются главным образом на монацит.

Породы Дарварской системы широко распространены в провинции Майсор, южных частях провинций Бомбей и Мадрас; развиты также в Нагпуре, Бихаре, в хр. Аравалли и горных хребтах Ассама. Для Дарварской системы характерно богатое и разнообразное оруденение: железо, марганец, золото, медь, свинец, уран, пегматиты с бериллом, тантало-колумбитом, минералами лития. Возраст пород системы Дарвар, по немногим определениям, устанавливается в пределах 2450—2300 млн. лет.

На породах архея резко несогласно залегает серия протерозойских пород (Пурана). Нижняя часть разреза сложена песчаниками и сланцами, известняками, силлами основных пород (с последними связаны крупные месторождения асбеста и барита), железистыми кварцитами с залежами гематита. Все эти породы прорваны дайками базальта, которые рассматриваются как материнские породы по отношению ко вторичным месторождениям алмазов (в конгломератах рудников Голконды).

Верхняя часть представлена свитой кварцитов и сланцев с прослоями известняков, вмещающих залежи свинцовых руд; в самом верху встречаются прослои гематитовых сланцев, местами с промышленными залежами железной руды.

Наиболее молодой толщей докембрия Индии является осадочная свита Виндия, развитая на северной окраине щита — в Виндийских горах. Свита сложена известняками,

сланцами, песчаниками и конгломератами. В районе Корнул этой свите подчинены алмазоносные породы — темные железистые или полевошпатовые грубозернистые песчаники и конгломераты Банагапалли.

В пределах Индостанского щита расположены крупнейшие метаморфо-генные месторождения богатых железных и марганцевых руд. Железные руды, представленные железистыми кварцитами и подчиненными им залежами массивных гематитовых или магнетитовых руд, залегают среди пород Дарварской системы и отчасти системы Куддапах. Наиболее известный эксплуатируются в крупных масштабах месторождения высококачественных гематитовых руд районов Сингбхум и Маюрбхандж — сырьевая база черной металлургии Индии.

Марганцевые месторождения Индии также метаморфогенного генезиса связаны с гондитовой свитой Дарварской системы. Гондиты представляют собой осадочные породы, богатые марганцем, впоследствии метаморфизованные в спессартин-родонитовую породу. Процессы древнего выветривания последней привели к концентрации марганца в форме богатых браунит-псиломелановых залежей. Крупные месторождения этого типа разрабатываются в районах Балагат, Бандара, Нагпур (центральные провинции), а также в штатах Бихар и Орисса.

Месторождения цветных металлов Индии имеют сравнительно небольшое значение. Медные руды приурочены к породам Дарварской системы и разрабатываются в округе Сингбхум, где представлены жилами или штокверками сульфидов меди. Свинцово-цинковые руды известны в Мадрасе, Раджастане и Бихаре, где они подчинены известнякам или кристаллическим сланцам вин-дийской системы.

Большое экономическое значение имеют бокситовые месторождения Индии, которые относятся к типу глиноземистых латеритов, возникших в связи с выветриванием базальтовых покровов. Наиболее крупные месторождения находятся в центральных штатах, в районах Балагхата и Джабалпура.

Индия относится к странам, которые на протяжении последних ста лет дают небольшую, но устойчивую добычу золота — ежегодно 10 т. Рудные жилы залегают среди кварцитов и известняков Дарварской системы, прорванных гранитами, с которыми генетически связаны кварц-арсенопирит-золоторудные жилы мощностью 1 — 1,5 м, в раздувах до 10 м с содержанием золота 5—50 г/т (в среднем 14—16 г/т). Разработки достигли в настоящее время глубины 4 км — это самые глубокие рудники мира.

Большой интерес представляют алмазы Индии. Месторождения алмазов известны в Восточном Декане, Хайдарабаде, в центральных штатах и далее на север до Виндийского хребта. В настоящее время основные разработки алмазов производятся в окрестностях г. Панна, где установлены кимберлитовые трубки, и в междуречье Маханади — Годавари, а в древности известны были копи Голконды в Мадрасе. Алмазы добывают из конгломератов виндия и из современного аллювия, частью из недавно открытых коренных месторождений, причем ежегодная добыча не превышает 2—3 тыс. каратов.

Из широко известных алмазов, добытых в Индии, можно назвать Питт (410 каратов), Великий Могол (280 каратов), Орлов (193 карата), Куинур (186 каратов). Индийские алмазы большей частью совершенно чисты и прозрачны. Встречаются также исключительной красоты красные, зеленые, синие и черные алмазы.

Первоисточниками алмазов считаются изверженные породы Куддапахской системы (верхний протерозой или синий) — основные оливинсодержащие дайки и силлы и щелочные породы, пироксениты и пикриты системы Дэли. В районе г. Панна установлены алмазоносные кимберлитовые трубки рифейского возраста, но есть и более молодые.

Из других драгоценных камней некоторое значение имеет добыча рубинов и сапфиров из докембрийских мраморов района Могок в Бирме (рубины) и гнейсов и пегматитов Кашмира (сапфиры). Берилл и его драгоценные разновидности — изумруд и аквамарин — связаны с пегматитами, секущими кристаллические породы нижнего архея.

2.7. Западно-Австралийская платформа

Западно-Австралийская платформа и одноименный щит занимают западную и центральную части материка, окаймляясь с востока складчатыми зонами герцинского и каледонского (на юго-востоке) возраста. Общая площадь платформы около 5 млн. км².

Древнейшие породы представлены архейскими гнейсами, кристаллическими сланцами и зеленокаменными породами, интродуцированными гранитными массивами, сопровождающимися многочисленными пегматитовыми жилами с золото-редкометальной минерализацией (район Пилбара в Западной Австралии и др.). Возраст пегматитов этих районов установлен в 2700 млн. лет, для них характерна тантал-ниобиевая, бериллиевая и литиевая минерализация, что сближает их по типу с редкометальными пегматитами Африки.

На архейский фундамент несогласно налегают более молодые толщи протерозойского возраста: серия Москито, представленная конгломератами, сланцами, филлитами, прорванными интрузиями гранитов, и серия Нулладжайн, сложенная метаморфизованными вулканогенными породами, кварцитами, доломитами. В Западной Австралии от Филипп-Ривер на юге до Марбл-Бар на севере протягивается зона золоторудных месторождений, залегающих среди зелено-каменных и осадочных пород докембрия, интродуцированных гранитоидами (месторождения Калгурли, Норсмен, Леонора, Вилюн и др.).

С протерозойскими толщами связаны многочисленные и очень крупные метаморфогенные месторождения железных типа железистых кварцитов с залежами богатых руд, а также месторождения свинцово-цинковых, медных и урановых руд. Возраст протерозойских толщ определяется интервалом 1800—1600 млн. лет.

Наибольший интерес среди рудных районов и месторождений Австралийского щита представляют следующие:

1. Провинция редкометальных пегматитов Западной Австралии в районе Пилбара, архейского возраста, с тантало-ниобиевой, бериллиевой и литиевой минерализацией, а также золотом.
2. Золоторудная провинция Западной Австралии с золото-кварцевыми жилами, связанными с протерозойскими гранитоидами (рудные поля Калгурли, Кулгарди, Мурчисон, Йилгарн), и сходная по типу оруденения провинция Северной Австралии (Кимберлей и др.).
3. Железорудная провинция Западной и Южной Австралии с крупными: метаморфогенными месторождениями (Айрон-Ноб, Айрон-Монарх и др.) среди толщ протерозоя; по запасам богатых железных руд Австралия стоит в одном ряду с Индией и Бразилией. Новые крупнейшие месторождения открыты в пределах хребтов Офгалмия и Хамерсли (месторождения Маунт-Том-Прайс, Маунт-Ньюмен и др.).
4. Медно-никелевая (с Co, Pt и Pd) провинция Юго-Западной Австралии в районе г. Перт, где выявлены очень крупные месторождения ликвационного типа (Камбалда, Куинана и др.), связанные с основными — ультраосновными комплексами протерозоя.
5. Свинцово-цинковая провинция Брокен-Хилл в юго-восточной части щита, среди верхне-архейских или нижнепротерозойских отложений, представленных гнейсами, андалузитовыми и ставролитевыми сланцами.

Месторождение Брокен-Хилл является крупнейшим в мире по запасам свинца и одним из наиболее крупных по запасам цинка. В сходных геологических условиях находится и второе очень крупное месторождение Австралии Маунт-Айза в Квинсленде, которое разрабатывается на медные и свинцово-цинковые руды

6. Австралийский щит богат урановыми рудами, которые известны на севере (Рам-Джангл на п-ове Арнемленд) и на юге (Маунт-Пейнтер, Рэдиум-Хилл и Одари); они относятся к различным генетическим типам — пегматитовому, гидротермальному, осадочному метаморфизованному

Из новых открытий следует отметить очень крупные месторождения высококачественных бокситов типа глиноземистых латеритов в районе залива Карпентария и хр. Дарлинг.

На периферии докембрийского щита в месте сочетания его со складчатыми структурами синийского (эпоха Аделаида), каледонского и герцинского возраста на складчатый палеозой наложены процессы тектонической активизации, сопровождавшиеся внедрением даек, жил и линз лампроитов Нового Южного Уэльса. К последним приурочены крупные коренные месторождения алмазов, найденные ранее в аллювии рек этой области.

2.8. Гвианский щит

Гвианский щит расположен в Южной Америке (рис. 1) к северу от р. Амазонки, охватывает территорию Восточной Венесуэлы, Юго-Восточной Колумбии, Северо-Западной Бразилии, Гайаны, Суринама и Французской Гвианы общей площадью более 1 млн. км². Это наиболее древний элемент тектонической структуры Южной Америки. В конце архея или в начале протерозоя эта территория была полностью консолидирована и перешла в платформенное состояние. От Бразильского щита, расположенного южнее Гвианского, последний отделен линейamentом восточно-северо-восточного простирания, вдоль которого проходит Амазонский прогиб.

Самые древние породы Гвианского щита относятся к серии Рупунуни, представленной гнейсами, чарнокитами, слюдяными сланцами, метакварцитами и зеленокаменными породами, прорванными гранитами серии Южная Саванна (абсолютный возраст 2300 млн. лет). Выше по разрезу несогласно залегает толща архея (3000—2550 млн. лет), представленная в низах железистыми кварцитами или итабиритами, содержащими богатые руды железа (Венесуэла), аргиллитами, марганцевыми филлитами или гондитами и доломитами (Гвиана); в верхней части толща сменяется основными лавами, граувакками, риолитами, дацитами, песчаниками и конгломератами.

Выше залегают отложения (2550—1900 млн. лет), представленные главным образом конгломератами, песчаниками, кварцитами, биотит-роговооб-манковыми гнейсами. Они резко несогласно перекрыты мощной толщей чередующихся косослоистых песчаников, кварцитов, яшм, сланцев, конгломератов, слагающих формацию Рораима (1900—1700 млн. лет) — чехол платформы нижнего протерозоя.

Разрез Гвианского щита венчается долеритовой формацией, дайками и силлами долерита (диабазов, габбро).

Орогенические движения сопровождались каждый раз внедрениями гранитоидов, причем установлено, что наиболее важное металлогеническое значение имели так называемые «молодые», или карибские, граниты, которые внедрялись в две фазы с абсолютным возрастом 2200 и 1900 млн. лет.

Главные месторождения редкометальных пегматитов Гвианского щита, несущие танталит-колумбитовую, бериллиевую и литиевую минерализацию, а также главные рудопроявления золота связаны с Карибскими гранитами. С толщей железистых кварцитов (итабиритов) и марганцевых филлитов (гондитов) нижнего архея связаны крупные месторождения богатых метаморфогенных руд железа (Эль-Пао в Венесуэле и др.) и многочисленные метаморфогенные месторождения марганцевых руд (рудный пояс, протягивающийся от р. Амазонки до Центральной Венесуэлы, месторождения Гайаны).

Некоторый интерес представляют россыпи алмаза, которые разрабатываются в Венесуэле и Гайане. Огромное экономическое значение имеют очень крупные месторождения бокситов Суринама и Гвианы, образовавшиеся в результате латеритного выветривания пород докембрия.

2.9. Бразильский щит

Бразильский щит расположен в Южной Америке, к югу от р. Амазонки; он охватывает территорию Бразилии (кроме крайнего севера страны), Парагвая, Уругвая, восточную часть Аргентины, а также восточную половину Боливии (рис. 1). Общая площадь Бразильского щита около 9 млн. км².

Самые древние породы (нижний архей) относятся к серии Мантикейра, представленной кварц-биотит-олигоклазовыми гнейсами и плагиоклазовыми амфиболитами с гра-

натом; эти породы гранитизированы во время орогенеза, абсолютный возраст которого 2500 млн. лет [8].

На нижнеархейских породах со значительным несогласием залегают породы серии Барбасена, представленные кварц-сланцевыми сланцами и гнейсами, возникшими, вероятно, за счет кварцитов и граувакк; вверху разреза преобладают кварциты, граувакки, туфы и диабазы, выделяемые иногда в отдельную формацию Лафайети, с которой связаны марганцевые руды, представляющие собой «шляпы» марганецсодержащих силикатно-карбонатных пород. Кварциты, богатые родонитом, аналоги гондитов Индии, представляют и здесь материнские породы марганцевых руд. Большинство исследователей Бразилии относят эту серию к верхнему архею.

На породах верхнего архея резко несогласно налегает более молодая серия Минас, которую относят к нижнему альгонкию. К серии Минас приурочены важнейшие месторождения железа, золота и других полезных ископаемых, и поэтому она изучена наиболее детально.

В ней выделены формации (снизу вверх): Караса (базальные конгломераты, кварциты, филлиты, сланцы), Итабира (железистые кварциты с богатыми гематитовыми рудами железа и доломиты), Пирасикаба (филлиты, кварциты, доломиты, граувакки, метаморфизованные эффузивы и туфы). Общая мощность серии Минас 7 км, возрастной интервал ее 1650—1340 млн. лет (граниты формации Итабириму с возрастом 1340 млн. лет прорывают эту серию).

Считают, что аналогом серии Минас в шт. Байя является серия Жакобина; в центре штата для серии Жакобина характерны мощные кварциты и конгломераты (золото- и ураноносные, сходные по типу с витватерсрандскими в Южной Африке и блайнд-риверскими в Канаде).

Выше серии Минас несогласно залегают формация Лаврас (кварциты, филлиты, конгломераты верхнего докембрия), а на ней также несогласно формация Бамбуи (известняки, глинистые сланцы, песчаники верхнего докембрия — нижнего палеозоя), а еще выше снова несогласно формация Томбадор (песчаники и сланцы нижнего палеозоя).

Таким образом, серия Лаврас целиком относится к верхнему рифею (венду), серия Бамбуи в своей нижней части, вероятно, принадлежит венду.

За пределами шт. Минас-Жерайс на огромных территориях штатов Мату-Гросу и Гояс развиты породы гнейсового фундамента нерасчлененного архея; они представлены гнейсами, переходящими в амфиболиты и мигматиты, а часто также чарнокитами.

В штатах Сеара, Риу-Гранди-ду-Норти, Параиба и Пернамбуку широко развита более молодая серия пород Сеара, сложенная слюдяными сланцами, кварцитами, конгломератами, известняками и Мергелями (часто скарнированными). Серия Сеара подверглась гранитизации и рассечена многочисленными телами пегматитов с весьма интересной бериллиево-танталовой и уранинитовой минерализацией. Возраст серии Сеара определяется как верхний рифей.

В западной части шт. Мату-Гросу среди архейских пород кроме древних гранитоидов известны «молодые» калиевые граниты, вытянутые в полосу субмеридионального простирания и сопровождающиеся пегматитами. В последних обнаружена интересная минеральная ассоциация: топаз, колумбит, берилл, монацит, флюорит, редко фергусонит. Прибрежная зона Бразилии имеет скорее всего архейский возраст: к западу от нее верхнерифейские движения вызвали процессы реактивизации, в связи с которыми находятся интрузии щелочных гранитоидов и связанных с ними пегматитов.

Редкометальные минеральные ассоциации пегматитовых провинций Восточной и Северо-Восточной Бразилии с преобладанием берилла и тантало-ниобатов, часто урансодержащих, удивительно сходны с минеральными ассоциациями в редкометальных пегматитах и гранитоидах Восточно-Африканско-Мадагаскарского и Нигерийско-Сахарского поясов.

Для структуры и металлогении Бразильского щита, очень важное значение имеют четыре линеамента: Амазонский восточно-северо-восточного простирания; Сан-Франсиску северо-

северо-восточного простираения от г. Сан-Луис на севере до г. Порту-Алегри на юге; Аргентинский, параллельный предыдущему и проходящий по территории Южной Боливии и Аргентины; Перуанско-Боливийский северо-западного простираения.

Все эти линеаменты были заложены на Бразильском щите еще в докембрии и представляют собой, вероятно, долгоживущие глубинные разломы, вдоль которых развивались ослабленные зоны, многократно активизировавшиеся в ходе геологической истории развития Южно-Американской платформы. Параллельно главным линеаментам на Бразильском щите в архее, протерозое и рифее формировались складчатые пояса и сводовые поднятия и прогибы платформенного чехла.

Выделяют пять главных прогибов Бразильской платформы: Амазонский, Сан-Франсиску-Парнаиба-Мараньян, Паранский, Чако-Пампасский (Ла-Платский) и Патагонский. В них отлагались мощные толщи осадков, начиная с венда и нижнего палеозоя и кончая кайнозоем.

Крупными тектоническими структурами — линеаменами — обусловлено распределение почти всех редкометалльных пегматитовых и карбонатитовых месторождений Бразильского щита.

Молодые гранитоиды «Железорудного четырехугольника» Минас-Жерайс имеют абсолютный возраст 550—450 млн. лет; вне пределов «Железорудного четырехугольника» с этими гранитоидами ассоциируют редкометалльные пегматиты. В центральной пегматитовой провинции Минас-Жерайс пегматиты приурочены к этим гранитам, образование которых ряд авторов связывает с калиевым метасоматозом. Определения абсолютного возраста пегматитов этой провинции дают различные цифры в пределах 926—340 млн. лет (наиболее надежные определения 520—510 млн. лет).

Сходные с описанными выше калиевые гранитоиды развиты и в центральной части Пампинских сьерр Аргентины — в провинциях Ла-Риоха, Катамарка, Сан-Хуан, Сан-Луис и Кордова. Эти гранитоиды внедрялись в конце верхнего протерозоя и в нижнем палеозое; с ними связаны редкометалльные пегматиты с минерализацией (берилл, сподумен, тантало-ниобаты), очень сходной с пегматитами шт. Минас-Жерайс и плато Борборема в Бразилии.

В Юго-Восточной Боливии, близ границы с Бразилией, описаны верхнепротерозойские (?) калиевые граниты, которые сопровождаются аплитами, пегматитами и золотосными кварцевыми жилами. В пегматитовых телах развита редкометалльная минерализация: колумбит, берилл, топаз, монацит, флюорит и редко фергусонит, причем берилл и колумбит представляют экономический интерес и эксплуатируются.

Таким образом, в пределах Бразильского щита широко развиты калиевые гранитоиды верхнепротерозойско-нижнепалеозойского возраста, связанные с процессами реактивизации и калиевого метасоматоза; именно к этим сравнительно молодым гранитоидам, приуроченным к глубинным разломам, секущим древний фундамент щита, приурочены многочисленные пегматитовые месторождения с редкометалльной минерализацией.

Редкометалльные пегматиты концентрируются главным образом в трех крупных провинциях — шт. Минас-Жерайс, на плато Борборема и в Боливийско-Аргентинском поясе. Во всех трех провинциях редкометалльные пегматиты залегают среди кристаллических пород архея и нижнего протерозоя, но связаны с реактивизацией послерифейского и девонского возраста.

В пегматитах шт. Минас-Жерайс заключена богатая бериллий-тантал-ниобиевая минерализация с примесью минералов лития, редких земель с цирконом и касситеритом. Пегматиты плато Борборема представляют собой комплексное ценное сырье на берилл, тантало-ниобаты и литиевые минералы, причем здесь характерны гигантские кристаллы сподумена до 1,5 м в длину, танталита весом до 0,5 т, берилла до 1 м в длину.

Пегматиты Боливийско-Аргентинского пояса имеют тот же характер минерализации (берилл, литиевые минералы, тантало-колумбит) и эксплуатируются главным образом из-за берилла. Редкометалльные пегматитовые поля Бразильского щита содержат подавляющую

часть мировых запасов берилла и танталита, значительные запасы литиевого сырья и занимают ведущее место по добыче этих ценных минералов.

Среди карбонатитовых месторождений Бразилии широко известны рудные поля Посус-ди-Калдас, Баррейру-ди-Араша, Тапира и Жакупиранга, тяготеющие к линеamentу Сан-Франсиску.

Месторождение Посус-ди-Калдас залегает среди щелочных и нефелиновых сиенитов, рвущих гнейсы и сланцы архея. Минерализация представлена здесь богатейшими бадделеитовыми урансодержащими рудами, содержащими до 70% ZrO_2 , 0,64% U_3O_8 и 1,1% Th_2 . Большое значение имеют элювиальные россыпи бадделеита.

Месторождение Баррейру-ди-Араша представлено карбонатитовым ядром, окруженным кольцом фенитизированных пород нижнего протерозоя. Это крупнейшее в мире скопление пироклоровых руд (среднее содержание пироклора 6%, что соответствует 3% Nb_2O_5), с примесью магнетита, циркона, апатита и барита, редкоземельных и ураноторийсодержащих минералов.

Месторождение Тапира, аналогичное предыдущему, является вторым в мире после Баррейру-ди-Араша по масштабу концентрации пироклоровых руд; карбонатиты, связанные с щелочными породами, имеют здесь ясно выраженный эксплозивный (экструзивный) характер.

Месторождение Жакупиранга имеет кольцевую структуру с перидотитовым ядром, окруженным якупирангитами (щелочными ультрабазитами) и пироксенитами. Карбонатиты богаты пироклором, бадделеитом, апатитом и сходны с месторождениями щелочных комплексов Африки — Сукулу (Уганда), Дорова (Южная Родезия) и Палабора (ЮАР). Большая часть карбонатитовых месторождений Бразилии, как и однотипные африканские, имеет кольцевую структуру и интрузивный характер карбонатитов.

