

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ПО ВЫСШЕМУ ОБРАЗОВАНИЮ

ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

*Геологический факультет*  
*Кафедра полезных ископаемых и недропользования*

## **Региональная металлогения**

Учебное пособие для студентов - геологов  
старших курсов  
дневного и заочного отделений  
геологического факультета

*Составители:*

*И.П.Лебедев, Ю.Н.Стрик*

Воронеж 2016

Утверждено научно-методическим советом геологического факультета \_\_\_\_\_ 2016 г.,  
протокол № \_9\_

Составители: Лебедев Иван Петрович, Стрик Юрий Николаевич

Рецензент: Заслуженный деятель науки РФ, профессор,  
зав. кафедрой геологии Геологического факультета  
Южно-Уральского госуниверситета В.В. Зайков

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
1. ОБЩИЕ ВОПРОСЫ.....	4
1.1. Краткий обзор истории развития металлогении.....	4
1.2. Объекты металлогенического анализа.....	6
1.3. Масштабы оруденения.....	8
1.4. Размеры площадей рудных объектов.....	10
1.5. Формационные основы металлогенического анализа.....	11
1.6. Геохронологические закономерности рудогенеза (металлогенические периоды и этапы).....	16
1.7. Геотектонические обстановки размещения полезных ископаемых.....	21
1.8. Структурно-тектонические условия размещения полезных ископаемых.....	27
1.9. Геотектонические концепции и металлогенические построения.....	29
1.10. Металлогеническое районирование.....	36
2. МЕТАЛЛОГЕНИЯ ПЛАТФОРМ И ЩИТОВ.....	38
2.1. Русская (Восточно-Европейская) платформа.....	38
2.2. Западно-Сибирская платформа.....	51
2.3. Восточно-Сибирская платформа.....	533
2.4. Китайская платформа (Сино-Корейский щит).....	577
2.5. Канадский щит.....	588
2.6. Африкано-Аравийская платформа.....	60
2.7. Индостанский щит.....	666
2.8. Западно-Австралийская платформа.....	688
2.9. Гвианский щит.....	70
2.10. Бразильский щит.....	71
2.11. Общие черты металлогении щитов и платформ.....	766
3. МЕТАЛЛОГЕНИЯ СКЛАДЧАТЫХ ПОДВИЖНЫХ ПОЯСОВ.....	799
3.1. Главнейшие подвижные пояса Мира.....	79
3.2. Средиземноморский глобальный пояс.....	799
3.3. Тихоокеанский глобальный металлогенический пояс.....	833
3.4. Уральский пояс.....	101
3.5. Алтае-Саянский пояс.....	107
3.6. Казахстанский пояс.....	1088
3.7. Среднеазиатский пояс.....	11010
3.8. Западно-Европейский пояс.....	112
3.9. Норвежско-Аппалачский пояс.....	118
3.10. Атласский пояс.....	120
3.11. Кам-Юньанский пояс.....	122
3.12. Восточно-Австралийский пояс.....	122
3.13. Главные черты металлогении складчатых подвижных поясов.....	124
4. МЕТАЛЛОГЕНИЯ АКТИВИЗИРОВАННЫХ ЗОН.....	125
4.1. Металлогения активизированных участков щитов и их платформ.....	125
4.2. Металлогения активизированных срединных массивов.....	130
4.3. Металлогения активизированных областей с завершённой складчатостью.....	133
4.4. Общие черты металлогении областей активизации.....	134
СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....	135

## **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. В конце XIX века Л. Дэ Лонэ и Лакруа ввели понятие о металлогенических провинциях и эпохах. В начале XX века Л. Дэ Лонэ издает ряд работ: «Трактат о металлогении» (1913), «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».

В истории развития металлогении достаточно отчетливо можно различать три периода (Металлогения, 2005): начальный (до 1930 г.), период региональных исследований (1930-1970 г.г.) и современный (1970 – ныне).

В начальный период металлогенические исследования проводились отдельными учеными. В.А.Обручев провел исследования металлогении Сибири, особенно ее золоторудных провинций, А.Е.Ферсман впервые выделил Монголо-Охотский рудный пояс. В США В. Эммонс, В. Линдгрэн и др. составили обзорные карты месторождений полезных ископаемых на тектонической основе; к этому же периоду относятся работы геологов Японии (Като и др.). Работы с составлением специальных металлогенических карт относятся к первой четверти XX века.

Второй период отмечен важными региональными исследованиями, 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.

В становлении металлогении большую роль 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 решающая роль отводится литолого-стратиграфическим и палеогеографическим факторам.

Первый учебный курс по металлогении начал читать профессор В.Н.Зверев в 1939 году для студентов Ленинградского горного института. По сведению И.Г. Магакьяна лекции носили описательный характер, без раскрытия причин металлогенической специализации регионов, поскольку не имели еще достаточно разработанной научной основы. С 1950 года начал читать курс «Металлогенические провинции и эпохи» в Ленинградском университете академик Ю.А.Билибин. После значительного перерыва курс был заново составлен В.С. Домаревым и читался им более десяти лет, затем был передан профессору Б.К.Львову.

С 1957 года факультативно читал курс «Основы металлогении материков» И.Г.Магакьян в Ленинградском горном институте, с 1963 года начал читать «Краткий курс металлогении» С.А.Вахромеев в Иркутском политехническом институте.

На геологическом факультете Воронежского госуниверситета лекционный спецкурс «Металлогения» впервые был прочитан в 1965 году профессором Н.А.Плаксенко, затем

расширен доцентом Б.И.Благонадеждиным. В спецкурсе содержалось четыре раздела – «региональная металлогения», «металлогения рудных районов», «критерии связи оруде- нения с магматизмом» и раздел «новая глобальная тектоника и металлогения».

В современный период в структуре металлогении произошло формирование само- стоятельных разделов. По предметам и методам исследования различаются разделы: об- щая - теоретическая металлогения, историческая металлогения, региональная металлоге- ния, металлогения рудных узлов и районов, металлогения отдельных металлов.

Предметом исследования общей металлогении являются общие вопросы рудообра- зования(Абрамович, 2010) – установление связи процессов рудообразования с геологиче- скими (эндогенными и экзогенными) процессами, геодинамикой формирования и эволю- ции состояния земной коры на различных этапах геологической истории Земли

В случаях изучения закономерностей распределения не только металлических, но и неметаллических полезных ископаемых, рекомендовано использовать термин «**минера- гения**».

Курс «Региональная металлогения», читаемый на геологическом факультете ВГУ студентам старших курсов дневного и заочного отделений, ориентирован на задачу освое- ния знаний о современном состоянием металлогении, получить общие сведения о закон- номерностях распределения полезных ископаемых в пределах региональных структур и геодинамических обстановок континентов с более детальным освещением вопросов реги- ональной металлогении России.

## **1.2. Объекты металлогенического анализа**

Объектами металлогенического анализа являются разномасштабные участки земной коры – от планетарных металлогенических поясов до отдельных месторождений опреде- ленного вида полезного ископаемого. В целях унификации терминологии, особенно по- лезной в прикладной металлогении, Л.Н.Овчинников (Овчинников, 1992), взяв за основу систематику Д.В.Рундквиста (Рундквист, 1981), предложил следующую систематику ме- таллогенических объектов (табл.1).

Предметом исследований региональной металлогении являются конкретные законо- мерности размещения полезных ископаемых в первых пяти классах металлогенических объектов – в глобальных, региональных металлогенических поясах и провинциях, метал- логенических областях и зонах, границы которых определяются по результатам струк- турно-тектонического и структурно-вещественного анализа территорий.

Соизмеримость металлогенических классов со структурно-тектоническими и струк- турно-вещественными подразделениями (по Рундквисту, 1981) приведена в таблице 2.

Таблица 1

Класс	Объекты металлогенических исследований	Площадь, км <sup>2</sup>	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

Металлогеническая провинция - часть земной коры в пределах щитов и платформ или возникшая на месте складчатых областей. Названия провинций обычно географические (например, Забайкальская золото-молибден-вольфрамовая, Воронежская никеленосная и т.п.).

Предметом локальной металлогении являются объекты VI - X классов. На этом уровне основное внимание уделяется изучению вопросов структурного контроля в размещении полезных ископаемых в пределах рудных полей, узлов и районов.

**Соизмеримость металлогенических классов со структурно-тектоническими  
и структурно-вещественными подразделениями (по Рундквисту, 1981)**

Таблица 2.