Что касается месторождений Бразильского щита, залегающих среди пород архейского и нижнепротерозойского фундамента и возникших сингенетически с ними, следует выделить прежде всего большую группу метаморфогенных месторождений железных (Итабира и др.) и марганцевых руд (Морро-де-Мина и др.), а также месторождение золото- и урансодержащих конгломератов и кварцитов (Жакобина).

Наиболее крупные месторождения железных руд Итабира, Итабирита и Парапебо находятся в центральной части шт. Минас-Жерайс и относятся к типу железистых кварцитов с залежами богатых гематитовых руд, подчиненных толще Минас нижнепротерозойского возраста. Запасы богатых метаморфогенных железных руд Бразилии (с содержанием железа более 50%) превышают 15 млрд. т и они интенсивно разрабатываются. По общим запасам железных руд Бразилия уступает только России и Индии.

Крупные месторождения марганцевых руд также метаморфогенного генезиса сосредоточены в шт. Мату-Гросу, Байя и Минас-Жерайс, где подчинены нижнепротерозойской толще Минас. По запасам и добыче марганцевых руд. Бразилия занимает одно из ведущих мест в мире.

Большое значение имеют крупные месторождения силикатных никелевых руд (Сан-Жозе-ду-Токантис в шт. Гояс, Ливраменту в шт. Минас-Жерайс и др.), связанные с корой выветривания ультраосновных массивов докембрия. Содержание никеля в рудах достигает 5%; кроме никеля попутно добываются; кобальтовые (асболоновые) руды, также связанные с корой выветривания. Сравнительно небольшими запасами обладают хромитовые руды, залегающие среди массивов ультраосновных пород.

Исключительно богата Бразилия бокситовыми рудами типа глиноземистых латеритов, возникших за счет выветривания массивов, главным образом щелочных пород шт. Минас-Жерайс и Сан-Паулу.

В пределах Бразильского щита известны также многочисленные месторождения золотоносных кварцевых жил (Морру-Велью, Пассагем и др.), кварц-касситеритовых и кварц-вольфрамитовых жил и штокверков; с этими коренными месторождениями связаны аллювиальные россыпи золота, касситерита, вольфрамита.

Значительный промышленный интерес представляют алмазоносные аллювиальные россыпи (бассейн р. Дамантину и др.), которые начали разрабатываться с 1730 г. и дали за время разработок почти 30 млн. каратов алмазов. В годы второй мировой войны и в настоящее время ежегодно добывается около 30 тыс. каратов алмазов.

Алмазы в Бразилии найдены в конгломератах и песчаниках докембрия и в аллювии рек. На Бразильском щите установлены кимберлитоподобные породы, но коренные источники алмазов в ряде районов пока доподлинно не известны.

В конце триаса — начале юры происходят излияния платобазальтов бассейна р. Параны, а также в районе Рораймо в Венесуэле и в Гайане. С этими базальтами ассоциируются щелочные-ультраосновные лимбургиты, мончикиты и другие породы, в том числе кимберлиты западной части шт. Минас-Жерайс.

Таким образом, в Бразилии устанавливаются две формации алмазоносных пород: докембрийская (развитая также в Индии и частично в Южной Африке) и мезозойская (широко развитая также в Африке и Сибири).

В последнее время обнаружены представляющие промышленный интерес крупные свинцово-цинковые месторождения в породах чехла Бразильского щита — месторождения Жануария и Вазанти, представленные жилами и метасоматическими телами в доломитах и глинистых сланцах Бамбуи (верхний докембрий — нижний палеозой). В рудах месторождения Вазанти установлена примесь германия, кадмия, платины, а зоны окисления этих свинцово-цинковых месторождений богаты ванадием.

Наконец, чтобы закончить металлогеническую характеристику Бразильского щита, следует отметить прибрежные морские россыпи вдоль побережья Атлантического океана, которые разрабатываются с целью извлечения монацита (источник тория и редкоземельных элементов), циркона, ильменита, попадающих в россыпи в результате разрушения гранитоидных пород щита и связанных с ними пегматитов.

2.10. Общие черты металлогении щитов и платформ

К породам фундамента щитов приурочен ряд практически очень важных типов месторождений [1, 8, 25, 27]:

а) метаморфогенных руд железа среди железистых кварцитов и подчиненных им тел массивных руд (Кривой Рог и КМА в СССР, оз. Верхнее в США, Итабира в Бразилии, крупные месторождения Индии, Австралии, Китая, Южной Африки);

б) метаморфогенных руд марганца среди гондитов и кварцитов протерозоя Индии, Бразилии, Намибии и Южно-Африканской Республики;

в) золото-ураноносных кварцитов и конгломератов (Блайнд-Ривер в Канаде, Витватерсранд в ЮАР, Жакобина в Бразилии, м-ния Австралии, Скандинавии и др.);

г) редкометальных пегматитов (с тантало-колумбитовой, бериллиевой, литиевой, ураноториевой минерализацией) и высокотемпературных гидротермальных золото- и ураноносных кварцевых жил.

Редкие металлы, уран и золото связаны генетически с древнейшими гранитоидами и являются вероятными первоисточниками золота и урана в кварцитах и конгломератах (месторождений типа «Витватерсранд»). Редкометальные пегматиты и золотоносные кварцевые жилы (метаморфогенно-гидротермальные по [3]) особенно широко развиты в пределах Африканского, Канадского, Бразильского, Западно-Австралийского и Индостанского щитов, но характерны также для всех других щитов.

Платформенный чехол, перекрывающий архейский — нижнепротерозойский фундамент щита представлен комплексом осадочных (песчаники, сланцы, конгломераты, в меньшей мере известняки и доломиты) и вулканогенных (диабазы, траппы, порфириты, их пирокластические разности) пород в широком возрастном интервале от верхнего протерозоя (или рифея, синия) до мезо-кайнозойских и четвертичных включительно. Во многих местах этот комплекс прорван интрузиями протерозойских и главным образом более молодых

грани-тоидов, базитов — ультрабазитов и щелочных пород; последние, а также часть гранитоидов и базитов — ультрабазитов приурочены к разломам и связаны с реактивизацией щита и его платформы.

Среди пород платформенного чехла расположены месторождения, имеющие мировое значение:

а) стратиформные (осадочные или телетермальные?) месторождения медных руд среди песчаников и сланцев системы Катанга (верхний протерозой) в Заире и Замбии и примерно одновозрастные с ними месторождения Удокан в Читинской области СССР и Уайт-Пайн в Канаде; некоторые из этих месторождений (в Заире) являются одновременно крупными поставщиками кобальта, свинца и цинка, кадмия, германия, селена и урана, руды которых тесно связаны с основным металлом — медью;

б) стратиформные месторождения свинцово-цинковых и флюоритовых руд в карбонатных толщах кембрия — карбона (Миссури-Миссисипи в США месторождения Намибии, Бразилии, и др.);

в) колчеданные (медные, полиметаллические, серноколчеданные) месторождения среди вулканогенных толщ протерозойского возраста в пределах Канадского щита (Флин-Флон, Норанда, Шеррит-Гордон, и др.), Западно-Австралийского щита (Брокен-Хилл, Маунт-Айза и др.), Балтийского щита (Болиден, Оутокумпу, Парандово и др.), связанные, вероятно, с древним вулканизмом и представляющие эксгальационно-осадочные образования;

г) медно-никелевые (с примесью Co, Pt, Pd и др.) ликвационные месторождения, связанные с базитами — ультрабазитами главным образом протерозойского (в Африке, Канаде, Австралии, частью в России) и реже мезозойского-возраста. К этой группе относятся знаменитые месторождения Садбери в Канаде, Рустенбург в ЮАР; Мончегорск-Печенга, Воронежская провинция в России; Перт в Австралии (все протерозойского возраста) и Норильск-Талнах в России, Инсизва в ЮАР (фанерозой). Минерализация, связанная с реактивизацией чехла платформы и подстилающего его фундамента, обусловлена разломами, вдоль которых внедряются гранитоиды и щелочные-ультраосновные комплексы и располагаются месторождения, связанные с ними. Возраст реактивизации, интрузивных комплексов и генетически тесно с ними связанных месторождений различный, он укладывается обычно в три главные возрастные группы: рифей — кембрий, девон, мезо-кайнозой.

С так называемыми «молодыми» (рифейскими и более молодыми) гранитоидами связаны многочисленные и весьма крупные поля редкометальных пегматитов Африки, Бразилии и других щитов, многие гидротермальные месторождения золота, урана, свинца и цинка, молибдена.

С щелочными-ультраосновными комплексами, часто типа «кольцевых интрузий», связаны крупнейшие месторождения карбонатитовых руд в пределах Африканского, Бразильского, Сибирской платформы, Канадского и других щитов, в которых сосредоточены огромные запасы ниобия, циркония, редких земель, апатита, флогопита и других ценных полезных ископаемых (месторождения Баррейру-ди-Араша, Посус-ди-Калдас, Тапира и Жакупиранга, тяготеющие к линеamentу Сан-Франсиску в Бразилии; месторождения Луэш, Каронге и др., тяготеющие к зоне Великих Африканских разломов; Маунтин-Пас и Ока в пределах Канадского щита и др.).

Возраст названных месторождений карбонатитовых руд находится в широком интервале — от рифея до палеогена включительно, отражая многократное проявление процессов активизации.

С процессами активизации и внедрением ультраосновных-щелочных пород — кимберлитовых трубок — связаны и все крупные месторождения алмазов в пределах Африканского, Бразильского, Сибирского, Индостанского и других щитов. Возраст кимберлитов главным образом мезо-кайнозойский (мел, палеоген), но известны и более древние кимберлиты верхнепалеозойского и рифейско-нижнепалеозойского возраста.

В пределах щитов и их платформ широко развиты следующие генетические группы месторождений: метаморфогенные руды железа, марганца, золота и урана; ликвационные руды никеля и меди с примесью кобальта, платины и палладия; редкометальные пегматиты с бериллом, танталом, ниобием, литием, оловом, ураном и торием; редкометальные карбонаты с ниобием, цирконом, редкими землями, флогопитом, апатитом; стратиформные месторождения меди, свинца и цинка с кобальтом, германием, кадмием, ураном; колчеданные месторождения медных и полиметаллических руд; гидротермальные месторождения золота (в кварцевых жилах) и урана (в ассоциации с Co, Ni, Bi, Ag или с медью или с гематитом); алмазоносные кимберлиты.

Многие из названных типов месторождений специфичны только для щитов и их платформ, или развиты главным образом в их пределах, отсутствуя или будучи слабо развиты в складчатых подвижных поясах. В результате щиты и их платформы необычно богаты железом, марганцем, золотом, ураном, никелем, кобальтом, платиной, палладием, бериллием, ниобием, цирконием, редкими землями, в меньшей мере медью, свинцом, цинком, германием; из неметаллических полезных ископаемых характерны алмазы, флогопит, графит, в меньшей мере апатит.

3. Металлогения складчатых подвижных поясов

3.1. Главнейшие подвижные пояса Мира.

Складчатые подвижные пояса (рис. 1) и совпадающие с ними глобальные и региональные металлогенические пояса возникли на месте геосинклинальных структур. В современном рельефе они выражены обычно горными хребтами более или менее денудированными. Наиболее крупными и богатыми рудными месторождениями являются глобальные пояса. Сформированные, главным образом, во время киммерийской и альпийской этапов складчатости, они опоясывают Земной шар в меридиональном (Тихоокеанский) и широтном (Средиземноморский) направлениях. Главнейшие региональные складчатые подвижные пояса по главному времени их формирования можно разделить на две группы: 1) пояса герцинской складчатости (Уральский, Кам-Юаньский, Казахстанский, Среднеазиатский, Западно-Европейский, Аргентинский, Атласский); 2) пояса байкальской и каледонской складчатости (Алтае-Саянский, Таймырский, Норвежско-Аппалачский, Восточно-Австралийский, Капский). Формирование металлогении складчатых подвижных поясов - процесс длительный, полициклический. Рудообразование, кроме главных этапов, имело место на всех этапах формирования складчатых подвижных поясов [8].

3.2. Средиземноморский глобальный пояс.

Общее протяжение пояса около 18 тысяч километров, ширина 800 – 1000 км. Средиземноморский металлогенический пояс охватывает бассейн Средиземного моря в пределах стран Южной Европы и Северо- Западной Африки, простираясь далее в Малую Азию. Кавказ-Закавказье, Иран, Афганистан, Гималаи, далее в Индонезию, вплоть до островов Банка и Биллитон, где он смыкается с Тихоокеанским поясом (рис. 1).

В пределах Средиземноморского пояса И.Г. Магакьян [8] различает ряд металлогенических провинций: Юго-восток Испании, Пиринеи, Северная Африка, Италия, Карпато-Балканская область, Малая Азия, Большой Кавказ, Малый Кавказ, Афганистан, Копетдаг, Гиндукуш и Гималаи, Восточное окончание Средиземноморского пояса. Их объединяет то, что процессы складчатости, магматизма и минерализации происходили, главным образом, в мезокайнозое.

Юго-восток Испании и Пиринеи. Здесь известны палеогеновые полиметаллические месторождения (Картахена-Массарон и др.), а также значительные проявления ртути, в том числе крупнейшее в мире месторождение Альмаден. Разработка его продолжается более 2000 лет, при этом обеспеченность разведанными запасами составляет около ста лет при ежегодной добычи 1500-2000 тонн ртути [17]. Месторождение заключено в кварцитовидных песчаниках силура. Руды сложены в основном киноварью и кварцем с незначительным содержанием антимонита и пирита. В некоторых участках присутствует самородная ртуть (до 20%!). Возраст и генезис оруденения дискуссионен. Согласно одной точке зрения оно сформировалось в альпийское время, имеет гидротермальную природу; другие считают месторождение вулканогенно-осадочным, претерпевшим в альпийское время лишь преобразование.

Северная Африка. Значительные и разнообразные месторождения известны в альпийской зоне _ в Алжире, Тунисе, Северном Марокко. Наибольшую ценность представляют крупные свинцово-цинковые стратиформные месторождения (Бу-Беккер, Мибладен, Зейда и др.), эксгальционно-осадочные месторождения марганца (имени, Бу-Арфа и др.), а также промышленные концентрации сурьмы и ртути, проявления реальгар-аурипигментовых руд, скарновые месторождения железных руд (Джерисса и др.).

Италия сравнительно бедна металлами. Здесь известны лишь месторождения сурьмы и ртути на склоне четвертичного вулкана Монте-Амита (провинция Тоскана); небольшое

значение имеют полиметаллические месторождения районов Масса-Маритима и Райбл, марганцевые месторождения Лигурии и никель-кобальтовые руды в Альпах.

Карпато-Балканская провинция наиболее богата месторождениями различных генетических типов. Территория Югославии, особенно Динариды, где проявились разновозрастные эпохи магматизма и минерализации. Металлогения каледонского и герцинского циклов проявилась относительно слабо (гематитовые руды Лан-Диль, отдельные концентрации стратиформных серноколчеданных руд). Герцинский магматизм и металлогения выражены интенсивнее – с гипербазитами связаны месторождения хромита (Ораза, Люботин и др.), с гранитоидами связаны месторождения скарновых железных руд (Рудна Глава), проявления шеелита и молибденита, небольшие гидротермальные месторождения никель-кобальтовых, медно-висмутовых, золото-шеелитовых руд. Наиболее интенсивно проявлена металлогения мезо-кайнозойского периода, в особенности верхнемелового-палеогенового возраста. С верхнемеловыми гипербазитами связаны многочисленные месторождения хромитовых руд, с массивами гранитоидов – скарновые месторождения железных руд, в меньшей мере месторождения медных и полиметаллических руд плутоногенно-гидротермального класса. Очень широко развиты олигоцен-миоценовые субвулканические андезиты, дациты, порфириты, с которыми генетически связаны весьма важные для страны месторождения колчеданных руд меди (Бор), гидротермальных медно-молибденовых руд (Майданпек и др.), полиметаллических руд (Трепча-Стари), молибдена (Мачкатица), сурьмы (Костайник-Крупани), ртути (Авала). Имеются также небольшие месторождения золота, никель-кобальтовых, висмутовых и вольфрамовых руд. К эксгальциционно-осадочному типу относятся месторождения гематитовых (Вареш), марганцевых (Цер и Чевляновиц) и серноколчеданных (Боровица) руд. Важными в отношении рудоносности являются Среднегорская и Родопская зоны Болгарии. С андезит-дацитовым вулканизмом и субвулканическими малыми интрузиями связаны многочисленные месторождения медноколчеданных руд Среднегория (Радка, Челопец и др.). Эти месторождения являются аналогами Закавказских колчеданных месторождений в Грузии и Армении. Характерны также эксгальциционно-осадочные конкреционные руды марганца (Оброчиште, в районе г. Варна) олигоценного возраста.

Родопская рудная зона, представляя активизированный участок древнего срединного массива, характеризуется богатыми полиметаллическими месторождениями, крупными месторождениями флюорита, связанными с гранитоидами и щелочными малыми интрузиями миоценового возраста. С рудами многих сульфидных, медно-порфировых, полиметаллических месторождений Родоп связаны перспектив золотоносности территории Болгарии.

Продолжение рудоносных зон Болгарии и особенно Югославии прослеживается на юг, на территорию Греции (Геллениды, Балканы). Довольно крупные месторождения хромита связаны с мезозойскими гипербазитами. С гранитоидами ларамийского возраста и более молодыми олигоцен-миоценовыми субвулканическими интрузиями связаны многочисленные месторождения полиметаллических руд (Лаврион), медноколчеданных руд (Отрис), молибдена (аконополис), небольшие месторождения сурьмы (Лесбос и др.), руды золота (бассейн р. Струмы). Альпийские структуры Карпат на территории Румынии, Венгрии и Словакии характеризуются господством субвулканического магматизма миоплиоценового возраста, с которыми связана низкотемпературная гидротермальная минерализация – главным образом золото-серебряная (с теллуридами), реже полиметаллическая и ртутно-сурьмяная.

Рудоносные структуры Балкан протягиваются в южном - юго-восточном направлении (о. Кипр, Малая Азия, Северный Кавказ, Закавказье и далее на восток). На Кипре известны значительные месторождения хромита (Тродосский массив гипербазитов); толще андезитов подчинены линзы и штоки медноколчеданных руд (месторождения Скоуриотисса, Мавровуни).

Богаты рудными месторождениями альпийские складчатые структуры Малой Азии (территория Турции). В Анатолидах (север Турции) и Тавридах (юг Турции) широко развиты верхнемеловые гипербазиты, с которыми связаны очень крупные месторождения хромита (Дагарды, Гулеман и др.). С субвулканическими малыми интрузиями мелового возраста и частью палеогена связаны месторождения медноколчеданных руд (Эрганимаден, Кварцхана и др.). Имеются эксгалиационно-осадочные месторождения марганца (Эргели, Картла и др.) подобные месторождениям Болгарии и Закавказья, а также месторождения сурьмы (Турхал) и ртути (Карабурун), реальгар-аурипигментовых руд (Кагызман), молибдена (Кескинмаден). С процессами активизации в пределах палеозойских срединных массивов Анатолии (центральная Турция) известны крупные месторождения вольфрамита, флюорита, проявления урана и олова.

В пределах Большого Кавказа магматизм и рудные процессы проявлялись неоднократно с различной интенсивностью, особенно сильной в мезо-кайнозойе. Месторождения различных временных эпох (каледонской, герцинской, киммерийской, альпийской) и различных генетических классов обособлены во времени и пространстве, они создают структурно-металлогенические зоны – пояса со своей спецификой минерализации. В пределах Большого Кавказа выделены [8] рудные зоны общекавказского простирания (с севера на юг): 1. Предкавказская с убогой свинцово-цинковой минерализацией. 2. Передового хребта с медноколчеданным палеозойским оруденением. 3. Главного хребта с полиметаллическим (Pb, Zn) и редкометальным (W, Mo, As, Hg) оруденением. 4. Южного склона Большого Кавказа с медно-пирротин-полиметаллическим и ртутно-сурьяно-мышьяковым оруденением. 5. Гагринско-Ждавская с барит-полиметаллической, ртутной и редкометальной минерализацией. 6. Дзирульская с пегматитами и осадочными рудами марганца.

В пределах Малого Кавказа также с севера на юг выделены следующие зоны: 1. Сомхето-Карабахская с колчеданным и скарновым железорудным оруденением. 2. Севано-Акеринская с хромитом и с наложенной золото-ртутно-сурьяно-мышьяковой минерализацией. 3. Памбек-Зангезурская с медно-молибденным оруденением. 4. Приаракская со свинцово-цинковым и реальгар-аурипигментовым оруденением.

Рудные зоны Малого Кавказа, особенно четко медно-молибденовая Памбек-Зангезурская, протягиваются далее на юго-восток в горы Карадага (Иран) где развиты скарновые и гидротермальные медно-молибденовые месторождения (Мескане, Сьунгун и др.). Большое значение имеют стратиформные месторождения свинцово-цинковых руд (Озбах-Кух, Ангуран и др.), известны также железорудные и шеелитоносные скарны, проявления ртутных, реальгар-аурипигментовых и сурьянных руд.

Далее на восток Средиземноморский альпийский пояс занимает территории Афганистана и юга Средней Азии (Копетдаг, Памир), горных хребтов Гиндукуш и Гималаи, прослеживаясь на юго-восток в Бирму и Индонезию. Металлогения Афганистана изучена слабо. В связи с палеогеновыми и более древними гранитоидами известны железорудные скарны, гидротермальные месторождения меди, полиметаллических руд, сурьмы, серебра и золота (в районах Кабула и Кандагара). В горах Копетдага (Туркмения) известны проявления сурьмы и ртути; с палеогеновыми гранитоидами связаны довольно крупные месторождения барита и виверита. На Памире в генетической связи с мезозойскими и палеогеновыми гранитоидами известны месторождения полиметаллических руд, золота и пьезокварца. Мало сведений о металлогении хребтов Гиндукуш и Гималаев. К вулканогенной толще палеозоя (в Бирме) приурочено крупное полиметаллическое месторождение, вероятно, колчеданного типа. Интересно, что руды здесь массивные, необычно богаты свинцом и цинком, содержат примесь меди, никеля, кобальта, сурьмы и серебра. Довольно богаты металлами острова Индонезии – Суматра, Ява, Сулавеси (Целебес), Борнео (Калимантан) – составляющие крайний восточный фланг глобального Средиземноморского металлогенического пояса. С палеогеновыми гранитоидами связаны многочисленные месторождения медных руд, золота; с гипербазитовыми массивами связаны железные руды латеритного типа (с примесью никеля, хрома, кобальта) и силикатные руды никеля (о. Целебес).