Металлогенические классы		Структурно-тектонические подразделения		Структурно-вещественные подразделения
		в плане	в разрезе	
I	Планетарный металлогенический пояс	Планетарный тектонический пояс	Литосфера, астеносфера	Оболочки литосферы
II	Металлогенический пояс, провинция	Складчатый подвижной пояс, провинция	Земная кора	Слои земной коры
III	Металлогеническая область, система	Складчатая система, область	Структурный этаж	Парагенезы формационных комплексов
IV	Структурно-металлогеническая зона	Структурно-формационная зона	Структурный ярус для стратифицированных зон, до глубины распространения рудоносного комплекса.	Парагенез формаций
V	Металлогеническая зона, блок	Формационная зона	Структурный подъярус, свита, до глубины распространения рудоносных формаций.	Геологическая формация
VI	Рудная зона, район	Зона развития рудоносных пород и руд	До глубины распространения рудоносных пород и руд	Породы и руды, минеральные парагенезисы
VII	Рудный узел			
VIII	Рудное поле			

### 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 (Овчинников, 1988) даже суммарные учтенные запасы металлов всех известных месторождений составляют ничтожную часть массы первых двух километров земной коры континентов ( $2,5/10^9$ ). Масштабы накопления любого из металлов (ресурсы и запасы) в общем случае определя-

ются степенью распространенности – кларком каждого из них в земной коре (табл. 3, рис.1) .

**Кларки в земной коре и кларки концентраций химических элементов  
в промышленных месторождениях полезных ископаемых**

Таблица 3

п/п	№	Элемент	Кларк в земн. коре	Кондиции руд в %	Кларк концентрации
1	3	<b>Li</b> Литий	<b>25 г/г (0,0025%)</b>	<b>0,33</b>	<b>130</b>
2	4	<b>Be</b> Бериллий	<b>2 г/г</b>	<b>70 г/т</b>	<b>35</b>
3	5	<b>B</b> Бор	<b>9 г/г</b>	<b>0.16</b>	<b>180</b>
4	13	<b>Al</b> Алюминий	<b>8,07%</b>	<b>30</b>	<b>3,7</b>
5	15	<b>P</b> Фосфор	<b>0,1%</b>	<b>1,3</b>	<b>130</b>
6	16	<b>S</b> Сера	<b>0,033%</b>	<b>7</b>	<b>212</b>
7	22	<b>Ti</b> Титан	<b>0,53%</b>	<b>30 (TiO<sub>2</sub>)</b>	<b>60</b>
8	23	<b>V</b> Ванадий	<b>12 г/г</b>	<b>0,5 (V<sub>2</sub>O<sub>2</sub>)</b>	<b>200</b>
9	24	<b>Cr</b> Хром	<b>93 г/г</b>	<b>7-30</b>	<b>750-1200</b>
10	25	<b>Mn</b> Марганец	<b>900 г/г</b>	<b>5-35</b>	<b>55-350</b>
11	26	<b>Fe</b> Железо	<b>5,3 %</b>	<b>25-60</b>	<b>5-10</b>
12	27	<b>Co</b> Кобальт	<b>23 г/г</b>	<b>0,02</b>	<b>9</b>
13	28	<b>Ni</b> Никель	<b>70 г/г</b>	<b>0,5-1,0</b>	<b>200</b>
14	29	<b>Cu</b> Медь	<b>53 г/г</b>	<b>0,5-2,0</b>	<b>200</b>
15	30	<b>Zn</b> Цинк	<b>68 г/г</b>	<b>0,7-3,5</b>	<b>100-500</b>
16	40	<b>Zr</b> Циркон	<b>185 г/г</b>	<b>2</b>	<b>125</b>
17	41	<b>Nb</b> Ниобий	<b>21 г/г</b>	<b>0,14</b>	<b>65</b>
18	42	<b>Mo</b> Молибден	<b>1,2 г/г</b>	<b>0,08-0,3</b>	<b>3000</b>
19	47	<b>Ag</b> Серебро	<b>0,073 г/г</b>	<b>0,05</b>	<b>5000-7000</b>
20	50	<b>Sn</b> Олово	<b>2,3 г/г</b>	<b>0,1-1,0</b>	<b>250</b>
21	51	<b>Sb</b> Сурьма	<b>0,3 г/г</b>	<b>0,2</b>	<b>6000</b>
22	55	<b>Cs</b> Цезий	<b>5 г/г</b>	<b>0,1</b>	<b>230</b>
23	56	<b>Ba</b> Барий	<b>470 г/г</b>	<b>9,0</b>	<b>190</b>
24	74	<b>W</b> Вольфрам	<b>1,4 г/г</b>	<b>0,4-1,0</b>	<b>6500</b>
25	75	<b>Re</b> Рений	<b>0,7 мг/г</b>	<b>0,3 (в молибдените)</b>	<b>&gt;500</b>
26	78	<b>Pt</b> Платина	<b>0,0057 г/г</b>	<b>2 г/т</b>	<b>350</b>
27	79	<b>Au</b> Золото	<b>0,0035 г/г</b>	<b>5-10 г/т</b>	<b>1000-2000</b>
28	80	<b>Hg</b> Ртуть	<b>0,072 г/г</b>	<b>0,05</b>	<b>6000</b>
29	82	<b>Pb</b> Свинец	<b>13 г/г</b>	<b>0,3-2,5</b>	<b>230-2000</b>
30	92	<b>U</b> Уран	<b>2,6 г/г</b>	<b>0,15</b>	<b>500</b>

**Примечания:** Кларк концентрации определяется отношением кондиционного содержания металла в руде к его кларку в земной коре. Содержание 1 г/т = 0,0001% металла.

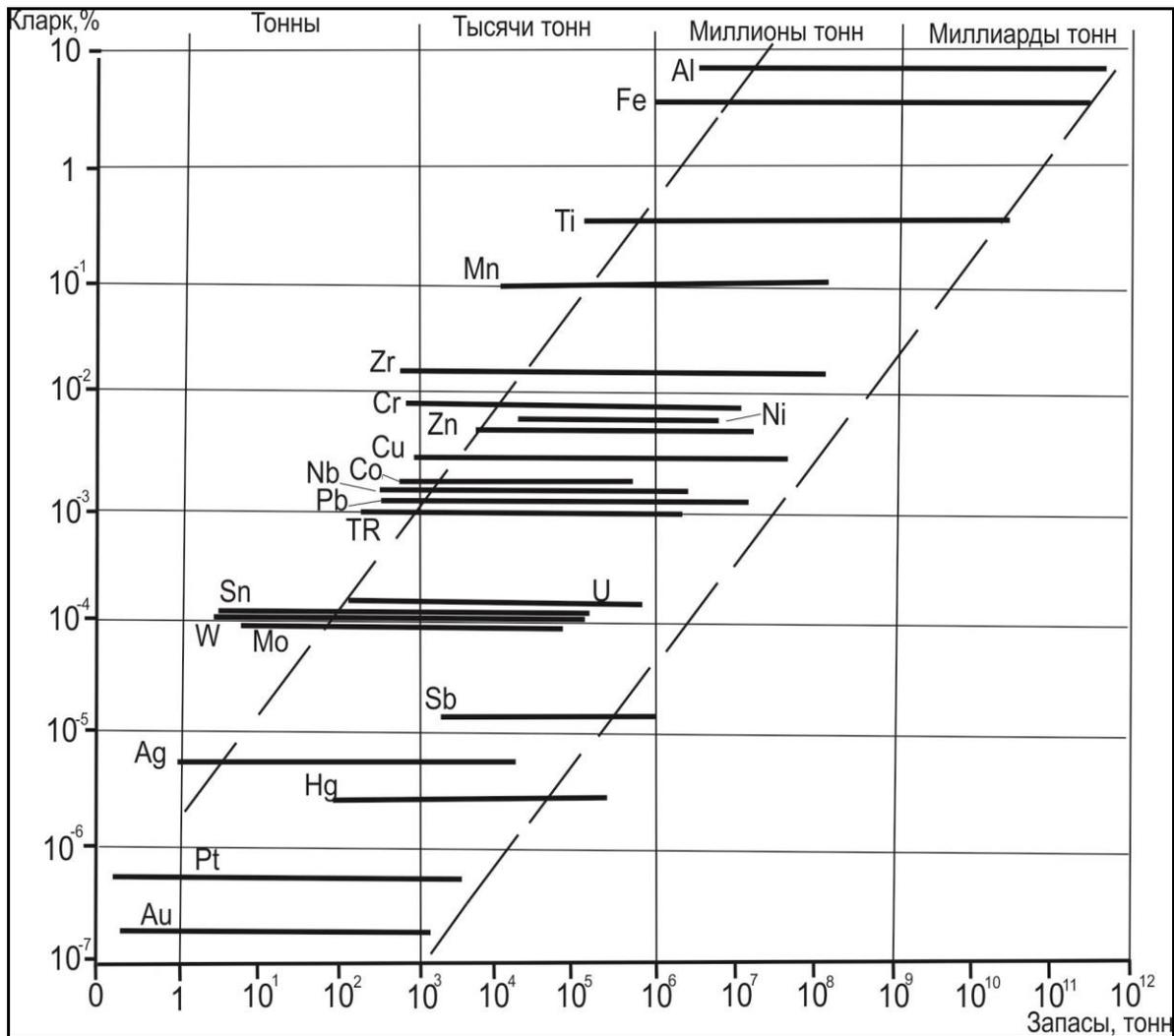


Рис.1. Зависимость максимальных и минимальных запасов промышленных месторождений различных металлов от кларка земной коры (по Л.Н. Овчинникову)

Важно заметить, что установленная зависимость проявляется не только в суммарном выражении и в глобальных масштабах, но прослеживается и при распределении металлов по металлогеническим единицам различных рангов – провинций, областей, зон, блоков, металлогенических формаций.

#### 1.4. Размеры площадей рудных объектов.

Объемы, горизонтальные сечения и запасы месторождений металлов связаны между собой. Все эти параметры, в первом приближении, зависят от кларка. Площади месторождений в среднем на порядок меньше площадей рудных полей, но разброс их значений весьма значителен, например, размеры площадей уральских колчеданных месторождений от 0,02 до 6,5 км<sup>2</sup>, составляя в среднем 0,74 км<sup>2</sup>. Средние площади жильных тел колеблются от 29 м<sup>2</sup> до 2700 м<sup>2</sup>, т. е. в диапазоне двух порядков.

Площади рудных полей по размерам также разнообразны - от единиц квадратных километров до 20 км<sup>2</sup>, в отдельных случаях достигая нескольких десятков км<sup>2</sup>. Подробнее этот вопрос рассмотрен Л.Н.Овчинниковым (Овчинников, 1992).

Для металлогенического анализа и прогноза ресурсов полезных ископаемых важно учитывать размеры площадей и объемов рудоносных геологических формаций, а также размеры окolorудных зон метасоматических проявлений (окварцевания, пропилитизации, березитизации и др.).

### **1.5. Формационные основы металлогенического анализа**

Специальных, особых рудообразующих процессов не существует. Как побочный продукт, месторождения сопутствуют определенным продуктам породообразующих геологических процессов – геологическим формациям. Поэтому формационный метод в настоящее время признан одним из наиболее действенных и эффективных методов металлогенического анализа и прогнозирования полезных ископаемых. Формационный анализ сводится к выявлению связи геологических, метасоматических и рудных формаций в пространстве и времени (Львов, 1997). 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» (Геологический словарь, 2010). В геологическую формацию объединяются естественные сообщества горных пород (геологические тела), обладающие пространственно-временной общностью при близости обстановок возникновения и формирования на отдельных отрезках однотипного становления земной коры.

В Металлогеническом кодексе России (2012) принято разделение геологических формаций по породообразующим процессам на седиментогенные, вулканогенные, плутоногенные, метаморфогенные и кор выветривания.

**Рудоносная геологическая формация** - закономерная пространственная связь различных генетических и минеральных типов рудных месторождений с определенными комплексами горных пород - геологическими формациями.

**Рудная формация** - группа месторождений со сходными по составу минеральными ассоциациями, образованными в сходных физико-химических и геологических условиях (Билибина и др., 1976). Рудная формация представляет собой парагенезис рудных образо-

ваний определенного генезиса, которые отражают наиболее характерные черты данной группы месторождений.

Рудная формация является основной классификационной единицей при мелко- и среднемасштабных прогнозно-металлогенических исследованиях. Наименования рудных формаций, по сложившейся традиции, могут состоять из названий рудных элементов (например, золото-серебряная), в том числе и второстепенных (свинцово-цинковая серебросодержащая); минералов (барит-сидеритовая); комбинаций элементов и минералов (барит-свинцово-цинковая); названий пород (бокситовая) или сырья (камнесамоцветная); сочетаний полезного компонента и породы (алмазоносных кимберлитов). Перечисление элементов или минералов в наименовании рудной формации производится от менее к более распространенному. В наименование рудной формации вводится обобщенная характеристика рудовмещающих пород (карбонатная, пегматитовая, скарновая, терригенно-кремнистая, аргиллизитовая и пр.) и информация о структурных условиях рудонакопления и/или характере залегания (стратиформная, жильная). (Металлогенический кодекс, 2012).

**Метасоматическая (гидротермально-метасоматическая) формация** - устойчиво повторяющаяся совокупность метасоматических пород, закономерно располагающихся в пространстве и развивающихся в ходе однонаправленного процесса гидротермального преобразования пород (Металлогенический кодекс, 2012).

Гидротермально-метасоматические формации разделены на группы в зависимости от глубинности магматических пород, с которыми они сопряжены пространственно и генетически:

- сопряженные со стратифицированными вулканогенными толщами, близповерхностными интрузивами и интрузивами малых глубин (формации аргиллизитов, вторичных кварцитов и пропилитов);

- сопряженные с дайками и небольшими интрузивами средних глубин (формации березитов, гумбеитов, листовенитов, турмалино-хлоритовых метасоматитов);

- сопряженные с плутонитами средних и больших глубин (формации грейзенов, карбонатитов, серпентинитов, скарнов, уралитов, фельдшпатоли-тов, фенитов).

Ряд исследователей большое рудогенерирующее значение придает метасоматическим процессам заключительных этапов регионального метаморфизма и ультраметаморфизма (Белевцев, 1979, 1990; Буряк, 1982), и др.

Для рудных месторождений и месторождений некоторых неметаллов наиболее характерны метасоматиты следующих формаций: аргиллизитов, березитов, вторичных кварци-

тов, грейзенов, гумбеитов, лиственитов, пропицитов, серпентинитов, скарнов, турмалин-хлоритовых образований, уралитов, фельдшпатолитов, фенитов, эйситов. По геохимической характеристике метасоматических процессов различаются метасоматиты: кислотно-выщелачивания (пропилиты, березиты, грейзены, вторичные кварциты и др.); щелочного метасоматоза (альбититы, фениты, эйситы и др.); магнизиально-щелочного метасоматоза (скарны, уралиты, карбонатиты и др.) (Метасоматизм и метасоматические породы, 1998).

**Металлогеническая формация.** По первому определению Л.Н.Овчинникова металлогеническая формация - закономерное сочетание рудоносных геологических формаций с рудными формациями (Овчинников, 1992). Согласно Металлогеническому кодексу металлогеническая формация состоит из триады: геологическая формация (либо их сочетание) - метасоматическая формация - рудная формация (либо ассоциация формаций).

Приведем рекомендуемые названия важнейших металлогенических формаций магматической, осадочной и метаморфической серий

### **1. Магматическая серия металлогенических формаций.**

*Группа ультрамафитовых формаций:* 1- хромитоносная дунит – перидотитовая;

2 – хромитоносная (платино - титаноносная) гарцбургит-ортопироксенит-норитовая (расслоенных интрузий). 3. Медь-никеленосная гарцбургит-ортопироксенит-норитовая. 4. Медь-никеленосная габбро-верлитовая. 5. Редкометальная щелочно-ультрамафит-карбонатитовая. 5. Алмазонасная кимберлитовая

*Группа мафитовых формаций:* 6. Медь-никеленосная оливин-габбровая. 7. Титаноносная анортозитовая. 8. Титаноносная габбро-анортозитовая. 9. Титаноносная сиенит-габбровая. 10. Железоносная габбро-гранитная. 11. Колчеданоносная базальт-риолитовая.

*Группа гранитоидных формаций:* 12 – редкометально-гранитная. 13 – редкометально-пегматитовая. 14 – олово-вольфрамоносная скарновая гранитная. 15 - олово-вольфрамоносная гранитная. 16 - Молибденомеденосная порфирировая. 17 – молибден-вольфрамовая скарновая гранитная. 18 – вольфрам-молибденоносная грейзеновая. 19 – олово-вольфрамоносная кварцево-жильная гранитная. 20 – молибдено-вольфрамоносная кварцево-жильная гранитная. 21 – свинцово-цинковая скарновая гранитоидная. 22 – свинцово-цинковая жильная гранитоидная. 23 – золото-кварцевая жильная гранитоидная. 24 – золото-сереброносная вулканогенная. 25 – комплексная ураноносная гранитоидная.