Некоторый интерес представляют эксгальционно-осадочные марганцевые руды на о. Ява. Проявления олова и вольфрама связаны с активностью Тихоокеанского металлогенического пояса.

3.3. Тихоокеанский глобальный металлогенический пояс

Тихоокеанский глобальный металлогенический пояс (ТМП) близмеридионального прости- рания протяженностью более 40 тысяч километров при средней ширине от 200 до 2000 километров. Он опоясывает Тихий океан двумя ветвями – с запада Азиатская (от Чукотки на севере до Новой Зеландии на юге), с востока Американская ветвь (от Аляски на севере до земли Грейма в Антарктиде) (рис. 1).

3.3.1. Азиатская ветвь ТМП характеризуется наличием трех типов земной коры: океани- ческой, континентальной и коры переходного типа. В связи с этим можно различать три типа металлогенических провинций [8], в каждом из которых выделяются (см. табл.3) ве- дущие, характерные, подчиненные, слабо представленные и практически отсутствующие металлогенические продукты (рудные металлы, минералы).

Таблица 3

Рудные метал- лы, минералы	Тип металлогенической провинции		
	Континентальный (Восточноазиат- ский)	Переходный (окраинно- материковых вулка- ногенных поясов)	Притихоокеанский
Ведущие	Au, Sn, W	Hg, Au (эпитермаль- ные), Cu, Mo, S	Cu, Cr, Hg
Характерные	B, As, Pb, Zn, F, Mo	B, Li (сульфатары), B, Pb, Zn, Al (алунит), F	Pt, S, Au, Ag (эпи- термальные), Ti, ас- бест
Подчиненные	Hg, Sb, Cu, Be, Li, Ta, Nb, Fe	Sb, Zn, Cd, Ge, Se, Te, W, Fe (колчеданное)	Fe, Ba, Ni, Se, Te, Pb, Zn
Слабо пред- ставлены	Fe, Co, TR, Bi, In, Cd, Ag, Ba	Be, As	Mo, Sb, Sn, F
Практически отсутствуют	Sr, Pt, Cr, Ti, Ni, Al, P, Se, Te, V, асбест	Sr, Ni, Co, TR, асбест, Ti, Cr, V, Ba, Ta, Nb, P	Sr, B, TR, Be, W, Al, Co, As, Bi, Ta, Nb, In, Cd, P

По И.Г. Магакьяну [8] рассмотрение металлогении целесообразно провести отдельно для материковой - внешней и внутренней зон Азиатской ветви. Последняя охватывает пере- ходный и притихоокеанский металлогенические типы (табл. 3). Для внешней зоны Азиат- ской ветви ТМП выделяются следующие крупные области (с севера на юг): Северо- Восток России, Охотско-Чукотский пояс, Забайкалье, Юго-Восток Азии. Во внутренней зоне ТМП различаются: 1) Камчатско-Корякское нагорье, Курилы, Сахалин; 2) Япония; 3) Тайвань, Филиппины; 4) Новая Гвинея, Новая Каледония, Новая Зеландия Северо-Восток России (рис 4). Для металлогении этого региона важнейшее значение име- ла киммерийская эпоха, во время которой сформированы Верхояно-Колымская и Чукот- ская складчатые зоны, между которыми расположен крупный Колымский срединный мас- сив. Киммерийский магматизм начался с формирования в средне- верхнеюрское время протяженного пояса даек кварц-альбитовых порфиоров, порфиритов, с которыми парагене- тически связаны золоторудные поля Верхояно-Колымского рудного района. В главную фазу киммерийской складчатости, в течение верхней юры – нижнего мела происходило внедрение батолитов и крупных штоков гранитоидов умеренно кислого и кислого состава,

а также штоков андезитов-дацитов. С умеренно кислыми гранитоидами обычно связаны небольшого масштаба месторождения молибдена, полиметаллических руд, мышьяка и золота, с кислыми гранитоидами – крупные месторождения оловянных и олово-вольфрамовых руд, образующие протяженные рудные пояса. Главные оловорудные пояса: Индигиро-Колымский, Яна-Адычанский, Чаунский, Северо-Чукотский. Они опоясывают Колымский срединный массив в виде полукольца с юга, запада и севера.

Месторождения оловянных и олово-вольфрамовых руд Северной Чукотки связаны частью с нижнемеловыми, но главным образом с верхнемеловыми гранитоидами. На Чукотке выделено пять рудных поясов: 1) Северный с олово-вольфрамовым оруденением и кварц-сульфидными месторождениями в связи с нижнемеловыми и верхнемеловыми гранитоидами соответственно. 2) Центральный с золото-молибденовым оруденением с оловорудными месторождениями в западной части пояса в связи с верхнемеловыми гранитоидами. 3) Южный с золото-серебряным и ртутным оруденением палеогенового возраста. Второстепенное значение здесь имеют висмутовая и сурьмяная минерализации. 4) Юго-Восточный пояс скарнового полиметаллического оруденения, связанного с гранитоидами палеогенового возраста. 5) Северо-Восточный со скарновыми магнетитовыми и полиметаллическими месторождениями, связанными с гранитоидами нижней – средней юры и мела.

Четко устанавливается разновозрастность золоторудной минерализации; кроме многочисленных месторождений, связанных с дайковой серией доверхнеюрского возраста, известны месторождения ниже- и верхнемелового возраста, а также низкотемпературные золото-серебряные месторождения палеогенового возраста. Для последних характерна приуроченность к разломам, вдоль которых формируется Охотско-Чукотский вулканогенный пояс с широким развитием эффузивов и мелких штоков умеренно кислых и субщелочных гранитоидов миоцен-плиоценового возраста. Золото-серебряные и ртутные месторождения южных и юго-восточных районов Чукотки залегают среди вулканогенных толщ верхнего мела и главным образом палеогена, представлены прожилково-вкрапленными рудами состава электрум, пираргирит, антимонит, сульфосоли серебра, а из жильных – халцедон, адуляр, карбонаты. Минерализация такого типа прослеживается в пределах всего Охотско-Чукотского вулканогенного пояса от южной части Чукотки до низовьев р. Амурса. С позднеюрскими батолитоподобными интрузиями гранитов связаны редкометалльные (Sn, W, Mo и др.) металлогенические зоны – Полуосненско-Колымская, Сеймчанская, Таскыбатыкская и Куларская. Не менее важное значение имеют металлоегнические зоны позднего (главным образом позднемелового) этапа развития. Для зон этого этапа наиболее типичны касситерит-сульфидная, серебро-свинцовая (иногда с оловом), медно-вольфрамовая и сурьмяно-ртутная зоны минерализации. По И.Г. Магакьяну [25] все эти зоны связаны с гранитоидами Омсукчанского интрузивного комплекса верхнемелового возраста.

Забайкалье. Рудная провинция Забайкалья включает Западное и Восточное Забайкалье и часть Прибайкалья – территорию, расположенную к юго-востоку и востоку от оз. Байкал до границы с Монголией и Китаем. Это регион полициклического развития, в котором проявлены байкальская, каледонская, герцинская и киммерийская металлогенические эпохи, а также наложены процессы активизации позднемелового-палеогенового возраста, с которыми связаны низкотемпературные гидротермальные руды золота, сурьмы, вольфрама, ртути. В байкальской складчатой области, непосредственно примыкающей к Сибирской платформе (Прибайкалье), широко развиты метаморфические толщи протерозойского возраста и докембрийские гранитоиды, с которыми связаны редкометалльные и мусковитовые пегматиты, а также отдельные железоскарновые месторождения. Каледониды занимают Западное, отчасти Центральное и Восточное Забайкалье; характеризуются широким развитием вулканогенных и осадочных морских отложений кембрия и ордовика, прорванных раннепалеозойскими гипербазитами и гранитоидами. С вулканогенными толщами связаны полиметаллические колчеданные руды (месторождение Озерное); с ба-

зит-гипребазитовыми интрузиями -проявления хромита и месторождения титаномагнетитовых руд (Кручининское и др.); с гранитоидами связаны скарновые (Железный кряж) и небольшие гидротермальные месторождения медных и полиметаллических руд.

Герцинские образования также расположены в основном в Западном Забайкалье. Здесь господствуют флишеидные, отчасти вулканогенные отложения девона и нижнего карбона, прорванные многочисленными интрузиямигранитоидов среднепалеозойского возраста. С последними связаны месторождения золота (Воскресеновское и др.), среднегерцинские олово-вольфрамовые (Шумиловское) и кварц-молибденитовые (Гутай) месторождения, связанные с позднекладчатými гранитоидами. С посткладчатыми позднегерцинскими гранитоидами связаны вольфрам-молибденовые (без олова!) месторождения. Киммерийские складчатые структуры господствуют на территории Восточного Забайкалья. Здесь широко развиты алюмосиликатные и карбонатные толщи. Главная масса рудных месторождений Восточного Забайкалья (олово-вольфрамовые, золото-молибденовые, полиметаллические) образовалась в верхней юре и на границе с нижним мелом в связи с гранитоидными интрузиями [25]. Эти месторождения, а также низкотемпературную золото-сурьмяно-вольфрам-ртутную минерализацию Забайкалья А.Д.Щеглов и И.Н.Говоров [53] связывают с процессами активизации.

Дальний Восток характеризуется преимущественно альпийским возрастом рудогенеза при скромной роли киммерийской эпохи (решающей для металлогении Северо-востока России и Забайкалья). При этом характерно трехкратное (в палеозое, мезозое и палеогене) проявление оловорудной минерализации в связи со становлением гранитоидных интрузий. Последние приурочены к субмеридиональным линейным структурам. Возрастной диапазон интрузий от протерозоя до палеогена (преимущественно палеогеновый) с последовательным омоложением с запада на восток. В соответствии с ними с запада на восток все моложе оловорудная минерализация, приуроченная к близмеридиональным разломам глубокого заложения [1].

Наиболее молодые рудоносные интрузии представлены некками неогеновых трахитов, андезитов, порфиров, окруженных ореолами алунизированных пород (с диккитом), вмещающих золото-серебряную минерализацию и рудопроявления ртути, известные в пределах всего Сихотэ-Алинского синклиория (Восточный палеогеновый рудный пояс). Западнее, в Центральной, или мезозойской зоне, с позднемезозойскими гранитоидами пространственно и генетически связаны олово-вольфрамовые месторождения, а к малым интрузиям диоритов приурочено золото, пространственно и во времени обособленное от олово-вольфрамового рудогенеза. Заслуживают упоминания скарновые месторождения неметаллического сырья – бора (Дальнегорское) в зоне мезозойской складчатости. Скарны, генезис которых связывают с внедрением палеогеновых гранитоидов, развиты как по известнякам верхнего триаса, так и по вмещающим песчано-сланцевым породам. В Западной, или Уссури-Ханкайской зоне, известны месторождения железистых кварцитов (Кимканское, Гаринское) и метаморфизованные месторождения марганцевых руд (Южго-Хинганское), приуроченные к низам кмбрийских отложений. Небольшие месторождения олова (кварц-касситеритовые гидротермальные и грейзеновые с топазом, турмалином, флюоритом) и золота (иногда в ассоциации со стибнитом и шеелитом) генетически связаны с ниже-среднепалеозойскими интрузиями гранитов.

Таким образом, наиболее характерным металлом для всех периодов и зон минерализации является олово при второстепенном и локальном развитии Mo, W, Au, Fe, а также Pb, Zn, Sb, Hg.

Охотско-Чукотский пояс занимает промежуточное положение между Яно-Колымчкой и Чукотской мезозойскими зонам с одной стороны и Камчатско-Корякской кайнозойской зоной – с другой. Металлогения этого вулканогенного пояса связана с меловыми эффузивами и экструзивами, а также интрузиями предверхнемелового охотского комплекса гранитоидов и более молодыми гранитоидами. В ассоциации с эффузивами и экструзивами из-

вестны сурьмяно-ртутные месторождения (Пламенное, Палянское и др.), золото-серебряные проявления (сопка Рудная, Агатовское и др.), отдельные месторождения касситерит-станнинновых руд (Хетинское, Кандычанское) проявления самородной меди, свинцово-цинковых руд и алунита. Проявления золота (месторождения Охотск, Золотой хребет и др.), а также кварц-вольфрамит-молибденитовые гидротермальные руды, образующие рудные узлы (Магаданский, Еропольский, Телекайский и др.) ассоциируют с охотским интрузивным комплексом.

В целом для металлогении Охотско-Чукотского пояса характерна ведущая роль молибдена, вольфрама, свинца и цинка при подчиненном развитии золота, серебра, ртути, сурьмы, олова и очень небольшая роль принадлежит железу, меди, мышьяку, алюминию и др.

Юго-Восток Азии, как часть глобального Тихоокеанского пояса, включает территории южных провинций Китая, стран Индокитайского полуострова (Вьетнам, Лаос, Кампучия, Таиланд, восточная часть Бирмы), Малайзии, и острова Банка и Биллитунг (Индонезия). В металлогеническом отношении это богатейшая олово-вольфрамовая провинция (до 2/3 мировой продукции Sn и W); огромное значение имеют месторождения сурьмы (50% мировой продукции) и крупные концентрации ртути, молибдена, висмута. В пределах провинции широко развиты осадочные песчаниково-сланцевые (отчасти карбонатные) толщи палеозойского и мезозойского возраста, смятые в складки и прорванные гранитоидами яньшаньского комплекса (J₃-Cr₁), местами гранитоидами палеогенового возраста. Главным генетическим типом связанных с ними месторождений является грейзеновый (кварц-вольфрамитовые и кварц-касситеритовые жилы с подчиненным развитием молибденита, висмутита, берилла, топаза, флюорита и др.). Меньшее значение имеют среднетемпературные плутоногенно-гидротермальные месторождения сульфидно-касситеритовых или сульфидно-вольфрамитовых руд, а также скарновые месторождения шеелита или касситерит-станнинновых руд.

Наиболее крупные запасы вольфрамитовых руд сосредоточены в Китае (провинция Цзяньси), несколько меньше в Бирме и Таиланде, Малайзии; Оловом особенно богаты Малайзия, Китай (провинция Юнань), Индонезия (о-ва Банка и Биллитунг).

Юго-восточные провинции Китая очень богаты сурьмой и ртутью. Здесь расположено крупнейшее в мире месторождение сурьмы Си-Гуань-Шань (50% мировой добычи), а также многочисленные месторождения сурьмяно-ртутных руд, приуроченные к киммерийскому рудному поясу Куэйджоу. Последний имеет близширотное простирание, тянется на 700 км и, вероятно, является частью Средиземноморского глобального пояса. С молодыми гранитоидами связан комплекс низкотемпературных сурьмяно-ртутно-мышьяковых месторождений среди красных глин палеогенового возраста (в провинции Гуанси и Юнань).

Внутренняя зона. Параллельно Внешней зоне Азиатской ветви ТМП протягивается Внутренняя зона со следующими рудными областями (по И.Г.Магакьяну [15]): Камчатско-Корякское нагорье, Курилы и о. Сахалин, Японские острова, о. Тайвань, Филиппины, Новая Гвинея, Новая Зеландия, острова Океании – Новая Каледония, Фиджи и др.

Камчатско-Корякское нагорье, Курилы и о. Сахалин. Формирование этой области происходило в альпийскую эпоху (верхний мел – палеоген), к этому же возрасту относится и рудная минерализация. В ранний этап развития накоплена мощная тоща вулканогенно-осадочных пород верхнего мела и палеогена. К ним приурочены многочисленные месторождения и рудопроявления медноколчеданных руд (Кимлинское рудное поле Камчатки и др.), а также эксгальционно-осадочных (частью низкотемпературных гидротермальных) руд марганца. К раннему этапу относится базит-гипербазитовый магматизм, приуроченный к глубинным разломам Пенжинской губы, Срединного хребта и Восточной Камчатки. Возраст интрузий от верхнего мела на западе до верхнеэоценового на востоке; с ними генетически связаны небольшие месторождения хромита, проявления асбеста и платиноидов.

Средний этап проявлен интенсивно в южной части Срединного Камчатского хребта и в Ганальском хребте где в антиклинорных структурах древние породы прорваны гранитоидами олигоцен-миоценового возраста, с которыми связаны медно-молибденовые месторождения (Туманное, Воровское и др.). Последние приурочены к глубинному разлому, который проходит в сводовой части Камчатско-Корякского антиклинория. В Срединном Камчатском хребте хорошо выражена вертикальная зональность оруденения с зонами минерализации (сверху вниз): 1) самородная сера и киноварь с примесью As, Sb, Se, 2) золото-сурьмяная, 3) серебро-свинцово-цинковая, 4) медно-молибденовая. Аналогичная зональность установлена в неогеновых рудных зонах Японии. Сурьмяно-ртутное оруденение наиболее широко проявлено в Корякском антиклинории, где образует рудные поля, в пределах которых образованы мышьяковые, серебро-свинцово-цинковые с золотом и баритовые месторождения, тяготеющие к дайкам и некам андезита и дацита, вероятно, в связи с общностью глубинного магматического источника.

В конечный этап происходило внедрение малых интрузий и экструзий дацитов, андезитов миоцен-плиоценового возраста. С очагами этих малых интрузий связано образование вторичных кварцитов, вмещающих низкотемпературную ртутную, золото-серебряную (Киткойское месторождение), мышьяковую (реальгар-аурипигментовую) минерализацию.

Ртутное оруденение Камчатки имеет преимущественно плиоценовый возраст, но в некоторых участках отложение киновари происходит и в настоящее время (например в Анапельских горячих источниках).

Завершают развитие Камчатско-Корякской зольны, Курил и Сахалина излияния позднемиоценовых андезитов-базальтов, позднеплиоценовых и четвертичных дацитов и риолитов, накопление больших масс ингимбритов и пемз, деятельность горячих минеральных источников.

Японские острова В пределах Японского гряды островов (с севера на юг – Хоккайдо, Хонсю, Сикоку, Кюсю и др.) выделено [8] четыре металлогенических эпохи эндогенного оруденения: 1) позднепалеозойско-раннемезозойская, 2) позднемезозойско-палеогеновая, 3) неогеновая, 4) четвертичная. Для первых двух металлогенических эпох характерны высокотемпературные гидротермальные, скарновые руды, осадочные и метаморфогенные месторождения железа и марганца, а для более молодых эпох – низкотемпературные гидротермальные месторождения благородных, цветных и редких металлов.

Для Японии в целом очень характерны стратиформные залежи медистого пирита среди кристаллических сланцев (месторождение Бесси и др.), а также цветных металлов типа «Куроко» (черная руда, состоящая из темного сфалерита, галенита, а также халькопирита, барита и гипса), приуроченные к вулканогенным миоценовым формациям Северо-Восточной Японии. Со свинцово-цинковыми, а иногда и с олово-вольфрамовыми рудами часто тесно связаны гидротермальные медные руды Японии миоценового и более древнего возраста. Широко развиты в Японии низкотемпературные вулканогенно-гидротермальные золото-серебряные месторождения мио-плиоценового возраста.

Палеозойские месторождения Японии представлены пластообразными марганцевыми и железо-марганцевыми рудами, иногда медистым пиритом, вероятно, эксгальационно-осадочного типа.

Мезозойские месторождения также представлены эксгальационно-осадочными рудами железа, марганца или медистого пирита. С базит-гипербазитовыми телами юрского возраста связаны низкосортные хромитовые руды, арсениды никеля и никельсодержащего пирротина. В связи с внедрением меловых базит-гипербазитовых интрузий на о. Хоккайдо известны концентрации хромитовых руд и никельсодержащих пирротиновых руд. В пределах области Китаками и плато Абакума, в связи с внедрением позднемеловых гранитоидов известны скарновые месторождения золота, полиметаллических руд (медь, свинец и цинк), реже железа. С более поздними (верхнемеловыми и палеогеновыми) кислыми гранитами связаны олово-вольфрамовые и молибденовые руды.

Неогеновая минерализация проявлена в Японии наиболее интенсивно. В эту эпоху образовались многочисленные месторождения золото-серебряных руд, цветных металлов типа «Кууроку», а в некоторых провинциях руды олова, вольфрама, молибдена, марганца, сурьмы и ртути. Рудогенез генетически связан с вулканизмом и субинтрузивным магматизмом андезитовых и риолитовых магм верхнего мела – плиоцена. С кислыми гранитными интрузиями миоцена (10-13 млн. лет возраст гранитов) известны вольфрамит-касситеритовые месторождения с совмещенной медной минерализацией. Это редкий случай совместного нахождения металлов анатагонистов – меди и олова (рудная провинция Икуно-Акенобе). К миоценовой эпохе относятся пластовые пирролюзит-псиломелановые руды, связанные с подводным вулканизмом, а также сурьмяно-ртутная минерализация, нередко с золотом.

Минерализация четвертичного периода связана с деятельностью вулканов, изливавших андезиты и базальты. Характерны экзогайационные месторождения серы от плейстоценового до современного возраста. Все месторождения содержат различные количества пирита и других сульфидов.

Остров Тайвань по характеру металлогении имеет черты сходства с Японией. Медноколчеданные месторождения, представляющие экономический интерес, залегают среди вулканогенно-осадочных толщ миоцена. Формирование медно-серноколчеданных месторождений происходит и в современную эпоху, в связи с деятельностью фумарол и горячих минеральных источников. Широко распространены также золото-серебряные руды, сходные по условиям образования с японскими.

Филлипины Металлогения Филиппинского меридионального архипелага островов обнаруживают еще большее сходство с металлогенией Японии. Большое экономическое значение имеют многочисленные достаточно крупные месторождения хромита и железных руд (остаточного типа с примесью никеля и кобальта), связанные гипербазитами мезокайнозойского возраста. Главными типами рудных месторождений, связанных с палеогеновым гранитоидным магматизмом, являются медноколчеданные и золото-серебряные руды. Наиболее известны месторождения Балаток, Антомок, Акупан (последнее за 37 лет эксплуатации дало более 100 тонн золота).

Новая Гвинея и соседние острова (Новая Британия, Новая Ирландия, Соломоновы острова и др.) сложены вулканогенно-осадочными толщами, прорванными мио-плиоценовыми кварцевыми диоритами, интрузивными дацитами и порфирами, пропилитизированными в пределах рудных полей. Кроме того известны гипербазиты, с которыми связаны проявления хромита и платиноидов (самородная платина, осмистый иридий). С кварцевыми диоритами связана медно-молибденовая минерализация медно-порфировой формации, а с дацитами и порфирами – золото-серебряные низкотемпературные гидротермальные руды.

Новая Каледония и острова Фиджи. Новая Каледония сложена, главным образом, массивами гипербазитов, с которыми ассоциируют месторождения хромита и остаточные (латеритные) железные руды, а также крупные запасы силикатных (гарниеритовых) руд никеля и кобальта. Меньшее значение имеют руды цветных металлов и золото-серебряные месторождения, связанные с проявлениями гранитоидного магматизма. На островах Фиджи, выдвинутых на восток к глубоководному желобу Тонго, широко развиты мио-плиоценовые экструзивы и небольшие интрузии дацитов и андезито-дацитов, с которыми ассоциируют низкотемпературные золотосеребряные с теллуридами месторождения

Новая Зеландия характеризуется широким развитием мезо-кайнозойских серпентинизированных гипербазитов. В мио-плиоценовое время сформированы малые интрузии гранитоидов, в четвертичное – вулканические аппараты, с которыми связаны многочисленные горячие источники и сольфатары. Проявления хромита в гипербазитах не имеют большого промышленного значения. Интенсивно разрабатываются золото-серебряные и ртутные месторождения, генетически связанные с дацитами и андезитами. В современных минеральных источниках и сольфатарах происходит отложение золото-серебряных и ртутных

руд. Имеются месторождения вулканической самородной серы и марганцевых руд экзогенно-осадочного генезиса.

Таким образом, Внутренняя зона азиатской ветви Тихоокеанского пояса на всем своем протяжении характеризуется однотипной металлогенией: господство стратиформных медноколчеданных и гидротермальных золото-серебряных руд, большая роль ультраосновного магматизма и месторождений хромита; в связи с латеритным профилем выветривания за счет гипербазитов развиты руды железа, силикатного никеля с кобальтом (асболаном). Локально развиты медно-молибденовые руды медно-порфировой формации, месторождения ртути, сурьмы и мышьяка при почти полном отсутствии олововольфрамовых руд, столь характерных для Внешней зоны азиатской ветви Тихоокеанского пояса.

3.3.2. Американская ветвь ТМП.

В отличие от Азиатской ветви, в Американской представлены только два типа земной коры – континентальная кора контрастно соприкасается с океанической. Вулканогенный пояс андезитовой линии сходный по типу магматизма и металлогении с внутренней (островной) зоной Азиатского вулканогенного пояса занимает западную окраину Америки, образуя гигантский Кордильеро-Андский пояс, с которым связаны имеющие мировое значение месторождения медных, молибденовых, золото-серебряных и полиметаллических руд Британской Колумбии, Западных штатов США, Мексики, Перу, Чили и других территорий.

Согласно И.Г. Магакьяну [8] металлогения Американской ветви ТМП рассматривается в последовательности регионов (с севера на юг): Аляска, Британская Колумбия (Канада), Западные штаты США, Мексика, Центральная Америка, Антильские острова, Венесуэла, Колумбия, Перу, Боливия, Аргентина, Чили.

Аляска. Различаются тектонические области: 1) платформенная на мезозойском фундаменте (прибрежная низменность Северного Ледовитого океана и арктические острова Канады), 2) Кордильерский складчатый пояс в основном мезозойского возраста, 3) Тихоокеанский складчатый пояс в основном кайнозойского возраста (западное побережье Северной Америки).

Базит-гипербазитовый магматизм, а несколько позднее гранитоидный, проявлен в верхнеюрское – нижнемеловое время. Внедрение гранитоидов имело место также в верхнемеловое – палеогеновое время. С гипербазитами связаны многочисленные мелкие месторождения хромитов и проявления платины (из россыпей добывается в значительном количестве). С умеренно кислыми гранитоидами тесно связаны месторождения золота, медных и полиметаллических руд, молибдена. Известны небольшие месторождения сульфидно-касситеритовых руд, однако роль олова в металлогении Аляски мала и не идет ни в какое сравнение с богатыми оловорудными районами Чукотки и других районов Азиатской ветви ТМП.

Британская Колумбия. В пределах Канады принято делить Кордильеры на Западные и Восточные. Граница между ними проходит по рву Скалистых гор. К западу от Скалистых гор в Британской Колумбии и Юконе развиты батолиты гранитов – Береговой, Нельсон, Касиар-Оминеска, с которыми тесно связаны почти все месторождения металлов; в Восточных Кордильерах роль магматизма невелика и минерализация, соответственно, слабее. Возраст гранитоидных инрузий от триаса до палеогена, но главным образом поздне-мезозойский (поздняя юра – ранний и поздний мел). Гранитоиды представлены главным образом гранодиоритами и кварцевыми диоритами при подчиненной роли более кислых и более основных разновидностей. Рудные месторождения располагаются преимущественно вокруг выходов интрузивов. По промышленному значению добываемые металлы могут быть представлены в виде ряда: Pb, Cu, Au, Zn, Ag. В значительных количествах добываются также Mo, Hg, Cd, In, Sb, Sn, Bi, W, Pt, As, причем большинство из перечисленных

извлекается в качестве побочных продуктов. Большинство рудных месторождений относится к жильному и штокверковому типам, примерно четверть – к метасоматическому.

К западу от Скалистых гор выделена провинция олово-вольфрам-молибден-берилловых руд грейзенового типа характерных для Внешней (континентальной) зоны ТМП. Слабо выраженная Внешняя зона намечается и у восточной окраины Британской Колумбии, где были открыты касситерит-сульфидные руды олова (месторождение Дэйблин-Гэлч).

В Британской Колумбии известны, кроме того, месторождения хрома (среди гипербазитов), вольфрама (скарновые с шеелитом и кварц-вольфрамитовые жильные), железа (скарновые магнетитовые), ртути (Пинчи-Лейк, Такла и др.).

Западные штаты США являются частью Северо-Американских Кордильер и представлены двумя субмеридиональными хребтами – Береговым и Скалистых гор. Металлогения этой области связана с нижнемеловым внедрением гипербазитов (небольшие месторождения хромита, проявления платины, алмазов в россыпях) и интенсивным гранитоидным магматизмом от верхнего мела – палеогена до мио-плиоцена. Выделяется два интенсивных периода рудогенеза в связи с гранитоидами: 1) Верхнемеловой-палеогеновый, связанный с внедрением гранодиорит-кварц-диоритовых батолитов Боулдер и Айдахо в Скалистых горах. Здесь известны крупные месторождения меди (Бьют), полиметаллических руд (Ледвилл, Тинтик и др.), золота (знаменитая Материнская жила, Грасс-Валли и др.), вольфрама (шеелитоносные скарны Пайн-Крик) и др. 2) Неогеновый в Береговом хребте, а также вдоль молодых разломов, наложенных в Скалистых горах на области проявления первого периода минерализации. С интрузиями гранодиорит-порфиров, монцонит-порфиров и экструзиями риолитов, андезитов мио-плиоценового возраста связаны крупные месторождения молибдена (Клаймакс – крупнейшее в Мире по разведанным запасам), медно-молибденовых руд (Бингем, Майами, Чино и др.), золото-серебряных руд (Голдфилд, Комсток, Крипл-Крик и др.), ртути (Нью-Альмаден и др.) сурьмяно-вольфрамовых руд (Боулдер, Атолия), урана (Мерисвилл).

Обращает внимание четкий контроль размещения месторождений на территории США субширотными поперечными разломами – продолжением на материке великих океанических трансформных разломов (Мендосино, Мэррей и др.)

Минерализация олова представлена очень слабо в виде проявлений деревянистого олова (касситерит) среди риолитов плиоценового возраста (штат Невада и Нью-Мексико).

Показательны низкотемпературные жилы и штокверки пирролюзит-псиломелановых руд (с баритом, гипсом, кальцитом и кварцем) среди плиоценовых риолитов в штате Нью-Мексико.

Мексика. Рудные пояса Западных штатов США вместе с Кордильерами продолжаются на территории Мексики. Здесь также различаются два периода магматизма и эндогенного рудообразования. Медноколчеданные (Лос-Пиларес) и полиметаллические (Дуранго, Санта-Эулалия и др.) месторождения относятся к верхнемеловому-палеогеновому периоду становления гранодиоритов, диоритов, габбро. Медно-молибденовые (Кананеа, Реформ Майнс и др.) и золото-урановые (район Чиуауа) месторождения относятся ко второму – мио-плиоценовому периоду рудогенеза и внедрения монцонит-порфиров, андезитов, риолитов. С андезитами и риолитами связаны также крупные месторождения золото-серебряных (Эль-Оро) и серебряных (Вета Мадрэ, Пачука), сурьмяных, ртутных руд многочисленными мелкими проявлениями деревянистого олова (среди риолитов). Характерно пластообразное месторождение (Люцифер) марганцевых руд среди туфов плиоцена и жильное, метасоматическое месторождение Монтана-де-Манганезо.

Следует отметить, что гидротермальное рудообразование продолжается и в настоящее время. Ярким примером являются «черные курильщики» Калифорнийского залива. Проведенными в 1986 году советскими учеными исследованиями (экспедиция НИС «Академик Мстислав Келдыш») установлено, что основными рудными минералами являются пирротин (пирит отсутствует), сфалерит и халькопирит, менее развит галенит. Рудоотложение происходит в осадочной толще в пределах троговой впадины Гуаймас, образован-

ной в результате быстрого спрединга океанического дна под толщей осадков (осадочный материал снесен с Американского континента р. Колорадо).

Центральная Америка включает несколько государств: Гватемалу, Никарагуа, Гондурас, Сальвадор, Кост-Рику, Панаму. Главными являются золото-серебряные месторождения, открыты месторождения марганца. В целом металогения этого региона изучена недостаточно.

Антильские острова (Куба, Гаити, Доминиканская республика и др.). Металлогении Антильских островов свойственны черты Внутренней зоны ТМП. На Кубе с широко развитыми гипербазитами верхнемелового возраста связаны крупные месторождения хромита. В связи с латеритным профилем выветривания гипербазитов развиты железные руды и руды силикатного никеля. На Кубе и о. Гаити известны эксгальционно-осадочные и гидротермальные месторождения марганцевых руд верхнемелового и палеогенового возраста. Разведано колчеданное месторождение меди Матахамбр в провинции Пинар-дель-Рио. В связи с палеогеновыми гранитоидами известны вольфрамовые руды (ферберит-шеелитовые жилы).

Южная Америка. Тихоокеанский металлогенический пояс в пределах Южной Америки представлен Андийским складчатым поясом близмеридионального простирания от Северо-Западной Венесуэлы на севере до островной дуги Антарктид и гор Земли Грейма на юге. Этот гигантский пояс один из богатейших в мире металлогенических регионов, где добывается в огромных количествах медь и олово, в больших – вольфрам, молибден, сурьма, золото, серебро, платина и теллур [18].

Геосинклинальные условия накопления мощных стратифицированных формаций существовали в Андийской зоне с верхов рифея и завершились герцинским складкообразованием. Мезозойская активизация обусловила наложение глыбовых тектонических структур, вулканической, интрузивной деятельности и эндогенной минерализации. Альпийский цикл развития Андийского пояса также представлен глыбовой складчатостью и внедрением в верхнем мелу (между альбом и сеноном) главной массы гигантского Андийского гранитоидного батолита, который прослеживается на протяжении 6000 км от Северного Перу до Огненной Земли. В олигоцен-миоценовое время происходило внедрение гранитоидов вдоль молодых глубинных разломов, сопровождавшееся эффузивной деятельностью и эндогенным рудообразованием.

Таким образом, наложением нескольких тектоно-магматических циклов обусловлены основные особенности структуры, магматизма и металлогении Андийского складчатого пояса.

В его пределах различаются рудные провинции (с севера на юг):

1. Венесуэлы и Колумбии. Характерны золото-серебряные и ртутные низкотемпературные месторождения в связи с неогеновым риолитовым и андезито-дацитовым вулканизмом.
2. Центрального Перу. Колчеданно-полиметаллические месторождения этой провинции очень продуктивны на медь, свинец, цинк с попутным извлечением висмута, серебра, кадмия, индия, селена, теллура и других рассеянных металлов.
3. Медного пояса Чили и Южного Перу. Третичные месторождения медно-порфировых руд (Чукикамата, Эль-Тененте, Потрерильос и др.) имеют мировое значение. Уникальное по масштабам (запасы меди оцениваются в 26,7 млн. тонн) месторождение Чукикамата (Чили) приурочено к олигоценовому интрузиву гранодиорит-порфиров. Рудное тело представлено штокверком размером 3000x750 м в плане. Первичное оруденение на глубину не оконтурено, скважины глубиной 1300 м не вышли из руды. Ежегодная добыча меди составляет 900 тыс. тонн (11% мировой добычи) [29]. Кроме меди эта провинция занимает второе место в мире (после США) по добыче молибдена, в значительных количествах попутно извлекается рений, селен, теллур.
4. Оловянного пояса Боливии и Северо-Западной Аргентины. Для Северной Боливии характерна вольфрам-олово-висмутовая минерализация, для Центральной и Южной Боливии, а также Северной Аргентины – олово-серебряная минерализация. Наиболее молодые

(плиоценовые) месторождения Южной Боливии и Северо-Запада Аргентины представлены небольшими месторождениями деревянистого олова среди риолито-дацитовых лав. Кроме того, в Южной Боливии развиты довольно крупные месторождения полиметаллических руд (Колькечака, Беренгела), своеобразные селеновые месторождения (Пакахаке), месторождения Сурьмы (Пабельон). В Северной Боливии разрабатываются крупные месторождения сурьмяных руд (Таписа, Оруро и др.). По добыче сурьмы Боливия занимает второе место в мире (после Китая).

5. Медистых песчаников Боливии и Перу. Здесь развиты стратиформные месторождения медистых песчаников и конгломератов мио-плиоценового возраста. Состав руд: халькозин, самородная медь, примеси самородного серебра и сульфосолей серебра, галенита, сфалерита и др.

Кроме названных пяти провинций, следует отметить наличие платины в связи с гипербазиитами Колумбии (россыпи в бассейне р. Рио-Понто дают ежегодно до 1,5 тонн металла). Большое значение имеет ртутное месторождение Хуанкавелика (Перу) и своеобразное золото-ртутное месторождение Пунитаки (Чили). Эти руды, как и низкотемпературные золото-серебряные многочисленные месторождения Перу и Чили генетически связаны с мио-плиоценовыми андезитами и риолитами.

С действующими и недавно угасшими вулканами Чили, Боливии и Аргентины связаны крупные месторождения самородной серы (Такора, Чупикана, Лос-Адес и др.).

3.5. Уральский пояс

Согласно современным представлениям [34] Урал представляет сегмент суперлинеамента – глобального кольца рифтовых структур, расположенных вдоль Урало-Африканского геопотенциала (к востоку от линии Урал-Мадагаскар фиксируется отчетливое уменьшение плотности мантии). Геофизические данные свидетельствуют о нахождении под Уралом границы между крупными неоднородностями поверхности ядра Земли. Простирание Уральского пояса меридиональное от Пайхоя на сквере до Мугоджар на юге; общее протяжение 4 тыс. км при ширине в среднем 500 км (рис. 1, 5).

По Л.Н.Овчинникову [34] Уральская подвижная зона – геосинклиналь была заложена в позднем рифее, когда в результате раскола единой Восточно-Европейско-Сибирской платформы возник межконтинентальный рифт. Образование многочисленных осадочно-вулканогенных серий, свит, а также интрузивных формаций, которые традиционно связывались с ранними, средними и поздними стадиями геосинклинальных циклов развития, рассмотрено с позиции тектоники литосферных плит [34]: В Главном эвгеосинклинальном поясе Тагильского и Магнитогорского рифтов (рис. 5) в процессе спрединга к концу ордовика сформировалась океаническая кора. С формированием Главного эвгеосинклинального пояса на стадии спрединга связаны два важных события: внедрение крупных протрузий гипербазитов и проникновение огромных масс океанической воды в литосферу, которая впоследствии, возвращаясь, стала основой флюидов, метаморфизирующих коровые образования и одновременно несущих рудообразующие металлы.

Каледонский этап. Начиная с венлокского времени (силурийский период) происходили тектоническое скупивание и формирование коры переходного (островодужного) типа. Переходная (субдукционная) стадия продолжалась до позднего девона со сближением западного и восточного обрамлений палеоокеанической структуры. Оруденение океанической стадии – хромитовые и титано-магнетитовые месторождения с сопутствующим накоплением платиноидов и ряда других полезных ископаемых (тальк, асбест, силикатный никель, кобальт и др). Океаническая стадия рудообразования завершается появлением поясов скарновых месторождений железа и меди, связанных с щелочно-кислыми интрузиями – дифференциатами базальтоидного магматизма. В островодужную стадию

внутри геосинклинального рва в узком Тагильском Рифте формируются два, а в более широком Магнитогорском – три пояса колчеданных месторождений, связанных с цепочками вулканических аппаратов магматических дуг. Проявляется и золотое оруденение, пояса которого тяготеют к краям рва: в Тагильском рифте к восточному поясу скарновых месторождений, в Магнитогорском – к западной границе, где, помимо кварцево-жильных месторождений, золото значительно обогащает колчеданные руды. Окончание каледонского этапа четко обозначено образованием в среднем девоне крупнейших месторождений бокситов (Красная Шапочка).

Герцинский этап – конструктивный (субдукционно-коллизийный), приведший к концу формирования Урала к созданию Пангеи –2. Здесь резко изменяется профиль оруденения с переходом от мантийного халько-сидерофильного к коровому литофильному, ранее среди каледонидов почти не встречающемуся. Возможно, образование Восточно-Уральского поднятия обусловлено надвиганием с востока аллохтона, сопровождавшееся активными гидротермальными растворами, которые служили не только смазкой при движении блока, но и извлекали рудные компоненты из окружающих пород. В восточной части Восточно-Уральского поднятия (рис) многочисленные комплексные месторождения редкометалльных литофилов и других полезных образований, обычно в виде кварцево-жильных и пегматитовых тел, связаны с крупными гранитоидными плутонами и их сателлитами.

В целом возникла единая общеуральская система региональных металлогенических поясов меридионального простирания, которое в одних случаях обусловлено цепочечным распределением интрузивных массивов или вулканических аппаратов, связанных с источниками, генерирующими оруденение, в других – неперенной связью с проницаемыми границами мегазог и некоторых внутренних структур в них второго порядка – главными путями подъема рудоносных флюидов. В рудных поясах вдоль глубинных разломов могут сочетаться различные независимые вещественно-генетические типы оруденения. При этом наблюдается отчетливая поперечная пространственно-возрастная зональность с последовательным омоложением поясового оруденения с запада на восток и сменой месторождений металлов от сидерофильных (Cr, Pt, Ti, V, Fe и др.) через халькофильные (Cu, Pb, Zn и др.) к литофильным (W, Mo, Ta, Nb, Zr и др.).

Среди нескольких десятков региональных металлогенических поясов месторождений разных металлов одну четверть составляют золоторудные, платиноидные и редкометалльные пояса, обычно в комплексе с месторождениями других видов полезных ископаемых (рис. 5). Единая система региональных рудных поясов образована в основном уралами – образованиями каледонского и герцинского этапов развития, но начинается на западе еще с докембрия.

1. *Кусинско-Сарановский позднепротерозойский редкометалльный пояс.* Проходит в Центральноуральском поднятии. Этим поясом предваряется главный рудный процесс. В зоне Юрюзань-Зюраткульского глубинного разлома известен редкометалльный пояс, включающий комплексное месторождение Сибирка, приуроченное к оперяющей тектонической зоне секущей отложения бакальской свиты. На Среднем Урале редкометалльные рудопроявления связаны с метасоматитами по кварцевым порфирам позднего ордовика. С протерозойскими метаморфическими сланцами уфалейской свиты связано Ново-Тахтинское редкометалльное месторождение.

2. *Платиноидный пояс* протягивается на 450 км от Денежкина камня на севере до г. Полевской на юге и состоит из 11 продуктивных дунитовых массивов площадью от 1 до 28 км². В россыпях платине сопутствует золото, количество которого закономерно возрастает с удалением от дунитовых массивов с постепенным переходом россыпей в почти только золотоносные.

3. *Березогорско-Ивдельский золоторудный пояс.* Его протяженность 500 км. Близко совмещается с Восточно-Тагильским скарново-медномагнетитовым поясом. В Ивдельской районе многочисленные россыпные и коренные месторождения золота генетически связаны с габбро-диабазовым комплексом. Южнее золоторудные жильные месторождения

Масловского рудного узла, Ауэрбах- Турьинского рудного поля и других рудных полей связаны с массивами кислых дифференциатов того же базальтоидного магматизма, что и скарновые железорудные месторождения. Еще южнее расположено Богомолдовское золоторудное поле. Пояс заканчивается в Первоуральском районе цепочкой одиночных месторождений Березогорское и др.).

4. *Западный (Главный) гипербазитовый пояс* с месторождениями хромита, золота, талька, никеля, асбеста. Его протяженность около 900 км. На юге он заканчивается уникальным по оруденению Кимперсайским массивом, в двадцати месторождениях которого сосредоточено 85% запасов хромитовых руд Урала. На северном конце пояса в гипербазитовом массиве Нурали в связи с небольшими скоплениями хромита обнаружены повышенные содержания осмистого иридия. Золоторудные месторождения выходят за пределы серпентинитовых лент, захватывая вулканиты, участки развития небольших интрузивов диоритов и гранитоидов, образуя зону шириной 10-20 км. Промышленные концентрации золота связаны с метасоматическими зонами на контактах серпентинитов с проявлениями гранитоидного магматизма – дайками и иными небольшими телами, кварцевыми жилами. В гипербазитовом поясе золоторудные месторождения распространены на протяжении более 200 км, начиная с Карабашского района на севере (Золотоая гора, Богородское и др. до Миндякского рудного узла и южнее).

5. *Ахуновско-Гумбейский пояс месторождений вольфрама и молибдена*. Это короткий пояс близ восточной границы Магнитогорского рифта. Связан с цепочкой небольших массивов монцонит-граносиенит-гранитной формации раннего – среднего карбона. В поясе насчитывается десять месторождений вольфрамоносных кварцевых жил, реже скарнов. В двух из них вольфраму сопутствует молибден.