**2. Осадочная серия металлогенических формаций:** 1. – железоносная прибрежно-морская (Керченский тип); 2. – марганценосная прибрежно-морская (Никопольский тип); 3. – формация медистых песчаников (Джезказганский тип); 4. – свинцово-цинконосная

карбонатная; 5. – металлоносная черносланцевая (субформации: 5.1. -медистых сланцев, 5.2. - медно-цинково-свинцовых сланцев, 5.3. - ванадиеносных сланцев, 5.4. - литиеносных сланцев и др.).

**Метаморфическая серия металлогенических формаций:** 1. – формация железистых кварцитов. 2. –золото-ураноносных конгломератов. 3. – гондитовая марганценосная. 4. - черносланцевая золото-платиноносная. 5 - черносланцевая свинцово-цинковая. 6. – сланцево-карбонатная свинец-цинконосная. 6 - формация медистых метапесчаников (Удоканский тип).

Вышеперечисленными формациями далеко не исчерпывается минерагеническая значимость метаморфических и метаморфизованных формаций. В таблице 4 приведены наиболее распространенные в раннем докембрии Восточно-Европейской и Сибирской платформ России потенциально рудоносные (несущие аутигенную рудную минерализацию) формации.

#### Потенциально рудоносные метаморфические формации раннего докембрия

Таблица 4

Формация	Характерный состав пород	Рудоносность аутигенная
<b>Собственно метаморфические (нестратифицируемые) формации</b>		
<b>Апобазит-гранулитовая (формация основных гранулитов)</b>	Гиперстенновые, дупироксеновые плагиогнейсы и кристаллические сланцы, биотит-гиперстенновые гнейсы, эвлизиты.	Fe (эвлизиты) Керамические пегматиты
<b>Формация глиноземистых гнейсов (или «кислых» гранулитов)</b>	Гиперстен-гранатовые плагиогнейсы, гранат-биотитовые, силлиманит-кордиеритовые, гиперстен-гранатовые глиноземистые гнейсы	Глиноземистое сырье Графит Пегматиты
<b>Кальцифир - гнейсовая</b>	Диопсидвые «сланцы», мраморы, кальцифиры, диопсид-амфиболовые плагиосланцы, амфиболовые, биотит-амфиболовые гнейсы, дупироксеновые, скаполитовые гнейсы	Флогопит Графит
<b>Тоналит-грондьемит-гнейсовая (формация "серых гнейсов" или "ТТГ")</b>	Плагиогнейсы («серые гнейсы») биотитовые, амфибол-биотитовые, тоналит-грондьемит-гранодиоритовые гнейсы, мигматизированные гнейсы с мафическими включениями.	Пегматиты
<b>Чарнокит-мигматитовая</b>	Чарнокиты и чарнокитизированные и эндербитизированные гнейсы, гранат-гиперстенновые плагиогнейсы, кислые до средних гиперстен содержащие мигматиты.	Редкоземельные пегматиты, рутил
<b>Метагаббро-анортозитовая</b>	Метаморфизованные анортозиты, габброиды	Титано-магнетитовые руды
<b>Гранит-мигматитовая</b>	Мигматит-граниты дуполевошпатовые, мигматизированные гнейсы, мигматиты гранитоидного состава	Редкометалльные пегматиты

<b>Железисто-кремнисто-гнейсовая</b>	Гнейсы биотитовые, биотит-амфиболовые, глиноземистые, железистые кварциты оленегорского типа, амфиболиты	Магнетитовые кварциты
<b>Метаультрабазит-амфиболитовая</b>	Ортоамфиболиты, метакоматииты, амфибол-магнетитовые кварциты, реже метадациты, метариолиты, метаконгломераты	Магнетитовые кварциты, золото
<b>Апобазит-гнейсовая</b>	Плагиогнейсы биотитовые и амфиболовые, кристаллические сланцы по основным и средним вулканитам.	Магнетитовые кварциты
<b>Высокоглиноземистых сланцев и метакварцито-песчаников</b>	Сланцы кианитовые, гранат-канит-ставролитовые, графитсодержащие, кварцитопесчаники, метапесчаники аркозовые, метаконгломераты.	Глиноземистое сырье Графит
<b>Графит-гнейсовая</b>	Гнейсы биотитовые, гранат-биотитовые, мусковит-биотитовые, силлиманит-кордиеритовые графитовые с редкими телами амфиболитов	Графит Силлиманит
<b>Метаморфизованные (стратифицируемые) формации</b>		
<b>Углеродисто-сланцево-метапсаммитовая</b>	Сланцы биотитовые, филлиты углеродистые, графитовые сланцы, метапесчаники и метаалевролиты биотитовые, андалузитовые, гранат-биотитовые.	Графит, золото, полиметаллы
<b>Карбонатно-черносланцевая</b>	Сланцы, тремолит-актинолитовые., известняки кристаллические, сланцы кварц-графитовые, филлитовидные, двуслюдяные.	Графит, золото, платиноиды, полиметаллы, марганец
<b>Сланцево-карбонатная полиметаллическая</b>	Доломитовые кристаллические известняки, мраморизованные известняки, филлитовидные сланцы	Полиметаллы, строительные материалы
<b>Метапикрит-ортосланцевая</b>	Метапикробазальты, микроамфиболиты, амфиболовые ортосланцы, метадациты, метариолиты, прослой углеродистых сланцев	Золото, колчеданы
<b>Железисто-кремнисто-сланцевая</b>	Полосчатые железистые кварциты магнетитовые, куммингтонит-магнетитовые, карбонат-магнетитовые, эгириновые, щелочно-амфиболовые кварциты, слюдяные сланцы, метапесчаники, метаконгломераты.	Железные руды, золото
<b>Шунгит-черносланцевая</b>	Метапелиты шунгитовые, углеродистые, метапесчаники, метадоломиты, метавулканиты основного состава.	Шунгит, ванадиевые руды
<b>Медистых метапесчаников</b>	Метапесчаники, углеродистые сланцы, пестроцветные метакарбонат-метаалеворпесчаниковые образования	Медь, кобальт, золото

Металлогенические формации, как и слагающие их геологические и рудные формации, образуют генетические ряды с закономерными связями в пространстве и времени.

Вместе с тем они могут делиться на субформации, последние в свою очередь могут содержать не одну, а несколько рудных формаций.

Связь рудных формаций с геологическими может быть прямая - генетическая, менее определенная – пространственная.

### **1.6. Геохронологические закономерности рудогенеза (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.И.Смирнов (1984) предложил выделять шесть периодов формирования рудных месторождений. В каждом периоде возможно выделение определенных металлогенических этапов (эпох по И.Г. Магакьяну). Под **металлогеническим этапом** понимается отрезок геологического времени, в течение которого развивается специфический комплекс месторождений полезных ископаемых. Обычно металлогенические периоды, и этапы (эпохи) совпадают с крупными периодами и этапами складчатости и магматизма.

**I. Лунный период** и отвечающий ему **гренландский этап** (4,7 - 3,6 млрд. лет назад) характеризует зарождение земной коры лунного типа.

В катархее (хадее, 4700–4000 млн. лет) условно выделяется группа тектонических (геодинамических) обстановок доплитно-тектонического развития Земли. На этом этапе формирование планеты осуществлялось вначале путем весьма короткой (несколько десятков миллионов лет) аккреции планетеземалей, а затем более длительным (с выделением тепла) процессом гравитационной дифференциации аккрецированного материала на оболочки: ядро, преимущественно железное, с примесью никеля и силикатную мантию с тонкой твердой оболочкой. В конце катархей - начале эоархей в условиях продолжающейся метеоритной бомбардировки оболочка пробивалась крупными метеоритами с образованием гигантских астроблем - нуклеаров, заполнявшихся мантийными базальтами и обломочными отложениями.

Эоархейскому (4000–3600 млн. лет) – собственно гренландскому этапу развития Земли свойственны группы тектонических (геодинамических) обстановок формирования структурно-вещественных комплексов. В это время происходило образование древнейшей континентальной коры, сложенной в основном гранито-гнейсами тоналитового состава («серыми гнейсами»), мафической коры океанического типа, а также накопление древнейших морских осадочных отложений (серия Исуа юго-западной Гренландии) с возрастом 3800–3700 млн. лет. По мнению В.И.Смирнова в этот период еще не возникли условия для образования рудных месторождений.

**II. Нуклеарный период** и соответствующий ему **кольский** (саамский, трансваальский) **этап** (3,6 - 2,8 млрд. л.) знаменуют появление наиболее ранних магматогенных рудных месторождений. Различают две группы месторождений – базальтоидную, связанную с зеленокаменными поясами и гранитоидную, ассоциирующую с гранито-гнейсовыми куполами. К гранитоидной группе относятся древнейшие метаморфогенные мусковитовые (Сибирская платформа) и редкометальные пегматиты (Западная Австралия, Бразилия, Африка) с возрастом 3500 – 2600 млн. лет. К базальтоидной группе принадлежат колчеданные месторождения, ликвационные медно-никелевые месторождения Кольского полуострова (Мончетундра с возрастом 3,0 млрд. лет), Австралии (Камбалда) и Родезии; месторождения хромита в анортозитах Гренландии, Южной Африки, Индии; многочисленных метаморфогенных руд золота в зеленокаменных поясах Австралии (Калгурли и др.), Индии (Колар), Канады (Поркьюпайн и др.), Бразилии. Известные древнейшие железистые кварциты месторождения Исуа в Гренландии, Абитиби в Канаде, ряд исследователей также относит к нуклеарному периоду. Нуклеары, в данном случае - гигантские синформы, образованные падением крупных метеоритов, в последующем заполненные мантийными базальтами и осадочными отложениями.

**III. Протогеосинклинальный период (2,8 – 1,8 млрд. л.)** содержит два этапа – **беломорский и карельский**.

**Беломорский** - (2,8-2,3 млрд. лет - кеноренский, родезийский) этап по Л.Н.Овчинникову отвечает времени зарождения древних складчатых поясов - протогеосинклиналей, разделяющих протоплатформы. В протогеосинклинальных (зеленокаменных) поясах с ранним - базальтоидным магматизмом связаны небольшие месторождения хромитов (ЮАР), титано-магнетитовых руд (Финляндия), небольшие колчеданные месторождения в Северной Америке. С гранитоидным магматизмом связаны керамические пегматиты Карелии, редкометальные пегматиты Канады, Южной Африки, Мадагаскара, Западной Австралии, Индии, железорудные скарны Алданского щита с возрастом 2,6-2,4 млрд. лет. В пределах протоплатформ начинают зарождаться месторождения в связи с тектоно-магматической активизацией (хромиты среди дунитов Великой Дайки в Зимбабве, медно-никелевые руды в поясе ультрабазитов Томсон Белт, Канада. Формируются уникальные месторождения формации золото-урановых конгломератов (Витватерсранд, ЮАР, Блайнд Ривер, Канада).

**Карельский** - (2,3-1,8 млрд. л. - свекофенский, гудзонский) этап отличается наиболее мощными в истории Земли процессами рудообразования. На обособившихся к тому времени древних платформах сформировались уникальные по запасам месторождения железистых кварцитов (КМА, Кривой Рог – Восточно-Европейская платформа, Гурон –

Северо-Американская платформа, Хаммерсли в Австралии и др.), месторождений марганца гондитовой формации (Индия, Гвианский щит и др.), золота и платиноидов черносланцевой формации. В протогоеосинклиналях с базальтоидами связаны крупнейшие полиметаллические колчеданные месторождения Австралии (Броккен Хилл, Маунт Айза – 1700 млн. лет), Швеции (Болиден), Финляндии (Оутукумпа и др.), Северной Америки, Карелии.

С позиций геодинамики литосферных плит выделяются (с определенными допущениями) следующие группы тектонических (геодинамических) протообстановок карельского этапа: платформенная, локального континентального внутриплитового магматизма, континентальнорифтовая, траппового магматизма, пассивноокраинная, океанического рифта, океанического плато, океанического острова, островодужная, глубоководного задугового бассейна, активноокраинная, аккреционная и коллизионная. Каждая из них характеризуется определенным набором геологических формаций и полезных ископаемых.

**IV. 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 (Смирнов, 1982; Овчинников, 1992). На платформах формируются экзогенные месторождения, связанные с разрушением гранитоидных выступов и накоплением продуктов их разрушения в прилегающих впадинах. Среди них: крупные месторождения урановых руд Австралии (Джабилука, Ранжер и др.); медно-кобальтовые, урановые и свинцово-цинковые стратиформные месторождения в терригенных породах Африки (Катангской системы рудного пояса Замбии – Заира) с возрастом 1500 млн.лет. Позднее эти месторождения неоднократно трансформировались с образованием повторных, иногда эпигенетических залежей, возраст которых определяется 840 – 520 млн. лет.

**V. Геосинклинальный, или неогееосинклинальный период** – 1500 – 100 млн лет.

В рамках этого периода выделяют пять этапов:

1. **Гренвильский** (раннебайкальский) этап – 1500 – 1000 млн лет. Преобладал ранний базальтоидный магматизм, преимущественно вулканиты. С ними связаны: 1) редкие колчеданные и колчеданно-полиметаллические месторождения типа Сулливан в Канаде; 2) редкометальный щелочной комплекс Илимауссах в Гренландии.

2. **Байкальский** (ассинтский, кадилский) этап – 1000 – 600 млн. лет. Зрелое геосинклинальное развитие. Самостоятельные геосинклинали байкальского этапа сосредоточены вдоль окраин Восточно-Европейской, Сибирской, Индийской, Африканской и Австралийской платформ, внутри платформ в Тимано-Печерской области. Выделяют две

группы эндогенных месторождений. Ранняя группа связана с базальтоидным магматизмом, а также с базальт-риолитовыми формациями. В первом случае возникли титано-магнетитовые руды Норвегии (Егерзунд), Канады (Лауренс Ривер), по-видимому, Куса на Урале, во втором – полимталлические месторождения Северной Америки, Сибири (Холодненское, Горевское). Поздняя группа ассоциирована с гранитоидами. Это – пегматиты и грейзены с W, Sn, Ta, Nb, Li (Африка - Уганда, ЮАР; Индия, Австралия).

Из платформенных эндогенных месторождений этого этапа известна стратиформная свинцово-цинковая минерализация в карбонатных толщах Северной Канады.

**3. Каледонский** этап – 600 – 400 млн. лет завершил геосинклинальное развитие в областях самостоятельной каледонской складчатости (Алтае – Саянская область, Прибрежная область в Норвегии и Великобритании) и предшествовал последующим геосинклинальным режимам в других областях. Характерны интенсивная ранняя стадия геосинклинального цикла, слабая орогенная тектоника и магматизм поздней стадии:

1) с кислыми производными базальтоидного магматизма связаны железо-скарновые месторождения Алтае-Саянской области;

2) в связи с вулканизмом широкое развитие получили колчеданно-полиметаллические месторождения, расположенные в Норвегии (Фосен), Швеции (Стекенек), Испании (Рио-Тинто), Бирме (Бодвин), Австралии, Туве, Южном Прибайкалье (Озерное);

3) с гранитами ассоциируют незначительные проявления редкометальных пегматитов, альбититов и грейзенов Алтае-Саянской области, медно-порфировые месторождения Казахстана, гидротермальные месторождения золота – Великобритания (Должеллад), гидротермальные полиметаллические месторождения – Херлих в Великобритании.

Из платформенных образований представляют интерес: 1) железо – редкометальные карбонатиты Фен в Норвегии, 2) полиметаллическая минерализация Миссисипского бассейна.

**4. Герцинский** (варисский) этап – 400 – 250 млн. лет. Отмечается во всех палеозойских и более молодых складчатых системах. Наиболее показательны - крупнейший Урало-Монгольский пояс и герцинская складчатая область Западной Европы. Характерен обширный базальтоидный магматизм и рудообразование ранней стадии (Урал, Рудный Алтай и др.) и столь же обильный гранитоидный магматизм с рудными месторождениями поздней орогенной стадии (Центральный Казахстан, Средняя Азия и др.).

Рудные продукты этих стадий хорошо известны: производные базальтоидного магматизма – колчеданные, титаномагнетитовые, хромитовые и пр. Производные гранитоидного магматизма – полный спектр постмагматических месторождений различных генетиче-

ских групп и классов – редкометальные пегматиты, альбититы, грейзены, скарновые и гидротермальные.

На активизированных платформах на герцинском этапе возникают пояса щелочных пород с редкометальной минерализацией (Кольский полуостров и Норвегия); ликвационные сульфидные медно-никелевые месторождения (Норильское Сибирской платформы); алмазоносные кимберлиты Сибирской и Русской платформ; редкометальные карбонатиты Русской, Сибирской и Африканской платформ.

**5. Киммерийский** этап – (250 – 100 млн. лет) проявлен вдоль приплатформенных окраин Тихоокеанского и Средиземноморского глобальных поясов и примыкающих к ним ответвлений, например, в пределах Верхоянской складчатой области северо-востока России. Представлен этап орогенным гранитным магматизмом глубинных и приповерхностных фаций с постмагматическим формированием месторождением цветных (Sn, W, Mo, Cu, Pb, Zn), редких (Li, Cs, Be и др.) и благородных металлов (Au, Ag).