6. *Западный золоторудный пояс*. Протягивается на сотни километров, начинаясь на севере на широте 59°; завершается пояс Маскайским рудным узлом с десятком месторождений на площади 40x15 км. Это первый пояс в Восточно-Уральском поднятии, расположенный вблизи границы с Тагильским рифтом (см. рис.). Золоторудные месторождения кварцево-жильной и кварцево-сульфидной формаций локализованы в зонах смятия и связаны с герцинскими вулканитами и гранитоидами. От г. Невьянск до г. Чебаркуль в поясе довольно часто встречаются небольшие месторождения талька в связи с серпентинитами. Местами они ассоциируют с месторождениями золота или непосредственно тальковые залежи сопровождают скопления золота.

7. *Березовский редкометально-золоторудный пояс*. Отстоит от Западного золоторудного пояса на 20 км к востоку. Начинается на севере небольшим Выйским золоторудным месторождением, включает крупный Первомайско-Аятский рудный узел. Южнее находится Березовско-Благодатский рудный узел с уникальным Березовским месторождением. Пояс заканчивается Верхне-Сысертским месторождением в 65–ти км к югу от Березовского. В Березовско-Благодатском рудном узле отмечаются промышленные концентрации редких металлов – вольфрама, молибдена, кобальта, а также меди.

8. *Восточный (Главный) пояс золото-редкометальных месторождений*. Приурочен к восточному крылу Восточно-Уральского поднятия. По протяженности сопоставим с Западным (Главным) гипербазитовым поясом. Рудные месторождения находятся в генетической связи с крупными массивами и группами массивов верхнепалеозойских гранитных интрузий, сопровождаемых широкими полями пегматитовых и кварцевых жил с редкометальным и золото-серебряным оруденением. В пояс входят месторождения вольфрама, молибдена, бериллия, танталла, ниобия, редких земель, висмута, редких щелочных металлов, драгоценных камней, мусковита, пьезокварца, флюорита, полевого шпата.

9. *Золоторудный пояс Восточно-Уральского рифта*. В узком рифте известны три золоторудных района (с севера на юг): Егоршинский, Кумаковский и Джетыгаринский. Главная особенность пояса – сочетание в районе г. Джетыгара крупных месторождений золота, талька (124 залежи) и хризотил-асбеста.

10. Предполагаемый Зауральский редкометальный пояс. Находится восточнее Восточно-Уральского рифта под чехлом мезозойских отложений. В пределах пояса известно два месторождения – Коклановское вольфрам-молибденовое и Бобровское вольфрам-молибден-бериллиевое, отстоящие друг от друга по меридиану на 230 км. Между ними установлена региональная геохимическая аномалия.

На распределение месторождение в пределах Уральского подвижного пояса опрощенно влияет глубинное строение земной коры. Пространственно-статистический анализ распределения месторождений золота, а также хромита, железа, титана, меди и цинка в колчеданных рудах показал его зависимость от глубины залегания «базальтового слоя», его мощности и мощности земной коры.

В срединной части Главного эвгеосинклинального пояса (пояса развития гипербазит-базитовых магматических образований) наблюдается отчетливое поднятие поверхности «базальтового» слоя, которое по простиранию распадается на отдельные хребты и цепочки вершин. Наличие поднятия – вала подтверждается и четко выраженным сплошным поясом наиболее плотных ультрамафических блоков. Этому валу соответствует и увеличение мощности «базальтового» слоя вверх и вниз одновременно. Вал – весьма важный глубинно-структурный элемент, поскольку статистические данные свидетельствуют о прямой зависимости размещения рудных месторождений от описанного глубинного рельефа. Наиболее близки к хребтовой части поверхности «базальтового» слоя колчеданные месторождения, связанные с вулканитами. Среднее отклонение от оси основности земной коры составляет для них всего лишь 1,3 км., тогда как для скарново-магнетитовых – 5,5 км, для титано-магнетитовых – 14,8, для хромитовых - 18,9 км.. Золоторудные месторождения, образование которых связано с двумя первоисточниками (базальтоидами и гранитоидами), широко распространены по поперечнику эвгеосинклинали при среднем отклонении от оси основности 3 км.

С помощью методов магнитотеллурического зондирования прослежен регионально распространенный коровой проводящий слой, расположенный на глубине 12-15 км от земной поверхности. Там, где этот проводник совпадает с поверхностью «базальтового» слоя (средняя глубина 13,5 км), выявлена основная масса колчеданных месторождений Тагильского и Магнитогорского рифтов, а также золоторудных месторождений всех структурно-металлогенических зон. Это является отражением действовавшей гидрофлюидной системы - определяющего фактора рудообразования.

По простиранию. Главного эвгеосинклинального пояса от Мугоджар до Полярного Урала смена структур мегаблоков сопровождается увеличением к северу глубины поверхности «базальтового» слоя, уменьшения средних мощностей «базальтового» слоя и земной коры в целом. В результате происходит все больший разрыв между оптимальным уровнем удаленности рудных месторождений от поверхности «базальтового» слоя и доступной для поисков зоной глубин. Этим может объясняться, по Л.Н. Овчинникову [34], малая рудоносность северной половины Урала.

3.4. Алтае-Саянский пояс

В состав Алтае-Саянского металлогенического пояса И.Г.Магакьян, в согласии с многими исследователями [] включает складчатые сооружения юго-западного обрамления Сибирской платформы: Восточный Саян, Туву, Западный Саян, Танну-Ола, Кузнецкий Алатау с Горной шорией, Горный Алтай, Салаир, а также Минусинскую, Тувинскую и Кузнецкую котловины. С запада к ней примыкает Зайсанская складчатая система (Рудный Алтай и Калба).

Алтае-Саянский металлогенический пояс относится к структурам сложного гетерогенного строения, длительного и полиэтапного формирования и развития структур, магматизма, метаморфизма и рудообразования. Он формировался на протяжении трех тектоно-магматических циклов: байкальского, каледонского и герцинского.

Байкальский (поздний протерозой – ранний кембрий) тектоно-магматический цикл проявлен в Восточном Саяне и Туве. Металлогения этого цикла связана с габброидным магматизмом (титано-магнетитовые руды позднемагматического генетического класса) и более поздним гранитоидным магматизмом с формированием слюдоносных и редкометальных пегматитов.

Каледонский тектоно-магматический цикл наиболее широко проявлен на всей территории Алтае-Саянского пояса. В раннюю стадию в ее пределах была кора океанического типа с относительно тонким сиалическим слоем и неглубоким залеганием перидотитового субстрата. Об этом свидетельствует широкое развитие пород базаль-риолитовой формации, а также габброидов и гипербазитовых интрузий, а позже габбро-плагиогранитов. Со средним этапом развития каледонид связаны мощные флишоидные формации позднего кембрия и ордовика, перекрывающие нижний структурный ярус вулканогенно-осадочного кембрия. С орогенным этапом связаны каледонские интрузии гранитов батолитового типа. Гипербазиты нижнего – среднего кембрия образуют пояса вдоль глубинных разломов, секущих складчатые зоны Восточного Саяна, Кузнецкого Алатау, Горной Шории, Горного Алтая и Восточной Тувы. С ними связаны месторождения хромитов, асбеста, титано-магнетитовых руд, проявления никеля, кобальта, платиноидов. С гранитоидами ордовика связаны месторождения золота с примесью в рудах мышьяка, никеля, кобальта (Берикульское, Ольхоаское и др.)

Герцинский тектоно-магматический цикл (средний девон – конец перми) проявился, главным образом в пределах Горного Алтая и на Салаире. Ранняя стадия этого цикла характеризуется накоплением вулканогенных комплексов и внедрением комагматических габбро-диабазов и гранитоидов с образованием железорудных скарнов. Средняя стадия выражена накоплением терригенных толщ среднего и верхнего девона прорванных гранитоидами карбонового возраста с полиметаллическим (Pb-Zn-Cu) и редкометальным (W-Mo) оруденением. Позняя стадия, по И.Г. Магакьяну [], представлена посторогенными малыми интрузиями диабазов и лампрофиров с полиметаллическим, флюоридным и ртутным оруденением.

Таким образом, с северо-востока на юго-запад Алтае-Саянского пояса отчетливо проявлено омоложение возраста формирования структурно-вещественных комплексов с достаточно полным развитием стадий каледонского и герцинского тектоно-магматических циклов, что обеспечило разнообразие и высокую продуктивность полезных ископаемых.

3.5. Казахстанский пояс

Казахстанский металлогенический пояс занимает огромную территорию (от южной окраины Урала через Казахстан, прослеживаясь далее на восток и юго-восток в Монголию и Китай (рис. 1). Общее простираие пояса около 6000 км при ширине до 2000 км.

Наиболее интенсивные процессы складчатости, магматизма и минерализации происходили на этом пространстве в герцинскую орогеническую эпоху и только в небольшой северо-западной части пояса главное значение имела каледонская орогеническая эпоха.

Выделяются следующие структурно-металлогенические зоны эндогенной металлогении:

1. Зайсанская с полиметаллической, золоторудной и редкометальной минерализацией Рудного Алтая и Калбы.
2. Центрально-Казахстанская с мозаичным строением и месторождениями цветных и редких металлов.
3. Тургайская со скарновыми железорудными месторождениями Соколовско-Сарбайского рудного поля.
4. Каратауская со свинцово-цинковыми телетермальными месторождениями типа Ачисай-Миргалымсай.
5. Северного Тянь-Шаня с полиметаллической, золоторудной и редкометальной минерализацией.

В развитии геологических структур, магматизма и металлогении можно выделить следующие этапы: 1) допалеозойский, включая верхний протерозой (рифей); 2) раннекаледонский (кембрий и ордовик); 3) позднекаледонский (готландий и нижний девон); 4) раннегерцинский (средний девон — средний карбон); 5) верхнегерцинский (верхний карбон и пермь); 6) киммерийско-альпийский.

Зайсанская зона, занимающая северо-восток Казахстана, является частью Алтае-Саянской складчатой области, включает Рудный Алтай и Калбу и вкратце уже описана в составе Алтае-Саянской области.

Центрально-Казахстанская зона по богатству недр превосходит все другие регионы. Здесь сосредоточены крупнейшие месторождения меди, свинца и цинка, редких металлов, возникшие в связи с многоэтапным развитием магматизма.

В Центральном Казахстане устанавливается четкая закономерность в изменении характера интрузивной деятельности во времени — от наиболее основных и ультраосновных пород к кислым. Так, для протерозоя характерны ультрабазиты, для каледонских этапов — основные и средней основности магмы; для раннегерцинского этапа характерны многофазные гранодиоритовые комплексы, для позднегерцинского этапа — ультракислые аляскитовые интрузии.

С разновозрастными, разного состава магматическими комплексами связана своя специфика минерализации: с гипербазитами — хромит, асбест; с гра-нодиоритами и породами средней основности — медь, свинец, цинк, золото, железо и др.; с ультракислыми аляскитовыми интрузиями — редкие металлы (W, Mo, Sn).

Тургайская зона характеризуется развитием умеренно кислых гранитоидов герцинского возраста с крупными скарновыми месторождениями железных руд Соколовско-Сарбайской группы (с примесью в рудах кобальта и никеля) в породах палеозойского фундамента, перекрытых мощным чехлом мезо-кайно-зойских пород,

В осадочном чехле выделяются экзогенные рудные формации: никеленосной коры выветривания гипербазитов, бокситов и оолитовых железных руд, россыпи рутила и ильменита. Южный Казахстан (Каратау и северные ветви Тянь-Шаня) характеризуется ведущей ролью свинца и цинка в телетермальных месторождениях, большой ролью сидеритовой (также телетермальной) минерализации Абаильского рудного поля, ртутно-полиметаллическим оруденением Таласского района и осадочными концентрациями ванадия и молибдена в среднем кембрии хр. Каратау.

В целом для металлогении Центрального Казахстана и особенно Северного Прибалхашья типичны молибден и вольфрам и сопутствующие им олово и висмут (оруденение поздних этапов). К редкометальному типу Г. Н. Щерба относит также вторичнокварцитовый тесно связанный с верхнепалеозойскими малыми интрузиями и экструзиями фельзитов и порфириров.

Для полноты металлогенической характеристики Казахстана необходимо отметить также наличие на его территории крупных эксгалационно-осадочных, впоследствии несколько метаморфизованных, месторождений гематит-магнетитовых (Атасуйская группа) и манганит-браунитовых (Джезды, Караджальское, Ктай, Клыч и др.) руд, подчиненных карбонатным толщам позднего девона – раннего карбона.

С позднекаледонскими кислыми гранитами связаны зоны альбитизации с концентрациями ниобия в ассоциации с вольфрамом, оловом, цирконием (Лосевское месторождение), а с малыми интрузиями диоритов позднекаледонского (S_2 — D_1) возраста связаны золоторудные месторождения района Степняк.

Толще протерозоя Карсакапайского района подчинены месторождения мета-морфогенных железных руд типа железистых кварцитов, а среди вторичных кварцитов, связанных с малыми интрузиями гранитоидов, залегают крупные концентрации андалузита и корунда (Семизбугу и др.). Большое значение для развития народного хозяйства Казахстана имеет крупное Карагандинское месторождение каменного угля (возраст C_3) и ряд менее значительных угленосных бассейнов пермского и юрского возраста.

3.6. Среднеазиатский пояс

Среднеазиатский металлогенический пояс (рис. 1) примыкает с юга к Казахстанскому и протягивается в близширотном направлении, охватывая территории четырех республик — Узбекской, Таджикской (кроме ее южной части, которая относится к Средиземноморскому глобальному поясу), Киргизской и Туркменской. Общее протяжение пояса 2000 км, средняя ширина 400 км.

Наиболее интенсивные процессы складчатости, магматизма и минерализации проявились здесь главным образом в герцинскую орогеническую эпоху, а в северной части области — в каледонскую.

Каледонская складчатость, интенсивно проявившаяся в северной части Среднеазиатского пояса, сопровождалась внедрением гипербазитов и гранитоидов, с которыми, однако, связаны лишь мелкие рудопоявления хромита и платиноидов (с гипербазитами), редкометальных пегматитов и кварцеворудных жил с золото-вольфрам-молибденовой минерализацией (с гранитоидами).

Значительно продуктивнее герцинский магматизм, широко проявленный в средней и южной частях Среднеазиатского пояса. С наиболее ранними герцинскими интрузиями гипербазитов и габбро (абс. возраст 300—320 млн. лет) связаны мелкие проявления хромита и осмистого иридия (минерализация ранней стадии).

С умеренно кислыми гранитоидами средней стадии развития (возраст гранитоидов C_2 - C_3 , абс. возраст 260—270 млн. лет) связаны многочисленные скарновые шеелитовые месторождения, местами с подчиненными им концентрациями касситерита или молибденита. С ними же связаны высокотемпературные гидротермальные метасоматические месторождения арсенопиритовых руд с примесью золота, висмута, кобальта.

С малыми интрузиями гранитоидов поздней стадии герцинского магматизма (от перьми до границы с мезозоем) связаны многочисленные полиметаллические, кварц-касситеритовые и сульфидно-касситеритовые, медно-молибденовые, медно-висмутовые, золоторудные месторождения и проявления.

К этому же позднегерцинскому циклу минерализации многие исследователи относят месторождения флюорита и сурьмяно-ртутных руд, хотя накопившийся в последнее время фактический материал позволяет отнести по крайней мере часть этих месторождений к более молодому - киммерийскому или даже альпийскому циклу.

По данным В. И. Смирнова ртутно-сурьмяный пояс косо срезает зону развития герцинских гранитоидных интрузивов и тесно с ними связанных скарновых, главным образом вольфрам-олово-мышьяковых, месторождений, что говорит об относительно более молодом возрасте ртутно-сурьмяного оруденения.

Альпийский магматизм и эндогенное оруденение известны в хребтах Куги-танг и Копет-Даг, а также в Дарвазе и на Памире, где с небольшими телами альпийских гранитоидов связаны месторождения полиметаллических руд, барита и витерита, киновари, золота.

В целом для Средней Азии большое значение имеют скарновые месторождения шеелита (часто с наложенной минерализацией Mo, Sn, Au, Bi, As), скарновые и гидротермальные месторождения полиметаллических руд, телетермальные месторождения свинцово-цинковых руд, флюорита, сурьмы, ртути, а также месторождения прожилково-вкрапленных медно-молибденовых руд и золота.

3.7. Западно-Европейский пояс

Западно-Европейский металлогенический пояс (рис. 6) охватывает значительные части Пиренейского полуострова (Португалия, Испания), Франции, юго-западной части Англии, ФРГ, ГДР и Чехословакии. Рудная минерализация проявлена особенно интенсивно в срединных массивах Месеты, Центрально-Французском, Вогезах и Шварцвальде, Богемском, а также Армориканском массиве и на п-ове Корнуолл. Общее направление пояса близширотное - северо-восточное, протягивается на 2000 км при средней ширине 600—700 км. Интенсивные процессы складчатости, магматизма и минерализации происходили в герцинскую орогеническую эпоху. В мезо-кайнозое во многих местах проявились процессы активизации, сопровождавшиеся магматизмом и специфичной минерализацией.

Испанская Месета. В Испанской Месете, охватывающей центральную часть Испании (Кастилии) и почти целиком Португалию, с позедепермскими порфиroidными гранитами связывается олово-вольфрамовая минерализация (месторождения Панаскейра, Баралья и др.); с олово-вольфрамовой минерализацией местами ассоциируют кварц-золото-арсенопиритовые жилы.

Урановая минерализация на территории Испании представлена уран-кобальт-медно-никелевой ассоциацией (м-ния Альбукерк, Ла-Вирхен и др.), вероятно, близкой по возрасту олово-вольфрамовой. В Португалии оруденение представлено эпитеpмальными жилами халцедоноподобного кварца с урановой смолкой, марказитом, флюоритом, иногда в ассоциации с месторождениями антимонита и барита, полиметаллических руд. Все эти эпитеpмальные месторождения залегают большей частью среди палеозойских пород, но часть их сечет мезозойские и даже третичные отложения.

Армориканский массив охватывает северо-запад Франции и п-ов Корнуолл в Англии, отделенные друг от друга проливом Ламанш. Здесь господствуют герцинские структуры близширотного простирания, прорванные гранитоидами с абсолютным возрастом 320—290 млн. лет; субстрат этих структур представлен докембрийскими гнейсами, кристаллическими сланцами, филлитами, гранитоидами и другими интрузивными породами.

Среди докембрийских серпентинитов обнаружены мелкие проявления хромита и самородной платины.

С гранитоидами, возраст которых 550—450 млн. лет, связаны проявления касситерита и вольфрамита (месторождение Монбеле). Наиболее интересная в промышленном отношении эндогенная минерализация Армориканского массива (Корнуолла в Англии, Бретани, Нормандии и Вандеи во Франции) связана с герцинскими двуслюдяными гранитами с абсолютным возрастом 300—290 млн. лет. С ними тесно связаны пегматиты с бериллом, пневматолитовые олово-вольфрамовые месторождения с примесью висмута, арсенидов никеля и кобальта и, вероятно, низкотемпературная урановая, золото-сурьмяная и флюоритовая минерализации. Наибольшее значение имели с древних времен олово-вольфрамовые месторождения, некоторые из них эксплуатируются и в настоящее время;

широко известны оловянные месторождения Корнуолла, а также Аббарец в Вандее и Монбеле в Нормандии.

В прошлом большое промышленное значение имели золото-сурьмяные месторождения, в особенности Ля-Люсет, которое в начале XX в. давало четверть мировой продукции сурьмы и значительное количество золота.

Урановые месторождения открыты во французской части Армориканского массива в 1951 г. в Бретани и Вандее, а в Корнуолле были известны давно - там урановая минерализация пространственно совмещена с олово-вольфрамовой и медной.

На южной и восточной окраине Армориканского массива известны довольно крупные стратиформные свинцово-цинковые месторождения (Мелд и др.), залегающие в породах мезозойского чехла.

Центральный массив Франции. Докембрийский фундамент массива рассечен массивами позднегерцинских калиевых гранитов и несколько более молодых гранит-порфиров; последние в районе Грури (северо-восточная часть массива) прорывают толщу пермского возраста; вероятно, они внедрялись уже на границе с триасом. С гранитоидами тесно связана олово-вольфрамовая минерализация, представленная кварц-вольфрамитовыми жилами и штокверками и грейзенизированными гранитами с касситеритом, вольфрамитом, литиевыми минералами, иногда бериллом и танталоколумбитом. Наиболее известны здесь месторождения Эшасьер и Монтебра. Абсолютный возраст гранитов Эшасьер и Монтебра 293—305 млн. лет.

Наибольший интерес представляет урановое оруденение района Форэ (рудник Буа-Нуар и др.), который является одним из главных ураноносных районов Франции и Европы в целом. Среди гнейсов и кристаллических сланцев докембрия и нижнего палеозоя размещены массивы калиевых порфировидных гранитов, возраст которых 250 млн. лет; здесь же развиты несколько более молодые штоки микрогранитов.

Жилы и штокверковые зоны богатых, а местами богатейших (от 1—2 до 6% и больше урана) руд приурочены к зонам дробления среди порфировидных гранитов. Урановая смолка тесно ассоциирует с красновато-бурым, пропитанным гематитом халцедоноподобным кварцем, иногда опалом, флюоритом; из других рудных минералов в небольшом количестве присутствуют пирит, марказит, галенит, сфалерит, халькопирит.

Тип месторождения эпитермальный, абсолютный возраст его 260 ± 5 млн. лет, т. е. позднегерцинский; в эпоху альпийского орогенеза в связи с процессами активизации часть урана была переотложена в более поздних жилах, которые дают абсолютный возраст 70 ± 5 млн. лет.

В районе Массиак-Уш известны значительные жильные месторождения сурьмы (стибнита и бертьерита), которые располагаются в удаленных экзоконтактах массивов гранитоидов.

Наблюдается зональность оруденения - с одной стороны золото-сурьмяные руды (с сурьмяными рудами на периферии рудных полей) с другой стороны — олово-арсенопирит-полиметаллическая минерализация с олово-мышьяковыми рудами в центре рудных полей и полиметаллическими рудами на периферии.

Часть сурьмяных, полиметаллических, баритовых, флюоритовых и, возможно, урановых месторождений залегает в породах байоса, в связи с чем возраст этой части минерализации, вероятно, верхнеюрский — меловой.

Вогезы и Шварцвальд образуют Верхне-Рейнский массив. По геологическому строению и характеру металлогении эта область во многом сходна с описанными ранее массивами.