**VI. Рифтовый период** отвечает позднему - альпийскому этапу геологической истории (100 – 0 млн. лет). Характеризуется преобладающим развитием рифтовых систем. Металлогения этого периода ярче всего проявлена в зонах активизации древних платформ и областей завершённой складчатости, а также на континентах в третичных вулканических поясах. Характерно мощное развитие разломной тектоники в зонах активизации молодых и древних платформ. Для альпийских складчатых поясов типичен слабый базальтоидный магматизм с колчеданными месторождениями (Малый Кавказ, Кипр, Япония – возраст 50 – 30 млн. лет). С гранитоидами связаны медно-порфировые месторождения Западных Кордильер и Анд (США, Мексика, Перу, Чили), Филиппин; возраст 50 – 4 млн. лет.

Лучше всего металлогения разломной тектоники проявлялась в зонах активизации древних платформ и областей завершённой складчатости, а также в третичных континентальных вулканических поясах. Яркий пример – протяжённый пояс западного края Американской платформы в Скалистых горах, где расположены крупнейшие месторождения: медно-порфировые (Бингем и др.) и молибден-порфировые (Кляймакс и др.), метасоматические залежи свинцово-цинковых руд (Ледвиль и др.), золото-серебряные жилы (возраст 50 – 30 млн. лет). Следует отметить также молодые разломы на юге Сибири, в Восточном Китае, а на Африканской платформе - Восточно-Африканские рифтовые зоны с цепочками алмазоносных кимберлитов и редкометальных карбонатитов.

Вулканогенные пояса андезит-риолитового состава, расположенные вдоль крупных разломов, накладываются на края платформ и примыкающие области завершённой складчатости в пределах Тихоокеанского кольца и Средиземноморской (Альпийско-

Гималайской) складчатой области. С ними связаны юные гидротермальные вулканогенные месторождения золота, серебра, местами олова и вольфрама (например, Боливийский пояс) возрастом 60 – 20 млн. лет.

В истории геологического развития земной коры начальным стадиям всех металлогенических этапов соответствует базальтоидная металлогения, а конечным – гранитоидная. Базальтоидное рудообразование впервые в истории земной коры возникло на рубеже 3500 млн. лет, гранитоидное – 2500 млн. лет. В дальнейшем происходило закономерно повторяющееся чередование базальтоидного и гранитоидного рудообразования, позволяющее наметить основные металлогенические эпохи. Раз возникшие генетические группы и классы эндогенных рудных месторождений повторялись во всех последующих эпохах и существовали до конца предшествующей геологической истории. При качественной неизменности генетических групп месторождений во времени на ранних этапах количественно преобладал базальтоидный магматизм, а на поздних – гранитоидный. Соответственно менялось и соотношение месторождений, связанных с этими двумя различными процессами.

### **1. 7. Геотектонические обстановки размещения полезных ископаемых.**

Геотектонические (геодинамические) обстановки определяют характер и тип геологических процессов и соответствующий этим процессам тип оруденения, последующие изменения этого оруденения и его возможную сохранность. Разные геотектонические обстановки отличаются различным магматизмом, например, щелочные интрузии приурочены к внутриконтинентальным рифтовым зонам, трансформным разломам и горячим точкам. 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 (Основы металлогенического анализа..., 1995) четыре класса геотектонических обстановок, в каждом из которых различаются определенные типы (таблица 5).

Таблица 5

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 скучивания океанической коры	
3. Дивергентные границы плит, раздвижения земной коры (тафрогены)		3.1. Дно спрединговых окраинных морей	3.2. Срединно-океанические хребты (поднятия), подтипы медленного и быстрого спрединга
	3.3. Пассивные окраины континентов и микроконтинентов (атлантический тип) 3.4. Авлакогены (недоразвившиеся ветви рифтов) 3.5. Межконтинентальные рифты (красноморский тип)		
	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 публикациях (Металлогения геодинамических обстановок, 1995 и др.). Здесь остановимся лишь на наиболее важных аспектах металлогении 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 Кларифон-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 (Филиппины, 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. 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 расслоенных юрских интрузиях базитов и гипербазитов (Фритуан, Западная Африка).

Редкой, но важной в металлогеническом отношении является обстановка структур пул-апарт-бассейнов (т.е. растянутых в сторону, сдвига-раздвиг).

**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 (U, W, Sn, Mo), железорудного, содержащего крупные концентрации редких (Ta, Nb) и редкоземельных (La, Ce и др.) элементов. 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 (Металлогения геодинамических обстановок, 1995) выделяют несколько геодинамических обстановок, связанных со столкновением литосферных плит (табл. 2), в каждой из которых формируются определенные типы полезных ископаемых. В зонах скупивания океанической коры возможно накопление черносланцевых пород, обогащенных золотом и фольфрамом, а также урана (Шмерхау, Германия). Особенно показательны ртутные, сурьмяно-ртутные и сурьмяные стратиформные залежи в карбонатных породах и листовинитах (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 (Мороруб, Папуа-Новая Гвинея).

В зонах столкновения микроконтинента с континентом характерен кислый магматизм (вулканыты, 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 .

В зоне столкновения континентов гималайского типа рудообразование проявлено не столь значительно. К шовной зоне приурочены метаморфические месторождения магнетита, 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) агпайтовые (щелочные) граниты с гидротермальными месторождениями урана (Бокан-Маунтин, Аляска; Аппалачи);
- г) плюмазитовые (глиноземстые) и агпайтовые 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 прогрессирующего утонения континентальной коры проявление вулканизма становится типично океаническим базитовым. Геодинамические обстановки характеризуются определенным набором магматических и осадочных формаций с соответствующими месторождениями полезных ископаемых:

Магматические:

а) базиты и гипербазиты с месторождениями медно-никелевых, хромитовых руд (ранний протерозой: Великая Дайка, Зимбабве; Бушвельдский комплекс, ЮАР; Мамонский, Еланский комплексы, ВКМ; палеозой: Норильский рудный узел, Сибирь).

б) карбонатиты с магматическими и метасоматическими месторождениями апатита, пироклора, медно-урановых руд с редкометальной минерализацией, редкоземельных руд (Пилябара, 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 сапфиры 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 стратифицированными 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).

### **1.8. Структурно-тектонические условия размещения полезных ископаемых**

Из множества факторов рудоотложения важнейшими представляются структурно-тектонические. Их изучению и картированию в целях металлогенического анализа, особенно рудных узлов и районов, традиционно придается большое значение. Подробно этот вопрос рассматривается при изучении самостоятельного раздела - металлогении рудных узлов и районов. В настоящем пособии приведем лишь определения важнейших понятий и представления о структурно-тектонических условиях размещения полезных ископаемых по Л.Н.Овчинникову (Овчинников, 1992).

*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* – длительно живущая в течение одного или нескольких тектонических циклов ослабленная линейная зона. Ослабленные деструктивные зоны разломов 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 рассланцевания, дробления. Глубинные разломы пролегают на границах тектонических структур различных порядков, разделяя материки и океаны, линейные складчатые системы – подвижные пояса и платформы, структурно-формационные зоны, блоки и др. Они ограничивают ареалы распространения комплексов магматических пород, а также рудных районов. Участки пересечения глубинных разломов благоприятны для локализации рудных узлов и рудных полей.

*Геосинклинали* по Л.Н.Овчинникову 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 - **складчатые подвижные пояса**, 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 (Белоусов, Билибин, Магакьян, Смирнов, Кривцов, Овчинников и др.). Эти представления, основанные на анализе и синтезе огром-

ного фактического материала, накопленного за многие десятилетия исследований, не должны быть отвергнуты при появлении любой новой концепции. Для металлогенической специализации геосинклиналей наибольшее значение имеет сравнительная интенсивность магматизма ранней (мафической) и поздней (салической) 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 щитах, составляющих в ряде платформ значительные площади; сложен преимущественно докембрийскими метаморфическими горными породами с характерными месторождениями железных и марганцевых руд.

Верхний ярус – чехол платформы сложен осадочными формациями: песчано-глинистой, битуминозной, кварц-песчаной, карбонатной и др., в отдельных случаях слабо дислоцированными. 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.

Размещение рудных тел и месторождений контролируется локальными рудоносными структурами составляющие неотъемлимую часть общегеологических структур, развитых в земной коре.

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 име-

ют структуры, обуславливающие размещение в рудных телах участков богатых руд – рудных столбов.

Пострудные структуры характеризуют современный облик рудных залежей. Знание их необходимо 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.

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). 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 (Смирнов, 1989).

В развитии геосинклиналей наиболее отчетливо различаются три главные стадии – ранняя, средняя и поздняя, каждая из которых характеризуется своими особенностями магматизма, седиментогенеза, тектоники и металлогении (табл. 5).

Типоморфные месторождения главных стадий геосинклинального развития

Таблица 5.

Характерные породные формации	Характерные полезные ископаемые
<b>Ранняя стадия геосинклинального развития</b>	
Обломочная терригенная	Конгломераты, песчаники, глины
Карбонатная	Известняки, фосфориты, руды <b>Fe, Mn</b>
Шамозитовая	Силикатные руды <b>Fe, Mn</b>
Кремнистая	Убогие руды <b>Fe, Mn</b>
Битуминозная	Оксиды <b>U, V</b> , сульфиды <b>Cu, Zn, Mo, Fe</b>
Субмаринная вулканогенная (базальт-	колчеданные сульфидные <b>Cu, Zn, Pb, Au, Ag</b>

риолитовая)	
Перидотитовая	Магматические - <b>Cr, Os, Ir.</b>
Габбро-пироксенит-дунитовая	Магматические <b>Ti-Fe, Pt, Pd</b>
Плагиогранит-сиенитовая	Скарновые <b>Cu, Fe</b>
<b>Средняя стадия геосинклинального развития</b>	
Флишевая	Стройматериалы
Каустобиолитовая	Горючие сланцы
Гранодиоритовая	Скарновые <b>W</b> , гидротермальные <b>Au, Cu, Mo, Pb-Zn</b>
Гранитная	Пегматитовые <b>Li, Be, Ta, Nb, U</b> и др. Альбитит-грейзеновые <b>Sn, W, Mo, Li, Be, U, Zr, Ta, Nb</b>
<b>Поздняя стадия геосинклинального развития</b>	
Молласовая	Стройматериалы
Пестроцветная	Осадочно-инфильтрационные <b>V, U, Cu, Fe</b>
Соленосная	Эвапоритовые соли <b>Na, K, Mg</b> , гипс
Углеводородсодержащая	Уголь, газ, нефть
Малые интрузии разнообразного состава	Скарновые <b>W, Mo, B, Pb-Zn</b> и др. Плутоногенно-гидротермальные сульфидные
Наземная вулканогенная	Вулканогенно-гидротермальные <b>Au-Ag, Hg, Sb, S, Pb-Zn</b> и др/

**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.

Ранней стадии соответствует ряд характерных геологических формаций и сопутствующих месторождений полезных ископаемых: 1) формация субмаринных вулканогенных базальт-риолитовых пород, с которой ассоциируют колчеданные месторождения руд меди, свинца, цинка, а также оксидных руд железа и марганца; 2) формация ультраосновных пород (перидотитов) с магматическими месторождениями хромитов и элементов платиновой группы (осмий, иридий); 3) формация габбровых пород с магматиче-

скими месторождениями титаномагнетитовых руд и элементов платиновой группы (платина, палладий); 4) 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) шамозитовая 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 (соскладчатая или предорогенная)** стадия геосинклинального развития характеризуется сменой прогибания геосинклинального ложа его воздыманием, обычно в осевой части, в форме срединного поднятия с последующим разрастанием приподнятой области к периферии. В эту стадию формируются батолитовые массивы гранитоидов двух формаций – 1) формация умеренно кислых гранитоидов состава от габбро до гранодиоритов и гранитов, для которой типичны образования скарновых месторождений вольфрамовых руд, а также гидротермальных месторождений золота, меди, молибдена, иногда свинца и цинка; 2) формация нормальных и крайне кислых гранитоидов состава гранитов - аляскитов, для которой особенно устойчива ассоциация пегматитовых и альбитит-грейзеновых месторождений руд олова, вольфрама, молибдена, 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-песчаным 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-порфириров до гранит-порфириров и сиенит-порфириров. 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, углеводородосодержащая песчано-глинистая. Молассовая формация накапливается в предгорных прогибах, сложена пестроцветными песчано-конгломератовыми породами более грубозернистыми в верхних частях разреза. Пестроцветная формация представляет собой чередование плстов глин, песчаников и алевритов 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. Углеводородосодержащая песчано-глинистая формация может включать две субформации: 1) угленосную и 2) нефтеносную с битуминозными породами и газонефтяными месторождениями.

Следует заметить, что изложенная 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, 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**, в отличие от фикситских представлений сторонников концепции геосинклиналей, создана на мобилистских представлениях о постоянном перемещении литосферных плит, взаимодействие которых и определяет облик поверхности Земли. Представления о закономерностях размещения полезных ископаемых с позиций гипотезы тектоники литосферных плит впервые наиболее полно изложе-

ны в работе А.Митчела и М.Гарсона (Мтчел, Гарсон, 1984). По их мнению, геосинклинальную гипотезу можно легко примирить с гипотезой тектоники плит: последняя может объяснить то, чему не дает объяснения первая (Геодинамический анализ..., 1987) .

Рассмотрим кратко наиболее общие черты металлогении главных стадий орогенического цикла Вильсона (рис. 2) (Металлогения складчатых систем с позиций тектоники плит, 1996).

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 характерны проявления базит-гипербазитового магматизма с формированием ликвационных месторождений медно-никелевых сульфидных руд.

В осадочных формациях континентальных рифтов формируются месторождения угля, нефти и газа, солей, а также стратиформные залежи свинцово-цинковых руд, золота в составе черносланцевой формации.

**Стадия океанических рифтов** (Красноморская). Раздвигание (спрединг) 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, металлоносные осадки. Ярким примером формирования полезных ископаемых на данной стадии является Красноморский рифт.