С герцинскими гранитами, которые рвут докембрийский - нижнепалеозойский фундамент области в Вогезах, связаны скарновые месторождения магнетитовых и шеелитовых руд (Фрамон-Гранфонтен и др.), жильные полиметаллические, флюоритовые, кварц-баритовые месторождения; с кварц-флюорит-баритовыми жилами тесно ассоциирует урановая смолка.

В Шварцвальде с герцинскими гранитами связаны месторождения пятиэлементной (Co—Ni—Bi—Ag—U) формации (Виттихен и др.), абсолютный возраст которых 235 ± 6 млн.

лет, что соответствует границе перми и триаса; они залегают среди древних пород и не заходят в отложения триаса. Здесь же известны месторождения полиметаллических руд с флюоритом и баритом, которые значительно моложе и залегают частью в толще триаса, частью в более молодых отложениях вплоть до олигоценовых. С наиболее молодыми баритовыми жилами ассоциируют проявления антимонита и пирролюзит-псиломелановых руд (район Эйзенбах). Эту постгерцинскую минерализацию А. Д. Щеглов склонен связывать с процессами автономной активизации.

Богемский массив располагается на территории Саксонии и Чехии, заходя немного в Юго-Западную Польшу. В пределах всего Богемского массива широко развиты слюдяные сланцы и филлиты, местами гнейсы докембрийского возраста и кембрия, перекрытые известняками, диабазами и их туфами силура и девона, а также более молодыми отложениями карбона и перми.

С нижнего карбона проявляется герцинская складчатость, которая сопровождается внедрением гранитоидов. В верхнем карбоне — перми происходило внедрение более молодых гранитов, образующих Эйбеншток-Карлсбадский и другие массивы. В это время в восточной части Рудных гор образуются эффузивные кислые породы (порфиры) и рвущие их дайки гранодиорит-порфиров.

Наиболее молодые и кислые интрузии гранитов проникают в виде мелких штоков и трубообразных тел в Эйбеншток-Карлсбадский массив и в порфиры. С этими гранитами, богатыми летучими и металлами (В, F, Li, Sn, W, Bi, As и др.) и образующими турмалиновые, топазовые, оловоносные разности, связана, по-видимому, вся позднегерцинская металлогения Рудных гор. После большого перерыва в магматической деятельности, уже в третичное время, вдоль регионального сброса-разлома Рудных гор происходят экструзии и излияния щелочных базальтоидов со специфичной минерализацией.

Среди позднегерцинских рудных месторождений Богемского массива можно выделить следующие главные типы:

1. Скарновые железорудные с примесью к магнетитовым рудам касситерита, арсенопирита и других сульфидов — месторождения Шварценберг в Германии, Купферберг и Пресниц в Чехии. Промышленное значение этого типа невелико.
2. Высокотемпературные грейзеновые олово-вольфрамовые месторождения с примесью в рудах берилла, литиевых минералов, молибдена, висмута и др.; к этому типу относится ряд крупных месторождений: Альтенбург, Циннвальд, Гейер, Танненберг, Чорлау и др. в Германии и Циновец, Крупка в Чехии.
3. Среднетемпературные месторождения пятиэлементной формации (Co—Ni—Bi—Ag—U), представляющие большой интерес в отношении урана. К этому типу относятся знаменитые месторождения Аннаберг, Шнееберг, Иоганн-оргенштадт и др. в Саксонии, Яхимов (Иоахимсталь) в Словакии и др.
4. Полиметаллические (Pb—Zn—Ag) месторождения иногда с примесью олова, или германия, золота и других металлов. Классическим примером рудных полей этого типа является Фрейбергское в Германии и Пршибрамское в Чехии.

К герцинской группе относятся: олово-вольфрам-молибденовые месторождения Альтенбург, Циннвальд, Гейер и др.; золото-кварцевые Гольденкронах и др. в Тюрингии; полиметаллические Фрейберг и Аннаберг; уран-кварц-кальцит-флюорит-гематитовую минерализацию в Яхимове, Шнееберге, Аннаберге и др.; серебро-сурьмяную минерализацию в Фрейберге и Гарце.

К послегерцинской группе отнесены: кобальт-никель-висмут-серебро-урановая минерализация рудных полей Аннаберг, Шнееберг, Иоганн-георгенштадт; гематит-баритовые жилы с флюоритом и окислами марганца в Шварценберге, проявления кварц-гематит-марганцевых руд. Рудные тела обеих групп нередко пространственно совмещены, что затрудняет их выделение.

К северо-западу от Богемского массива в Гарце среди осадочной толщи девона, прорванной дайками кварцевых порфиров, фельзит-порфиров и диабазов герцинского воз-

раста, залегают крупные жильные месторождения флюорита (Флюсшахт, Герцогсшахт и др).

Главным рудным месторождением Гарца является Мансфельдское рудное поле - медное в центре и свинцово-цинковое на флангах, приуроченное к мергелистым битуминозным сланцам основания цехштейна (низы P_2). Осадочный сингенетический генезис руд меди, свинца и цинка (с примесью Ag, Co, Ni, V, Mo, Re, Pt, Pd) не вызывает здесь сомнений. Во многих местах рудоносные сланцы рассечены трещинами, выполненными прожилками арсенидов кобальта и никеля, молибденита и самородного висмута, урановой смолки — гидротермальными эквивалентами пятиэлементной послегерцинской формации Рудных гор.

В юго-западной части Польши, примыкающей к Богемскому массиву и составляющей в геологическом отношении часть последнего, с герцинскими (C_3) гранитоидами связаны пегматиты (с Ta-Nb, U, Th, TR, Zr минерализацией), грейзеновые месторождения олововольфрам-молибденовых руд, медно-полиметаллические и никель-кобальт-висмут-серебро-урановые месторождения.

С наиболее поздними пермскими порфирами, мелафирами, диабазами, лампрофирами ассоциируют месторождения барита, флюорита, полиметаллических, медных (с примесью никеля и кобальта), мышьяковых и сидеритовых руд.

Наиболее крупные концентрации руд сосредоточены в месторождениях меди (Любин и др.) в сланцах и мергелях основания цехштейна, очень сходные с Манс-фельдом, осадочного генезиса, а промышленные концентрации свинцово-цинковых руд - в доломитовых породах среднего триаса Силезско-Краковског» района (Битом, Блейшарлей, Олькуш, Хржанов и др.).

Вдоль северо-восточной границы Богемии выделяется молодая вулканическая область Среднегорья с щелочным базальтовым вулканизмом и интрузиями эссекситов, приуроченными к глубинному разлому. В третичное время вдоль разлома поднимались щелочные флюиды, вызвавшие фенитизацию, возникновение нефелиновых сиенитов с цирконий-ниобий-танталовой минерализацией, щелочных пироксенитов, горнблендитов и карбонатитов. С эссекситами связана полиметаллическая минерализация, в прошлом здесь разрабатывались свинцово-цинково-серебряные руды.

В базальтовых брекчиях известные издавна пиропы Богемии (оранжево-красные, густокрасные, пурпуровые; последние с наиболее высоким содержанием в 7% Cr_2O_3). Вместе с пиропом находятся: циркон, корунд, шпинель, титаномагнетит, хром-диопсид, альмандин, апатит, сфен, монацит, алмазы (последние найдены в аллювии). Известны дайки мелилитовых базальтов и кимберлитоподобных пород, с которыми связаны небольшие коренные проявления алмазов.

3. 8. Норвежско-Аппалачский пояс

Норвежско-Аппалачский металлогенический пояс охватывает территории Норвегии (кроме ее крайней южной части), Шотландии и северных частей Англии и Ирландии, через Атлантический океан прослеживаясь дальше к п-ову Ньюфаундленд, в Юго-Восточную Канаду и восточные штаты США (в Аппалачские горы и Флориду). Общее простирание пояса 10 тыс. км при средней ширине 200—400 км.

Интенсивные процессы складчатости, магматизма и минерализации проявились в северо-восточной части пояса в каледонскую орогеническую эпоху, а в юго-западной части - в герцинскую. Каледонская складчатая структура протягивается вдоль Норвежского моря, окаймляя с запада и северо-запада Балтийский щит.

С интрузиями габбро, гшироксенитов - перидотитов и гранитоидов каледонского цикла связаны многочисленные и часто довольно крупные месторождения.

Среди ультраосновных пород залегают гнезда, шдиры, участки вкрапленных руд хромита (в Южной Норвегии), а с габбро тесно связаны медно-никелевые ликвационные месторождения обычно небольшого масштаба.

С каледонскими гранитоидами тесно ассоциируют медно-молибденовые месторождения с примесью в рудах золота, серебра, висмута (Омдаль и др.) и кварц-молибденитовые жильные месторождения (Кнабен). Замечательные месторождения самородного серебра в кальцитовых жилах (Конгсберг) и месторождения арсенидов кобальта (Скуттеруд и Снарум) приурочены, по-видимому, к массивам габбро,

Большой интерес представляют колчеданные месторождения Норвегии, залегающие среди нижнепалеозойских сланцев и метаморфизованных эффузивов

Каледонские структуры из Норвегии прослеживаются на юго-запад в Шотландию, Северную и Центральную Англию и Ирландию, где также известны базиты и гранитоидные интрузии каледонского возраста, бедные, однако, месторождениями металлов.

В пределах канадской части Аппалачской системы главной эпохой складкообразования и внедрения интрузий была девонская (каледонская), а на территории восточных штатов США, в юго-западной части Аппалачской системы, наиболее интенсивно проявились складчатость и магматизм в период карбон - пермь (герцинская складчатость).

Древнейшие архейские толщи региона несогласно перекрыты протерозойской вулканогенной толщей и отложениями нижнего кембрия. К толще протерозоя относятся золотоносные сланцы Мегума и кварциты Новой Шотландии. Широко развиты отложения ордовика, налегающие на более древние. В конце нижнего ордовика в Новой Шотландии происходила складчатость и интрузии, а в конце верхнего ордовика интенсивно проявилась таконская фаза каледонской складчатости и интродировали базиты - гипербазиты «серпентинитовой серии».

Нижний девон представлен осадочно-вулканогенной толщей, которая в среднем девоне смята и интродирована гранитоидами. В период от карбона до мезозоя накапливались различные осадочные толщи, в том числе угленосные и соленосные с гипсом и только в триасе снова проявился вулканизм (траппы).

С базитами - гипербазитами тесно ассоциируют месторождения асбеста (Тетфорд-Майн и др. в Квебеке - очень крупные, мирового значения), проявления хрома и никеля. С гранитоидами связаны многочисленные месторождения и проявления золота, меди, свинца и цинка, молибдена, вольфрама, висмута и др. Наиболее интересны крупные колчеданного типа полиметаллические месторождения Батурст, Бухан, Бьюченс, барит-полиметаллическое Уалтон, золото-кварцевые жилы Южного Квебека и Новой Шотландии (Гольденвилл, Гольд-Ривер и др.), медно-никелевые руды (месторождение Роджер в Нью-Брансуике).

В провинции Квебек в контакте с гранитоидами каледонского возраста (абс. возраст 390 млн. лет) образовалось крупное скарновое месторождение медно-молибденовых руд - Мурдохвил.

Месторождения распределены по металлогеническим стадиям развития следующим образом.

Начальные и ранние стадии (ордовик и силур): асбест, хромит, никель, колчеданные полиметаллические руды месторождений Батурст, Бухан, Бьюченс.

Средние стадии (нижний и средний девон): медно-молибденовые, молибденит-шеелитовые жилы, скарны с магнетитом и халькопиритом, жилы стибнита, золото-кварцевые жилы, пегматиты с редкими металлами.

Поздние и конечные стадии (верхний девон - триас): флюорит, барит, самородная медь в базальтах, галенит в песчаниках, халькозин в песчаниках, золото в базальных конгломератах, прожилки флюорита с урановой смолкой, прожилки состава касситерит - станнин - галенит - сфалерит.

В США, на юго-западном продолжении Аппалачского складчатого пояса, в восточных штатах (Мэриленд, Алабама, Нью-Гэмпшир, Массачусетс и др.) рудная минерализация проявлена слабее. В штатах Мэриленд, Пенсильвания и Северная Каролина среди гипербазитов каледонского возраста известны небольшие гнезда хромита.

С гранитоидами девонского возраста связаны многочисленные, но обычно небольшие месторождения золота. Месторождения золота восточных штатов, а также проявления полиметаллических руд и вольфрама увязываются генетически с более молодыми гранитоидами пермо-карбонного возраста.

В контакте с диабазами, возраст которых триасовый, в юго-восточной части шт. Пенсильвания известно месторождение магнетитовых кобальтсодержащих руд Корнуолл.

3. 9. Атласский пояс

Атласский металлогенический пояс находится в Северо-Западной Африке и заключен между Средиземноморской альпийской складчатой зоной и кристаллическим щитом Африки. Общее простирание пояса близширотное, протяжение всего 1600 км при средней ширине 200—300 км. Геологический и металлогенический облик пояса определяется интенсивным проявлением складчатости, магматизма и минерализации герцинской орогенической эпохи и наложением более поздней минерализации мезо-кайнозойского возраста.

В Атласском поясе широко развиты докембрийский комплекс северной краевой части Африканского щита и метаморфизованные вулканогенно-оса-дрчные породы среднего - верхнего палеозоя, перекрытые терригенными (песчаники, конгломераты) и карбонатными (известняки, доломиты) толщами мезозойского возраста.

Древнейшие магматические породы представлены мусковитовыми гранитами архейского фундамента и гранитами, сопровождаемыми пегматитами нижнепротерозойского возраста. Докембрийские породы пересекаются главным разломом Антиатласа восточно-юго-восточного - западно-северо-западного простирания, вдоль которого обнажается цепочка протерозойских интрузий гипербазитов. Докембрийский комплекс и породы нижнего палеозоя местами пересечены дайками долеритов и габбро, вероятно, герцинского возраста.

Главным рудным богатством Атласского пояса являются очень крупные стратиформные и отчасти жильные месторождения полиметаллических руд (Бу-Беккер-Туиссит, Мибладен и др.), в меньшей мере марганца (Имини, Бу-Арфа и др.) и меди; большой интерес представляют арсенидные месторождения кобальта и никеля типа Бу-Аззер и скарновые молибденит-шеелитовые месторождения района Азегур.

Наиболее крупные стратиформные месторождения полиметаллических руд заключены в аргиллито-карбонатной формации лейаса (Мибладен) и доломитов доггера (Бу-Беккер-Туиссит). В подстилающих эти формации породах фундамента известны многочисленные жилы и зоны вкрапленного полиметаллического оруденения, которое рассматривается как первоисточник стратиформных телетермальных месторождений.

Очевидно, стратиформные месторождения юрского чехла являются вторичными по отношению к месторождениям фундамента: они возникли в результате ремобилизации и переотложения металлов. В качестве доказательства ремобилизации А. Амберже [15] приводит наличие нескольких стадий минерализации (два разных типа барита в Мибладене, четыре разных типа минерализации в Али-у-Да-уде и др.), а также резкое падение содержаний элементов-примесей серебра и висмута в переотложенном галените по сравнению с галенитом из жильных месторождений фундамента.

Месторождения меди имеют гораздо меньшее значение и хуже изучены. Медь концентрируется в юго-западной части Марокко в толщах протерозоя, палеозоя и пермо-триаса. Наиболее значительные концентрации носят стратиформный характер и приурочены к песчано-конгломератовой формации сеномана (Бу-Селлам). Во многих случаях наблюдается вторичная концентрация меди в форме жилообразных тел, ассоциирующих с дайками герцинских долеритов.

Пространственно главные месторождения меди (особенно отчетливо в Антиатласе) тяготеют к двум мощным герцинским дайкам долеритов, которые протягиваются в юго-западном - северо-восточном направлении и вместе с разломами того же направления контролируют медное оруденение, прослеженное на протяжении около 100 км. Этот «меденосный линеймент» пересекает толщу основных и ультраосновных вулканических пород (долеритов, фо-

нолитов, базальтов, перидотитов и др.), что свидетельствует о прямой или косвенной генетической связи между вулканизмом и соответствующей ему медной минерализацией.

Стратиформные месторождения марганца приурочены к разновозрастным формациям верхнего протерозоя, представленного вулканогенно-обломочными породами, импрегнированными марганцевой минерализацией (Тиун и Идикель); лейаса в карбонатной фации (Бу-Арфа); сеномана в доломитово-песчаниковой фации (Имини). Промышленно наиболее интересным является осадочное месторождение Имини с богатыми пирролюзитовыми рудами. Наряду со стратиформными, в области Высокой Мулуйи среди толщ пермо-триаса известны полиморфные месторождения - жильные и стратифицированные (Аули, Акебаб и др.).

Большой интерес представляет крупное месторождение Азегур шеелитоносных и локально молибденоносных скарнов, образованное в контакте осадочной серии палеозойских пород с герцинскими гранитами. Кроме вольфрама и молибдена некоторый промышленный интерес представляет наложенное на скарны урановосмолоквое гидротермальное оруденение.

Крупное промышленное значение имеет также район Бу-Аззер-Агбар с арсенидной кобальт-никелевой (с примесью золота и серебра) минерализацией среди измененных серпентинитов главного разлома Атласа. Месторождения залегают среди кварц-карбонатных пород (лиственитов?), в брекчированных зонах и вдоль трещин в виде жил.

В рудном процессе различают три стадии: 1) браннерит-молибденитовую; 2) арсенидную с арсенидами кобальта, никеля и железа; 3) сульфидную.

Согласно точке зрения, разработанной французским геологом, Г. Журавски, арсенидное оруденение ассоциирует с дайками герцинских долеритов и габбро, с которыми, вероятно, имеет общий магматический глубинный очаг. Доказательством герцинского возраста оруденения является абсолютный возраст браннерита первой стадии минерализации, определенный как 240 ± 10 млн. лет.

Промышленное значение имеют метасоматические месторождения гематитовых и сидеритовых руд в известняках нижнемелового возраста — Джерисса в Тунисе и Уенца в Алжире. Сравнительно небольшое значение для металлогении Атласского пояса имеют железорудные скарновые месторождения магнетитовых руд в контакте известняков юрского возраста с микрогранитами (Ун-шан в Восточном Рифе).

Некоторые из установленных типов минерализации - карбонатиты, стибнит, флюорит, кальцитовые жилы с марганцево-кобальтовой минерализацией следует, по-видимому, связывать с процессами мезо-кайнозойской активизации.

3. 10. Кам-Юньнаньский пояс

Кам-Юньнаньский металлогенический пояс занимает юго-западную часть Китайской Народной Республики, располагаясь на стыке складчатых структур мезо-кайнозоя и верхнего палеозоя. Простирается близмеридионально, протяжение всего 800 км при ширине в среднем до 300 км. Наиболее интенсивно здесь проявились складчатость, магматизм и минерализация каледонской и менее сильно — герцинской орогенической эпох.

Судя по литературным данным Кам-Юньнаньский пояс по характеру развитых пород (эффузивы, базиты и гипербазиты среднепалеозойского и верхнепалеозойского возраста) и типу минерализации наиболее близок к Уральскому поясу. Базиты-гипербазиты приурочены к глубинному разлому, проходящему по восточной окраине структуры.

Здесь известны сравнительно небольшие по масштабу месторождения хромита среди дунитов и перидотитов, титаномагнетитовых ванадийсодержащих руд никеля и кобальта, связанные с габбро-пироксенитами. Вулканогенно-осадочная толща силура - девона вмещает многочисленные колчеданные (главным образом медные, частью полиметаллические) месторождения уральского типа, а также жильные и прожилково-вкрапленные месторождения медных руд, эффузивно-осадочные месторождения железа и марганца.

3. 11. Восточно-Австралийский пояс

Восточно-Австралийский металлогенический пояс, включающий притихоокеанские области Куинсленда и Нового Южного Уэльса, а также провинцию Виктория и о. Тасманию, окаймляет с востока Западно-Австралийский щит-платформу, вытягиваясь в близмеридиональном направлении на 4500 км при средней ширине пояса до 1000 км.

Наиболее интенсивно проявились складчатость, магматизм и минерализация герцинской орогенической эпохи, а на южной оконечности пояса (штаты Новый Южный Уэльс, Виктория и о. Тасмания) — каледонской орогенической эпохи. Локально вдоль восточного побережья Куинсленда проявились мезозойская складчатость, магматизм и минерализация.

По возрастному признаку в пределах Восточно-Австралийского металло-генического пояса выделяют следующие магматические и связанные с ними минеральные комплексы, от более древних к молодым.

1. Гипербазиты и базиты среднего и верхнего кембрия о. Тасмания с месторождениями медно-никелевых руд и проявлениями платиноидов (Ft, Os, Ir).

2. Гранитоиды постордовикского возраста в южной части Куинсленда и провинции Виктория с месторождениями золота, олова, меди.

3. Гранитоиды девонского возраста (раннедевонские в Новом Южном Уэльсе и постсреднедевонские в шт. Виктория), с которыми связаны месторождения золота, меди, полиметаллических и олово-вольфрамовых руд в Новом Южном Уэльсе и знаменитые крупные золоторудные месторождения Бендиго • и Балларат шт. Виктория.

К девонской металлогении относятся, вероятно, наиболее крупные месторождения Тасмании: медное Маунт-Лайелль, полиметаллические Зихан и Роз-бери, оловянные Маунт-Бишоф, Маунт-Кливленд, Аберфойл и Ренисон-Белл.

4. Гранитоиды раннегерцинского (С₂) цикла, хорошо представленные в Квинсленде и Новом Южном Уэльсе. С ними связаны значительные месторождения меди (Маунт-Морган, Чиллаго и др.), а также ряд месторождений золота, полиметаллических и вольфрам-молибденовых руд в виде трубообразных тел среди грейзенизированных гранитов (Вольфрам-Камп и Бэмфорд).

5. Гранитоиды позднегерцинского (Р—Т) цикла развиты главным образом в Северном Квинсленде, отчасти в более южных районах Квинсленда и Новом Южном Уэльсе; с ними связаны довольно значительные месторождения олова (Гербертон, Маунт-Гарнет, Куктови и др.), а также золота (Крейдон, Палмер-Ривер).

Герцинский пояс олово-вольфрамовых месторождений Квинсленда — Тасмании сходен с таковым же Фронтальной Кордильеры Аргентины, а сульфидно-касситеритовые трубки Квинсленда — с аналогичными образованиями Боливии.

6. Мезозойские (позднемеловые) гранитоиды, известные только в юго-восточной прибрежной части Квинсленда, в областях Бундеберг и Мариборо, где с ними связаны месторождения меди, золота, сурьмы и проявления ртути.

В Тасмании известны небольшие месторождения золота, связанные с третичным магматизмом, а в Новом Южном Уэльсе недавно открыты крупные скар-новые месторождения шеелита и молибденита (Рэй-Парк), вероятно, герцинского возраста. Значительное месторождение шеелитоносных скарнов давно известно также на о. Кинг к северо-западу от Тасмании.

Наряду с крупными коренными месторождениями золота, олова, меди, полиметаллических и вольфрам-молибденовых руд, которые разрабатываются, известны промышленные россыпи касситерита, вольфрамита, золота (вместе с золотом добывается немного осмистого иридия). Большое значение имеют прибрежные морские россыпи вдоль побережья Квинсленда, содержащие рутил, циркон, ильменит, монацит и др.

3. 12. Главные черты металлогении складчатых подвижных поясов

В складчатых подвижных поясах Земли, независимо от возраста их складчатости и рудогенеза можно выделить два крайних типа рудоносных площадей, резко отличающихся

друг от друга по характеру магматизма и эндогенной рудной минерализации. Первый тип – фемический, характеризуется широким развитием базитов-гипербазитов и умеренно кислых гранитоидов, производных базальтовой магмы, отражающих господствующую роль ранних и средних этапов развития складчатых зон. Для металлогении этой группы характерны: Fe, Ti, V, Cr, платиноиды, Cu, в меньшей мере Mo, Pb-Zn, Au, Ag, Sb, Hg, иногда U. К этому типу почти целиком относится Уральский металлогенический пояс, внутренние части Средиземноморского и Тихоокеанского поясов, а также Норвежско-Аппалачский и Кам-Юнаньский пояса.

Ко второму – салическому типу относятся пояса, которые характеризуются большой ролью кислых гранитоидов и господством поздних этапов их развития. Для металлогении этого типа характерны Sn, W, Mo, Be, Ta-Nb, а также Au, Pb-Zn, Sb, U. К этому типу относятся внешние (примыкающие к щитам) части Средиземноморского и Тихоокеанского глобальных поясов, значительные области Казахстанского и Восточно-Австралийского пояса, а также Западно-Европейский и Аргентинский региональные металлогенические пояса.

Наряду с двумя крайними намечается третий – промежуточный тип, к которому можно отнести Алтае-Саянский, Среднеазиатский, Таймырский, Атласский и Капский металлогенические складчатые пояса. В них хорошо проявлены ранний, средний и поздний этапы развития, в связи с чем эндогенные месторождения генетически связаны как с мафическими (базитами, гипербазитами), так и салическими (умеренно кислыми и кислыми гранитоидами) магматическими формациями.

Уже после завершения формирования складчатых подвижных поясов, в полуплатформенной обстановке на отдельные участки накладывается конечный этап развития, выраженный трещинными малыми интрузиями пестрого состава, с которыми связаны высокотемпературные медно-турмалиновые с молибденом, реже медно-оловянные руды, а также низкотемпературные золото-серебряные, ртутно-сурьмяные, реальгар-аурипигментовые, реже урановосмолковые руды.

Складчатые подвижные пояса – области с завершенной складчатостью – также как и щиты с их платформами и срединные массивы складчатых поясов подвергаются глыбовым движениям, автономной активизации, которая сопровождается магматизмом и рудной минерализацией.

4. Металлогения активизированных зон

А. Д. Щеглов [51] считает, что процессы активизации не связаны непосредственно с развитием других структурных форм Земли, поэтому для определения площадей проявления данных процессов целесообразно ввести новый термин - области автономной активизации. Металлогения этих областей рассматривается в последнее время с позиций нелинейной металлогении (А.Д.Щеглов, И.Н. Говоров, 1985 [53]), согласно которым проявления рудных месторождений в структурах земной коры связаны с эволюцией глубинных оболочек тектоносферы Земли. Нелинейная металлогения как новое самостоятельное направление анализа закономерностей размещения рудных месторождений характеризуется следующим главным принципом: «Образование рудных месторождений является одной из сторон геологического развития тектоносферы и связано с эволюцией различных ее оболочек. Для мантийных месторождений, которые представляют результат развития глубинных, подкоровых слоев, структуры земной коры являются только рудовмещающими, на которые накладываются мантийные рудные месторождения, принимая в дальнейшем участие в сложном процессе геологического развития земной коры, прежде всего, в процессах осадконакопления и метаморфизма» [53, стр. 21].

Характеристику металлогении областей тектоно-магматической активизации нередко дают по геологическому возрасту активизации с выделением домезозойских, мезозойских и альпийских областей, но целесообразнее, по И.Г. Магакьяну [8], построить описание несколько иначе, выделив и охарактеризовав отдельно металлогению активизированных: 1) щитов и платформ, 2) срединных массивов, 3) областей с завершенной складчатостью.

4.1. Металлогения активизированных участков щитов и их платформ

Установлено, что процессы активизации со специфичной металлогенией захватывают как архейский — нижнепротерозойский фундамент щитов, так и платформенный чехол более молодых пород, перекрывающих фундамент. Процессы активизации связаны с оживлением крупных зон разломов (линеаменты, рифтовые зоны) древнего заложения, вдоль которых происходило внедрение магматических комплексов чаще всего, щелочных гранитоидов и ультраосновных-щелочных комплексов, реже основных-ультраосновных, несущих богатое и разнообразное оруденение. При этом возраст активизации, магматических комплексов и минерализации колеблется в очень широком интервале — от рифея до мезо-кайнозоя.

Русская (Восточно-Европейская) платформа. Процессы активизации, связанные с разломами и глыбовыми движениями, проявлялись неоднократно в пределах Фенно-Скандинавского или Балтийского щита и особенно хорошо изучены на территории Кольского полуострова. Здесь выделяются три периода активизации: верхнепротерозойский, среднепалеозойский и верхнепалеозойский и, соответственно, те же периоды магматизма и минерализации.

С активизацией среднепалеозойского возраста (абс. возраст 305—375 млн. лет) связано внедрение ультраосновных-щелочных комплексов Ковдора, Африканды, Вуори-Ярви с интенсивным титаномагнетитовым, апатит-магнетитовым, редкометальным карбонатитовым оруденением, интересными месторождениями флогопита и вермикулита.

Наконец, с периодом верхнепалеозойской (герцинской) активизации хорошо увязывается внедрение щелочных комплексов Хибин и Ловозера, с которыми связаны концентрации апатита и лопаритовых руд.

Вероятно, с процессами активизации (возраст неизвестен) связаны внедрения кимберлитоподобных пород Северной Швеции и Кольского полуострова, к которым приурочены единичные находки алмазов в шлихах; с явлениями активизации следует связывать также обнаруженные в восточной части Балтийского щита трубообразные месторождения шеелит-молибденитовых руд и проявлений сурьмы и ртути [20].

На северо-востоке Русской платформы в области ее сочленения со структурами Тимана и Урала в связи с активизацией внедрились гипабиссальные интрузии щелочных базальтоидов (возраст венд — кембрий), с которыми связаны проявления алмазов и пирропа.

На юге, в пределах Сарматского (Украинско-Воронежского) массива также происходила активизация ряда участков; в пределах Воронежского участка щита с протерозойской активизацией связано внедрение ультраосновного-основного комплекса, несущего интенсивное медно-никелевое (с кобальтом, платиной, палладием) оруденение. По южной окраине Сарматского массива, в Приазовье, развит щелочной комплекс (возраст его около 1 млрд. лет, верхнепротерозойский), с карбонатитовой и редкометальной минерализацией. Наконец, в Донбассе и в зоне сочленения последнего с Приазовьем имеются все признаки активизации верхнепалеозойско-мезозойского возраста с внедрением андезитов повышенной щелочности, с которыми парагенетически связаны месторождения полиметаллических руд (Нагольный кряж), ртути и сурьмы (Ни-китовское месторождение и др.), интенсивная флюоритовая минерализация (Волновахская площадь), проявления золота и, вероятно, алмазов (последние установлены пока только в шлихах).

Среди изверженных пород, связанных с активизацией, выделяют породы двух типов: основного состава (возраст их доюрский, вероятно, верхнепермский — нижнетриасовый) и среднего состава (возраст скорее всего верхняя юра — нижний мел). Рудопроявления приурочены к породам второго типа и тесно связаны со средними породами повышенной щелочности (трахиандезитами, андезитовыми порфиритами, андезитами, диоритовыми порфиритами), в которых химическими анализами установлены резко повышенные содержания ртути — в несколько сот раз выше кларковых.

Сибирский щит и его платформа. Процессы активизации особенно ярко выражены в южной части Алданского щита, где с верхнеюрским — нижнемеловым периодом активизации и сводово-глыбовых движений связаны гранитоидный комплекс Станового хребта и щелочной алданский комплекс. К кислым гранитам Станового хребта приурочены месторождения и проявления молибдена, полиметаллических руд и золота, а с щелочными интрузиями алданского комплекса — концентрации золота (Лебединское месторождение) и флюорита.

В пределах Алданского щита проявилась и более древняя протерозойская активизация с интрузиями ультраосновных-щелочных пород (Инагли, Кондер), с которыми связаны редкометальные карбонатиты, титаномагнетит и платина (последняя в дунитах центральных частей кольцевых интрузий).

Процессы активизации (протерозойской и, возможно, более молодой) охватили и древний массив Енисейского кряжа, где с гранитоидными интрузиями связаны довольно значительные месторождения золота и сурьмы, а также проявления олова, вольфрама, ртути.

К верхнепалеозойской и главным образом мезозойской активизации, широко охватившей Сибирскую платформу, приурочено внедрение трапповой формации ультраосновных — щелочных интрузий маймеча-котуйского комплекса (Гулинская и другие интрузии на севере платформы) и кимберлитов. С габбро-диабазами трапповой формации тесно связаны медно-никелевые (с кобальтом, платиноидами) Норильское и Талнахское месторождения, с ультраосновными-щелочными интрузиями — карбонатиты с редкими металлами, апатитом и флогопитом, с кимберлитами — алмазы.

В Енисейско-Чадобецкой области активизация проявилась дважды — в девоне и мезозое, в результате ее внедрились кимберлиты и образовались связанные с ними месторождения алмазов.

Сино-Корейский щит и его платформа. На территории Северо-Восточного Китая и Кореи, а наиболее интенсивно в Юго-Восточном Китае проявились процессы активизации верхнеюрского — нижнемелового возраста, которые сопровождались глыбово-сводовыми движениями и внедрением яншаньских гранитов. С последними связаны месторождения вольфрама, олова, сурьмы,

а также золота, полиметаллических руд и ртути (часть месторождений ртути связана с более молодым палеогеновым магматизмом).

В Южном Китае и на Шаньдунском полуострове с активизацией раннеме-зозойского возраста связано внедрение единичных тел кимберлитов, с которыми ассоциируют алмазы.

Канадский щит и его платформа также подверглись воздействию процессов активизации рифейского, а затем мезозойского возраста. С рифейской активизацией связана, вероятно, часть урановых месторождений северо-запада Канады (возраст оруденения 600 млн. лет), залегающих в архейском фундаменте. В области Гренвиль с внедрением внеорогенных нефелиновых сиенитов и базитов — гипербазитов связаны месторождения карбонатитов с ниобиевой минерализацией; близ г. Монреаль известно крупное карбонатитовое месторождение Ока с минерализацией ниобия, редких земель, урана и апатита, абс. возраст которого 95 млн. лет. Примерно того же возраста известно карбонатитовое месторождение Маунтин-Пас (США, Калифорния) с крупными запасами баст-незитовых руд. С мезо-кайнозойской активизацией (50—55 млн. лет) несомненно связаны кимберлитовые алмазоносные трубки Пайк (США, Арканзас) и, возможно, свинцово-цинковая и урановая минерализация плато Колорадо в США.

Африкано-Аравийский щит и его платформа. Значительная часть рудных богатств Африканского щита и прежде всего крупнейшие месторождения редко-металльных пегматитов и карбонатитов, а также мирового значения месторождения алмазов связаны с процессами активизации, происходившими неоднократно от рифея до мезо-кайнозоя. Активизированные области Африки и Аравийского полуострова контролируются зонами глубинных разломов, среди которых наибольшую роль играют рифтовые структуры — грабены и горсты, тянущиеся вдоль Красного моря далее на юг в Мозамбик и на о. Мадагаскар, образуя зону Великих Восточно-Африканских разломов, а также вторую зону разломов уже в западной части континента, которая протягивается от Туарегского щита и массива Тибести в Сахаре через Нигерию и далее на юг вдоль Камерунского рва.

Процессы активизации этих древних глубинных разломов, заложенных в архейско-нижнепротерозойском фундаменте щита, начинаются еще в рифее — нижнем кембрии и вновь возобновляются в девоне, мезозое и палеогене. С ними, локализуясь в зонах указанных выше разломов, связано внедрение гранитоидных интрузий повышенной щелочности, а также ультраосновных — щелочных кольцевых комплексов и кимберлитов.

С гранитоидами связаны крупные поля редкометалльных пегматитов с бериллий-тантал-ниобиево-литиевой минерализацией и альбититовых, месторождений с касситерит-колумбитовой минерализацией, образующие протяженные Восточно-Африкано-Мадагаскарский и Нигерийско-Сахарский пояса большого промышленного значения. Возраст указанных гранитоидов и связанных с ними месторождений 600—480 млн. лет, что отвечает рифею — кембрию. Вдоль зоны Великих Восточно-Африканских разломов в странах Восточной и Центральной Африки неоднократно внедрялись ультраосновные — щелочные кольцевые интрузивные комплексы, с которыми связаны крупнейшие месторождения редкометалльных карбонатитов (с ниобиевой, редкоземельной, урановой минерализацией), формирующиеся в возрастном интервале от рифея до неогена включительно. На территории ЮАР и других стран Южной и Юго-Западной Африки широко развиты кимберлиты с месторождениями алмазов мировой известности; абсолютный возраст кимберлитов 51—55 млн. лет, возможно наличие и более древних кимберлитов (в Заире, Гане, Гвинее), но все они связаны с процессами активизации. С процессами очень молодой неогеновой активизации, вероятно, связаны месторождения золота в пределах Аравийской части щита: на территории Ирака близ границы с Иорданией, в Саудовской Аравии между Меккой и Мединой, а также в центральной части

Йемена. В этих районах коренные месторождения и главным образом россыпи обеспечивают добычу 1—2т золота в год.

Индийский щит и его платформа. Процессы активизации проявились в Северной Индии в районе Раджмахала на востоке до Ревы и Панны на западе, будучи выражены сводово-глыбовыми движениями и внедрением перидотитов и даек долеритов среднеюрского возраста. В алмазоносном районе Панны известны кимберлитовые трубки, связанные с рифейской активизацией. С процессами активизации мелового — эоценового возраста связаны излияния деканских траппов и внедрение ассоциирующих с ними основных и ультраосновных-щелочных пород с проявлениями карбонатитов.

Западно-Австралийский щит и его платформа. Процессы активизации этого щита изучены плохо. Вероятно, с активизацией рифейского возраста связано внедрение базитов — ультрабазитов юго-западной части щита в районе г. Перт, где среди них залегают крупные месторождения ликвационных медно-никелевых руд с примесью кобальта и платиноидов.

С процессами активизации возможно связана часть урановых месторождений северной части щита на п-ове Арнгём (рудное поле Рам-Джангл со смолко-во-сульфидными медно-урановыми рудами), некоторые месторождения медных и свинцовых руд позднего протерозоя в рудных провинциях Пайн-Крик и Карпантурна.

Бразильский щит и его платформа характеризуется интенсивным развитием активизации рифейского, нижнедевонского и мезо-кайнозойского периодов. Процессы активизации развиваются главным образом вдоль линеаментов Сан-Франсиску и Аргентинского, заложенных в древнем архейском фундаменте, и сопровождаются внедрением гранитоидов рифейского (550 млн. лет) и нижнедевонского (360 млн. лет) возраста, а вдоль линеамента Сан-Франсиску также ультраосновных-щелочных комплексов мезо-кайнозойского возраста (147—110—133—51 млн. лет).

С гранитоидами тесно связаны крупные поля редкометальных пегматитов шт. Минас-Жерайс, плато Борборема и Боливийско-Аргентинского пояса с огромными концентрациями тантала, ниобия, бериллия и лития, очень сходные с одновозрастными (рифей и девон) редкометальными пегматитами Африканского щита.

С ультраосновными-щелочными комплексами главным образом мезозойского возраста связаны крупные концентрации редкометальных карбонатитов с ниобиевой (пирохлоровой), циркониевой, редкоземельной и частично уран-то-риевой минерализацией с такими месторождениями-гигантами, как Баррей-ру-ди-Араша (133—51 млн. лет) и Посус-ди-Калдас (147—110 млн. лет), и интрузивным магматическим характером карбонатитов, очень сходных по условиям образования и составу с африканскими.

Карбонатитовые месторождения Бразилии контролируются главным образом линеаментом Сан-Франсиску. В западной части шт. Минас-Жерайс с мезозойской активизацией связаны алмазоносные кимберлиты.

4.2. Металлогения активизированных срединных массивов

Срединные массивы — это устойчивые участки земной коры, которые сохранили платформенный или близкий к платформенному характер развития, когда вокруг них формировались геосинклинали; это остатки той структурной поверхности, на которой заложилась геосинклинальные прогибы данной складчатой области. Срединный массив — понятие не только структурное, но и историко-геологическое, а точнее — палеотектоническое.

В. И. Смирнов [41] к срединным массивам относит крупные блоки древних интенсивно или слабо складчатых образований, заключенных среди более молодых складчатых зон. В них встречаются эндогенные месторождения трех периодов: 1) древнего, предшествующего оруденению геологического цикла, вследствие которого образовалась складчатая область, включающая срединные массивы; 2) современного металлогенической эпохе данной складчатой области; 3) молодого, наложенного в связи с регенерацией (активизацией, по А. Д. Щеглову) срединных массивов в последующие циклы геологического развития.

В развитии срединных массивов А. Д. Щеглов [51] выделяет три крупных периода. Первый период связан с образованием кристаллического основания (фундамента) массива, сложенного обычно породами архея и протерозоя, а в складчатых областях байкальского возраста — только архея. В редких случаях к этому же первому периоду относится образование платформенного осадочного чехла, перекрывающего докембрийское основание (плато Колорадо, Таримский массив).

Второй период эволюции срединных массивов обусловлен геосинклинальным развитием регионов, в пределах которых располагается тот или иной массив. Многие массивы испытывают неоднократное воздействие геосинклинальных процессов, выражающееся в развитии разновозрастных геосинклинальных прогибов (Богемский, Буреинский и другие массивы).

Третий период связан с процессами автономной активизации, не связанной с формированием геосинклинальных прогибов на смежных территориях.

Процессы активизации во многих срединных массивах (Богемский, Буреинский, Родопский и др.) протекают в две стадии. В первую стадию возникают пологие прогибы, выполненные континентальными вулканогенно-обломочными формациями; широко развиты кислые или основные, иногда щелочные эффузивы, трещинные субвулканические интрузии различного состава. Вторая стадия активизации характеризуется возникновением наложенных терригенных впадин, выполненных грубообломочными, часто угленосными отложениями.

Наиболее интенсивно процессы автономной активизации проявились в срединных массивах с выведенными на поверхность докембрийскими складчатыми сооружениями. Они фиксируются своеобразными сводово-глыбовыми тектоническими формами, трещинным магматизмом и специфичным эндогенным оруденением.

Очень показательны западноевропейские срединные массивы (Богемский, Центрально-Французский, Армориканский, Верхне-Рейнский и др.), а также Родопский срединный массив, массивы Турции и Ирана, Буреинский и Ханкайский массивы на востоке СССР, которые характеризуются самостоятельностью (автономностью) развития вне связи с варисскими или альпийскими геосинклинальными прогибами. Проявление процессов автономной активизации и связанной с ней металлогении резко отличает срединные массивы от окружающих их складчатых областей.

Металлогении срединных массивов посвящена специальная книга А. Д. Щеглова [72], поэтому в данной работе приводится лишь краткая характеристика особенностей металлогении некоторых срединных массивов, расположенных на территории России.

Восточно-Алтайский массив расположен в юго-западной части Алтае-Саянской складчатой области. Фундамент массива сложен метаморфическими породами протерозоя, которым подчинены концентрации силлиманита и слюдоносные пегматиты. В связи с развитием окружающих массивов каледонских геосинклиналей массив разбивается на блоки системами глубинных разломов, вдоль которых внедряются кембрийские гипербазиты и габбро с рудопроявлениями хромита, магнетита и асбеста.

В силуре происходило внедрение трещинных массивов гранит-гранодиоритовой формации с небольшими рудопроявлениями молибдена и вольфрама, а в девоне — внедрение трещинных интрузий сложного состава от габбро до гранитов, с которыми ассоциируют небольшие проявления титаномагнетита, никеля и кобальта. В позднем палеозое — юре происходила тектоническая активизация разломов, ограничивающих массив с юга и запада. К зонам этих разрывных нарушений — Курайской и Телецкой — приурочены многочисленные месторождения ртути и в числе их довольно известное Акташское месторождение. Очевидно, ртутное оруденение парагенетически ассоциирует с мезозойскими дайками щелочных базальтоидов, для которых допускается происхождение из подкоровых очагов основных базальтоидных магм.

Сангеленский массив расположен в Восточной Туве на границе с Монгольской Народной Республикой. Фундамент массива сложен докембрийским метаморфическим комплексом и ультраосновными и кислыми интрузивами протерозойского возраста. Массив окаймлен крупными зонами разломов, которые отделяют его от каледонских складчатых структур.

С докембрийским метаморфическим комплексом связаны метаморфогенные месторождения магнетит-гематитовых руд, а с протерозойскими интрузивами — слюдоносные пегматиты (с гранитами) и асбест (с гипербазитами). В краевых частях массива в позднем кембрии формируются интрузии габбро-плагиогранитной формации, с которой ассоциируют высокотемпературные гидротермальные рудопроявления золота.

В верхнем палеозое — нижнем мезозое в связи с процессами тектоно-магматической активизации вдоль зон нарушений внедрялись щелочные интрузии, с которыми увязываются щелочные пегматиты и альбититы с редкоземельной минерализацией.

Таким образом, в развитии массива выделяются те же три периода, которые характерны для подавляющего большинства срединных массивов. Первый период связан с формированием докембрийского основания массива и для него характерны протерозойские метаморфогенные месторождения железа, слюдоносные пегматиты, хромит и асбест. Второй период связан с отраженной из смежных геосинклиналей активизацией и магматизмом с золоторудной верхнекембрийской минерализацией. Третий период автономной активизации пермско-нижнемезозойского возраста сопровождался щелочным магматизмом с редкоземельной минерализацией.

Охотский массив расположен между Верхне-Индигирским и Южно-Верхоянским прогибами мезозойской Верхояно-Колымской складчатой области. На большей части массива развиты меловые вулканические образования Охотско-Чукотского вулканического пояса. Вдоль разломов, контролирующих развитие эффузивных комплексов, происходит внедрение субвулканических интрузий и экстррузий липаритов и андезитов, трещинных гранитоидов, с которыми связана золото-кварцевая, золото-серебряная, молибденовая, полиметаллическая минерализация верхнемелового — палеогенового возраста. Наиболее характерным металлом массива является золото.

Колымский массив разделяет Верхояно-Колымскую и Чукотскую мезозойские складчатые области. Наиболее интенсивные магматические процессы проявились в массиве в мезозое и связаны с развитием смежных с массивом геосинклинальных прогибов. В основном это трещинные субвулканические интрузии гранитоидов раннемелового возраста. В палеогене внедрялись небольшие интрузивы тешенитов и эссекситов.

Оруденение концентрируется главным образом вокруг массива в складчатых зонах, почти не проникая в пределы массива. Наложённая на срединный массив минерализация проявляется ограниченно и выражена небольшими месторождениями олова на участках наложения на массив Охотско-Чукотского вулканического пояса.

4.3. Металлогения активизированных областей с завершённой складчатостью

Процессы тектоно-магматической активизации с соответствующей минерализацией проявились в пределах многих областей с завершённой складчатостью. В качестве примеров будут рассмотрены лишь наиболее типичные и хорошо описанные случаи активизации в складчатых областях Забайкалья, Средней Азии, Алтае-Саянской области и Анд.

Забайкалье. Мезозойская активизация охватывает всю территорию байкальской и каледонской складчатых зон от Джидинского района на юго-западе до верховьев Амура, Нюкжи и Олекмы на северо-востоке. Особенно интенсивно процессы активизации проявились в Западном Забайкалье, хотя они отмечены также в Восточном и Северном Забайкалье и Прибайкалье. В процессе активизации территории Западного Забайкалья выделяются две стадии: первая охватывает пермь, триас и, возможно, нижнюю юру и выражена в образовании пологих прогибов, выполненных вулканогенными образованиями, смятыми в

складки и прорванными гранитоидами; вторая стадия проявилась в период от средней юры до нижнего мела и характеризуется образованием узких вытянутых депрессий, заполненных континентальными угленосными отложениями. Депрессии органичены разломами, вдоль которых внедряются субвулканические основные щелочные интрузии.

С мезозойской активизацией байкальских и каледонских структур Западного Забайкалья связаны редкометальные (молибденовые и вольфрамовые) месторождения, ассоциирующие с раннемезозойскими гранитоидами стадии вулканогенных- прогибов, а также низкотемпературные флюоритовые месторождения, образующиеся в стадию формирования терригенных впадин. Типичным примером молибден-вольфрамового рудного поля является Джидинское, где кварц-молибденитовая стадия минерализации предшествует кварц-гюбне-ритовой. Возраст оруденения раннемезозойский (посдетриасовый, но досреднеюрский).

Значительно моложе флюоритовые месторождения Западного Забайкалья — Шаралдай, Иволга и др., жилы которых залегают в нижнемеловых песчаниках и конгломератах, контролируясь зонами (Хидокской и Джиды-Удинской) протяженных молодых разломов. Крупный пояс флюоритовых

месторождений прослеживается из района среднего течения р. Джиды на юго-западе (Западное Забайкалье) до низовьев р. Шилки на северо-востоке (Восточное Забайкалье). Наряду с флюоритом в этих поясах установлена посленижне-меловая эпитермальная минерализация золота, сурьмы, ртути, вольфрама, представленная в Западном Забайкалье пока только проявлениями, а в Восточном Забайкалье — концентрациями золота (Балей-Тасеево) и комплексных киноварь-антимонит-ферберитовых руд (Барун-Шивеинское, Ново-Ивановское и др.).

Алтае-Саянская область, Тува, Горный Алтай и Салаир — области консолидированных каледонских складчатых структур — характеризуются широким развитием ртутных месторождений, размещающихся вдоль глубинных разломов, обрамляющих позднегерцинские и мезозойские прогибы.

В Туве намечается связь ртутной минерализации с малыми трещинными интрузиями основного состава. Возраст ртутного оруденения следует считать позднегерцинским или мезозойским.

4.4. Общие черты металлогении областей тектоно-магматической активизации

Области активизации характеризуются богатой и своеобразной металлогенией.

На щитах и их платформах возраст активизации колеблется от рифея до мезо-кайнозоя, а состав магматических пород варьирует от базитов — ультрабазитов и щелочных — ультраосновных комплексов до умеренно кислых и кислых гранитоидов. С активизацией связаны крупнейшие месторождения медно-никелевых ликвационных руд (с Co, Pt, Pd), редкометальных пегматитов, олово-вольфрамовых и карбонатитовых месторождений, алмазов, а также многих крупных месторождений золота, ртутно-сурьмяных руд, флюорита, урана.

В пределах срединных массивов активизация происходила в позднегерцинское, а главным образом в мезо-кайнозойское время и связана с внедрением гранитоидных интрузий, с которыми ассоциируют месторождения кварц-касситерит-вольфрамитовой, пятиэлементной (Co—Ni—Bi—Ag—U), кварц-арсенопирит-золоторудной, урановосмолоквой, полиметаллической, сурьяно-ртутной и флюоритовой минерализации.

В областях с завершённой складчатостью активизация имела место в позднегерцинское и главным образом в мезо-кайнозойское время и связана с интрузиями гранитоидов, с которыми ассоциируют богатейшие месторождения олово-вольфрамовых, молибденовых и медно-молибденовых, золоторудных и золото-серебряных, сурьямяных, ртутных, флюоритовых и других руд.

В целом процессы активизации создали ряд богатейших рудных провинций и имели огромное значение для концентрации таких металлов, как олово, вольфрам, молибден, уран, свинец и цинк, сурьма, ртуть, золото, ниобий, а также для многих неметаллических полезных ископаемых — алмазов, флюорита, мусковита и флогопита.

Список рекомендуемой литературы

Основная

1. Металлогения. – В кн.: Месторождения металлических полезных ископаемых: Учебник для высшей школы / В.В.Авдонин, В.Е.Бойцов, В.М.Григорьев и др. – М.: Академический Проект, Трикста, 2005. – 720 с.
2. Львов Б.К. Формационные основы металлогенического анализа: Учебное пособие. С.-Петербург, Издание С.-Петербургского университета, 1997. – 144с.
3. Магакьян И.Г. Металлогения (главнейшие рудные пояса). М.: Недра, 1974. – 304с.
4. Основы металлогенического анализа при геологическом картировании. // Металлогения геодинамических обстановок. Москва, 1995. – 468с.

Дополнительная

1. Белевцев Я.Н. Металлогения докембрийских щитов. // Металлогения докембрия и метаморфогенное рудообразование: ч.1 (Тезисы докл. XII Всесоюзн. Совещ., май 1990 г.) – Киев, 1990, с.3-5.
2. Билибина Т.В., Казанский В.И., Кратц К.О. Рудные формации и рудоносные структуры раннего докембрия. // Геология рудных месторождений. 1976. № 4.
3. Буряк В.А. Метаморфизм и рудообразование. М., 1982. – 256 с.
4. Власов Г.М. Геотектоническая теория и магматогенно-рудные системы. М., 1992 -227 с.
5. Геодинамический анализ и закономерности формирования и размещения месторождений полезных ископаемых. – Л.:ВСЕГЕИ, 1987. – 267 с.
6. Геодинамический анализ территорий. Учебное пособие. Составители: В.М. Ненахов, В.И.Сиротин, А.И.Трегуб. Воронеж, 1997. - 81с.
7. Бакулин Ю.И., Усанов Г.Е. Некоторые аспекты металлогении олова и золота Приамурья. // Металлогения Востока СССР. Владивосток, 1976, с. 3-9.
8. Билибин Ю.А. Металлогенические провинции и металлогенические эпохи. М., 1955.
9. Билибина Т.В. Основные черты металлогении щитов и областей их активизации. // Проблемы региональной металлогении: Труды ВСЕГЕИ, новая серия. Т.191. Л., 1973.
10. Демченко Б.М., Сычкин Н.И., Лосицкий В.И. и др. Минерагения Воронежского кристаллического массива. // Геологический вестник Центральных районов России. Москва, 1999, с. 18-28.
11. Железисто-кремнистые формации докембрия Европейской части СССР. Прогнозная оценка железорудных месторождений. – Киев: Наукова думка, 1990. – 192 с.
12. Ильин К.В. Региональная металлогения СССР. М., Недра, 1974. -237 с.
13. Кривцов А.И. Методология и объекты металлогенического анализа и прогнозных построений: состояние и перспективы. Отечественная геология. 5/1995, с.3-11.
14. Малич Н.С., Миронюк Е.П., Тукганова Е.В. Металлогения Сибирской платформы. // Металлогения Сибири: Т.1(Тезисы докл. XI Всесоюзн. Металлогенич. совещ.). – Новосибирск: ИГиГ СО АН СССР, 1987, с. 25-31.

15. Месторождения металлических полезных ископаемых. /В.В.Авдонин, Б.Е. Бойцов, В.М. Григорьев и др./ – М.: Геоинформмарк, 1999. – 272с.
16. Металлогения восточной части Балтийского щита. Л., Недра, 1980. – 247с.
17. Металлогения и рудные месторождения. Труды XXУ11 Междунар. геол. конгресса. Секция 12. М.,Наука, 1984.
18. Металлогения Карелии. Петрозаводск: Карельский филиал АН СССР, 1982. – 201с.
19. Металлогения магматических комплексов внутриплитовых геодинамических обстановок. М.: ГЕОС, 2001. – 640 с.
20. Металлогения рядов геодинамических обстановок раннего докембрия. М.: (МПР РФ, РАН, Геокарт, РосГео), 1999.– 399с.
21. Металлогения рядов коллизионных геодинамических обстановок. В 2-х томах. – М.:Геос, 2002. Т.1. – 410 с.
22. Металлогения Сибири. (Тезисы докл. XI Всесоюзн. Металлогенич. совещ.). – Новосибирск: ИГиГ СО АН СССР, 1987, т.1. – 252 с. Т. 2. – 260 с.
23. Металлогения складчатых систем с позиций тектоники плит. Екатеринбург: УрО РАН, 1996. – 248с
24. Металлогения Украины и Молдавии. Киев: Наукова Думка, 1974. – 511с.
25. Методика геодинамического анализа при геологическом картировании. Составители: Гусев Г.С., Минц М.В., Мусатов Д.И. и др. – М.: Недра, 1991. – 204с.
26. Минерагения осадочных бассейнов континентов и периконтинентальных областей. М.: (МПР, Геокарт, ЦРГЦ, МАНПО), 1998. – 590 с.
27. Митчел А., Гарсон М. Глобальная тектоническая позиция минеральных месторождений. М., Мир, 1984. – 496 с.
28. Новые уникальные месторождения редких металлов в корях выветривания карбонатов. (А.В. Лапин, А.В. Толстов). Разведка и охрана недр. – М. 1993, с. 7-11.
29. Обуэн Ж. Геосинклинали. – М.: Мир. – 405с.
30. Овчинников Л.Н. Вероятность нахождения рудных месторождений. // Основные проблемы рудообразования и металлогении. М.: Наука, 1990, с.263-275.
31. Овчинников Л.Н. Образование рудных месторождений. – М.: Недра, 1988. – 255с.
32. Овчинников Л.Н. Прогноз рудных месторождений. – М.: Недра, 1992. –308с.
33. Овчинников Л.Н. Структурно-формационные и геодинамические основы прогноза рудных месторождений Урала. Отечественная геология. 5/1995, с.11-18.
34. Основные проблемы рудообразования и металлогении. М., Наука,1990. – 284с.
35. Радкевич Е.А. Металлогенические провинции Тихоокеанского рудного пояса. М., 1977.
36. Рундквист Д.В. Особенности геологического развития и металлогении байкалид. // Основные проблемы рудообразования и металлогении. М.: Наука, 1990, с.44-66.
37. Скурский М.Д. Редкометальная металлогения Забайкалья. // Металлогения Сибири: Т.2 (Тезисы докл. XI Всесоюзн. Металлогенич. совещ.). – Новосибирск: ИГиГ СО АН СССР, 1987, с. 24-207.
38. Смирнов В.И. Геология полезных ископаемых. 4-е изд., перераб. И доп. – М.: Недра, 1982. – 669с.
39. Смирнов В.И. Очерки металлогении. М.: Госгеолтехиздат, 1963. – 164 с.
40. Смирнов В.И. Периодичность рудообразования в геологической истории. // Металлогения и рудные месторождения. М., 1984, с. 3 – 17.
41. Твалчрелидзе Г.А. Металлогения земной коры. М., Недра, 1985. – 273 с.
42. Терентьев В.М. Металлогения Алданского щита и сопредельных пограничных структур. // Металлогения Сибири: Т.1 (Тезисы докл. XI Всесоюзн. Металлогенич. совещ.). – Новосибирск: ИГиГ СО АН СССР, 1987, с. 36-39.
43. Филатов Е.И., Ширай Е.П. Формационный анализ как основа прогнозно-металлогенических исследований. Отечественная геология. 5/1995, с.34-38.

44. Чернышов Н.М. Типы никеленосных интрузий и медно-никелевого оруденения Воронежского массива. Советская геология. 1986. 12, с. 42-54.
45. Чернышов Н.М., Минц М.В., Ненахов В.М. Эволюционные ряды геодинамических обстановок при формировании рудоносных структур Воронежского кристаллического массива. // Металлогения рядов геодинамических обстановок раннего докембрия. М.: (МПР РФ, РАН, Геокарт, РосГео), 1999, с. 225-255.
46. Шер С.Д. Металлогения золота. М., 1974. – 256 с.
47. Щеглов А.Д. Металлогения областей автономной активизации. Л., 1968.
48. Щеглов А.Д. Основы металлогенического анализа. М., Недра, 1980.
49. Щеглов А.Д. Основные проблемы современной металлогении. Л., Недра, 1987.
50. Щеглов А.Д., Говоров И.Н. Нелинейная металлогения и глубины Земли. М.: Наука, 1985. – 324 с.

Рис. 1. Расположение платформ, их щитов и складчатых поясов.

Условные обозначения: 1 – докембрийские платформы, 2 – щиты; 3 – 6 – складчатые пояса: 3 – каледонского возраста, 4 – герцинского возраста, 5 – киммерийского возраста, 6 – альпийского возраста.

Платформы и их щиты (римские цифры на карте): I – Русская (Восточно-Европейская) платформа, II – Сибирская платформа, III – Китайская платформа (Сино-Корейский щит), IV – Канадский щит (Северо-Американская платформа), V – Африкано-Аравийская платформа, VI – Индостанский щит, VII – Западно-Австралийская платформа, VIII – Гвианский щит, IX – Бразильский щит.

Складчатые пояса (цифры в кружках): 1 – Средиземноморский глобальный, 2 – Тихоокеанский глобальный, 3 – Уральский, 4 – Таймырский, 5 – Алтае-Саянский, 6 – Казахстанский, 7 – Среднеазиатский, 8 – Западно-Европейский, 9 – Норвежско-Аппалачский, 10 – Атласский, 11 – Капский, 12 – Кам-Юньаньский, 13 – Восточно-Австралийский, 14 – Аргентинский.

Рис. 2 Схема минерагенического районирования Воронежского кристаллического массива (по [] с упрощениями).

Условные обозначения:

1 – границы минерагенических провинций и поясов:

А – железорудная провинция КМА (Fe, Au, RM, TR, Mo, Ti, Cr, Cu, Pb, Zn, Mn, апатит); Б – Хоперская медно-никелевая провинция (Cu, Ni, МПГ, Au, графит, RM, U, Th); В – Лосевский металлогенический пояс (Au, Pb, Zn, Cu, Ag, Mo, TR, RM, U, Th, Mo).

2 – границы структурно-минерагенических областей:

А-1 – Брянская (Fe, Mo, Cu, RM, Pt-Ni-Cu, мусковит); А-2 – Ливенско –Ефремовская (RM, Mo, Cu).

3 – границы минерагенических зон (МЗ) и районов (МР), (цифры в кружках):

- 1 - Сумской МР (Mo, RM);
- 2 – Рыльско-Крупецкой МР (Fe, Pb, Zn, Au, МПГ);
- 3- Севско-Ракитнянская МЗ (Fe, Au, Ag, Pt-Cu-Ni, Cr, Ti, графит);
- 4- Сумской МР (RM, Mo);
- 5- Белгородско-Михайловская МЗ (Fe, Au, Al, Mn, Ag, Pt, Pd, W);
- 6 – Нарышкинская МЗ (RM, TR);
- 7- Курско-Валуйская МЗ (Fe, TR, RM, Mo - Cu);
- 8 – Орловско-Алексеевская МЗ (Fe, Au, Pt, Ag, TR, P, Mn, Pb, Zn, Cu);
- 9 – Двуреченский МР;
- 10 – Алексеевско-Малоархангельская МЗ (графит, Au, Fe, RM);
- 11 – Россошанский МР (RM, Mo, Cu);
- 12 – Павловско-Стрелицкая МЗ (RM, U, Mo, TR, P, Ti);
- 13 – Воронежско-Елецкая МЗ (Au, Ag, Cu, Pb, Zn);
- 14 – Усманский МР (Au, Ag, Cu-Mo, МПГ);
- 15 – Липецкий МР (Au, Ag, Cu, Pb, Zn);
- 16 – Мамонско-Шишовская МЗ (Ni-Cu, Au, МПГ, графит);
- 17 – Новохоперско-Архангельская (Ni-Cu, Au, МПГ);
- 18 – Новогольско-Жердевский МР (Ni-Cu, Au, МПГ).

4- архейские образования; 5 –протерозойские осадочно - вулканогенные образования Лосевской шовной зоны; 6 – раннепротерозойские образования воронцовской серии; 7 – границы ВКМ; ДД – Днепрово-Донецкая впадина; ПЧ – Пачелмский прогиб.

Рис. 3. Металлогенические области Украинского щита (по []):

I – Волынская, II – Подольская, III – Белоцерковско-Одесская, IV – Кировоградская, V – Криворожская, VI – Днепровская, VII – Орехово-Павлоградская, VIII – Приазовская. (по-яснения в тексте).

Рис. 4. Металлогеническое районирование северо-западной части Тихоокеанского глобального пояса.

Условные обозначения:

- 1 – Сибирская платформа;
- 2 – щиты (цифры в кружках: 1- Анабарский, 2 – Алданский);
- Внешняя зона Тихоокеанского металлогенического пояса (ТМП):
- 3 – области байкальской складчатости;
- 4 – области герцинской складчатости (цифры в кружках: 3 – Забайкалье, 4 – Монголо-Охотский пояс);
- 5 – области киммерийской складчатости (цифры в кружках: 5 – Верхояно-Колымская складчатая система, 6 – Новосибирско-Чукотская складчатая система, 7 – Сихотэ-Алинская складчатая система);
- 6 – мезозойские (меловые) вулканические пояса (цифры в кружках: 8 – Охотско-Чукотский, 9 – Восточно-Сихотэ-Алинский);
- 7 – срединные массивы – террейны (цифры в кружках: 10 – Колымский, 11 – Омолонский, 12 – Охотский, 13 – Восточно-Чукотский, 14 – Буренинский, 15 – Ханкайский).

Внутренняя зона ТМП (Камчатско-Корякское нагорье, Курилы, Сахалин):

- 8 – области киммерийской (меловой) складчатости.
- Цифры в кружках: 16 – Корякско-Западно-Камчатский пояс.
- 9 – области альпийской (кайнозойской) складчатости.
- Цифры в кружках: 17 – Центрально-Камчатский пояс; 18 – Сахалинская зона.
- 10 – кайнозойский вулканизм островных дуг – Камчатско - Курильский пояс.
- 11 – Границы структурно-металлогенических областей и поясов.

Рис. 5. Металлогенические пояса Урала (по Л.Н. Овчинникову []).

Условные обозначения: 1 – Предуральский краевой прогиб, 2 – Внешняя мегазона складчатости и надвигов, 3 – палеорифты, 4 – межрифтовые палеоподнятия, 5 – зоны Главного уральского и Восточно-Уральского глубинных разломов, 6 – металлогенические пояса (пояснения в тексте), 7 – Боровская зона Казахстанского пояса.

Главнейшие структуры Уральского пояса (цифры в кружках): 1 - Предуральский краевой прогиб, 2 – внешняя (Западная) мегазона складчатости и надвигов, 3 – Центрально-Уральское поднятие (мегазона поднятий), 4 – Тагильский палеорифт, 5 – Магнитогорский палеорифт, 6 – Восточно-Уральское поднятие, 7 – Восточно-Уральский палеорифт, 8 – Зауральское поднятие, 9 – Тюменско-Кустанайский палеорифт, 10 – Боровская зона казахстанид.

Региональные металлогенические пояса: 1 – Кусинско-Сарановский редкометалльно-редкоземельный пояс, 2 – платиноидный пояс Урала, 3 – Березогорско-Ивдельский золоторудный пояс, 4 – Главный гипербазитовый (Cr, Au, тальк, асбест, Ni) пояс, 5 – Ахуновско-Гумбейский редкометалльный (W, Mo) пояс, 6 – Западный золоторудный пояс, 7 – Березовский редкометалльно-золоторудный пояс, 8 – Восточный (Главный) золото-редкометалльный пояс, 9 – золоторудный пояс Восточно-Уральского палеорифта, 10 – Зауральский редкометалльный (W, Mo, Be) пояс.

Рис. 6. Западно-Европейский металлогенический пояс (по [])

Условные обозначения: 1 – докембрийские плиты; 2 – каледонский пояс (фрагмент Норвежско-Аппалачского); 3 – герцинский – Западно-Европейский пояс; 4 – срединные массивы: АМ – Армориканский, ЦФМ – Центрально-Французский, ВРМ – Верхнерейнский, ЧМ – Чешский (Богемский); 5 – киммерийско-вльпийский пояс (фрагмент глобального Средиземноморского пояса).