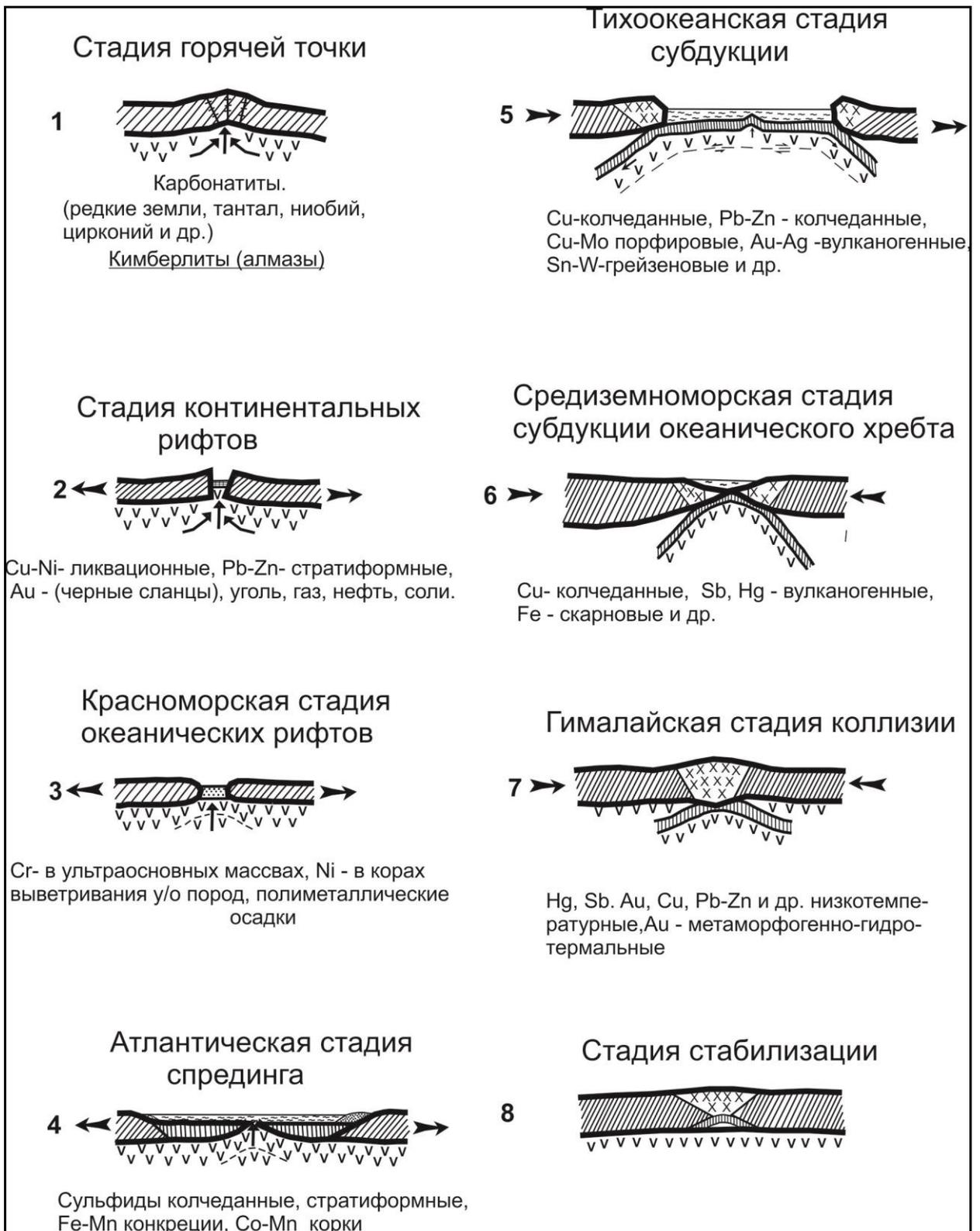


Рис. 2 Металлогеническая специализация стадий орогенического цикла Вильсона

3. **Стадия срединно-океанических хребтов** (Атлантическая). Характеризуется интенсивным спредингом (раздвиганием) литосферных плит с образованием срединно-океанического хребта. В условиях шельфа – прибрежно - морского литогенеза формируются месторождения железных и марганцевых руд, в абиссальной обстановке океанического дна – железомарганцевые конкреции и корки, а в связи с деятельностью субмаринных гидротермальных процессов колчеданные руды типа черных курильщиков.

4. **Стадии субдукции.** Зоны субдукции – поглощения океанического дна под литосферные плиты с континентальным типом земной коры – охватывают широкие области земной поверхности. Помимо сейсмически активных зон Заварицкого-Беньофа, 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. Каждая из этих геодинамических обстановок обладает своими отличительными чертами металлогении.

Магматические дуги подразделяются на окраинно-континентальные и океанические.

Окраинно-континентальные интрузивные и субвулканические тела известково-щелочного состава от диоритов до кварцевых монзонитов и адамеллитов содержат руды медно-молибден-порфирового типа (Анды, Береговой хребет); апаитовые (щелочные) граниты внутренних приконтинентальных зон магматических дуг с месторождениями оловянных и вольфрамовых руд (Аляска, Япония, Восточный пояс Юго-Восточной Азии);

Океанические вулканокластические образования риолитового состава в островных дугах содержат многочисленные колчеданно-полиметаллические стратиформные месторождения типа Куроко (Япония, о. Фиджи и др.); 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, Филиппины, о. Лоусон); андезиты, дациты с гидротермальными месторождениями ртути (Филиппины, Мексика, Камчатка).

Месторождения, непосредственно сформированные в зонах надвигов неизвестны.

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 Таиланде 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.

**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 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 (Металлогения рядов коллизионных обстановок, 2002).

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 трех принципиально различных по металлогеническим характеристикам структур континентов[8]: 1) платформы и щиты; 2) складчатые подвижные пояса; 3) активизированные области или области тектоно-магматической активизации.

**Платформы и щиты** (рис. 3) составляют две группы планетарных структур - северную, в которую входят: 1) Русская (Восточно-Европейская) платформа, 2) Западно-Сибирская платформа, 3) Восточно-Сибирская платформа, 4) Китайская платформа (Сино-Корейский щит), 5) Канадский щит. Южную группуют составляют: 6) Африкано-Аравийская

платформа, 7) Индостанский щит, 8) Западно-Австралийская платформа, 9) Гвианский щит, 10) Бразильский щит и его платформа, 11) Антарктический щит.

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

В металлогеническом плане четко различаются следующие этапы развития щитов и платформ: накопление древних вулканогенно-осадочных и осадочных толщ, региональный метаморфизм; гранитизация, консолидация земной коры континентального типа; платформенный этап образования чехла осадочных пород; процессы тектоно-магматической активизации.

Возраст древних толщ щитов и кристаллического основания платформ, как правило, архейский и раннепротерозойский, они интенсивно метаморфизованы и гранитизированы. 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 редкометальных и керамических пегматитов, грейзеновые месторождения кварц-касситеритовых, кварц-вольфрамит-молибденитовых, кварц-золото-арсенопиритовых руд широко развитых в пределах Канадского, Бразильского, Африканского и других щитов.

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

В связи с процессами активизации породы чехла рассеяны глубокими разломами, контролирующими размещение интрузивов основного, ультраосновного-щелочного (карбонатитового), реже, гранитоидного состава с которыми связана своя серия месторождений полезных ископаемых – медно-никелевых сульфидных руд, алмазов, редкоземельных и редких металлов (тантал, ниобий, цирконий и др.).

**Складчатые подвижные пояса** образуются на месте геосинклинальных прогибов. Их металлогенические черты, с позиций концепции геосинклиналей и концепции тектоники литосферных плит, кратко приведены выше. Можно различать не три стадии, а четыре (по И.Г.Магакьяну) 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.

**Зоны автономной тектоно-магматической активизации** следует разделять на три вида (Щеглов, 1968, 1980, 1987):

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

## **2. Металлогеня платформ и щитов**

### **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 5 млн. км<sup>2</sup> (рис. 3). 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 серия представлена, главным образом, гнейсами и гранитами, которые сопровождаются пегматитами с мусковитом и редкими металлами. Пегматитоносная зона Карельского Беломорья имеет северо-западное простирание и длину около 180 км при ширине до 35-40 км. В зоне установлено около 5 тысяч пегматитовых тел. Пегматиты разнообразны по морфологии и размеру, но преобладают линзовидные или дайкообразные тела мощностью от 1-3 до 25-80 м и длиной от 20-30 м до 200-400 м. По расположению пегматитовых тел выделяются жилы северо-западного простирания и тела субмеридионального или северо-восточного направления. В расположении пегматитовых тел существенную роль играет литологический фактор, определяемый увеличением количества пегматитов в глиноземистых гнейсах.



Рис. 3. Расположение платформ, щитов и складчатых поясов (по Магакьяну с дополнениями)

Условные обозначения на рис. 3: 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.

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 Боллиден 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-диабазми 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, редкометальных карбонатитов (с пироксеном, бадделеитом, цирконом, бастнезитом, паризитом и др.), флогопита и вермикулита; возраст этих массивов и месторождений 305—375 млн. лет – время наиболее поздней тектоно-магматической активизации Балтийского щита.

Итак, в пределах Балтийского щита выделяются следующие главные типы месторождений (Металлогения восточной части Балтийского щита, 1980):

1. Пегматиты с мусковитом и редкими металлами.
2. Железистые кварциты (Оленегорское, Костомукшское, Зюдварангер и др.) среди гнейсов и амфиболитов верхнеархейского возраста;
3. Кианитовые месторождения верхнеархейской формации кейв.
4. Золото-ураноносные конгломераты Финляндии (верхнеархейские или нижнепротерозойские).
5. Колчеданные месторождения среди метавулканитов, лептитов (Парандово, Оутокумпу, Болиден, Фа-лун и др.).
6. Медно-никелевые ликвационные месторождения в связи с ультраосновными — основными комплексами протерозойского возраста — Печенга, и др.
7. Скарновые месторождения железных магнетитовых (Выборг) и оловянно-цинковых руд (Питкяранта), связанные с выборгскими гранитами рапакиви.
8. Кварц-молибденитовые (часто с примесью халькопирита) месторождения Карельской АССР, Финляндии, Швеции, Норвегии, связанные с ладожскими гранитами.
9. Титаномагнетитовые, апатит-магнетитовые с карбонатитами, флогопитовые и вермикулитовые месторождения, связанные со среднепалеозойскими ультраосновными-щелочными комплексами (Африканда, Ковдор и др.).
10. Нефелин-апатитовые (Хибины) и лопаритовые (Ловозеро) месторождения в связи с герциновыми щелочными комплексами

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

С позиций тектоники литосферных плит, по представлениям М.В. Минца и С.И. Турченко (Металлогения Карелии, 1982), Балтийский щит составляют мегатеррейны (области), образованные архейской корой (с северо-востока на юго-запад): Кольский, Беломорский, Карельский гранит-зеленокаменный. Они разделены раннепротерозойскими шов-

ными 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.

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 познеархейской 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» (Костомушское) типов, проявления медно-никелевых руд, колчеданных руд (Кольско-Норвежский террейн). Проявления оруденения в пределах Мурманского и Кейвского террейнов незначительны.

Беломорская область отвечает фрагменту познеархейского 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.

Металлогения Карельской гранит-зеленокаменной области (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 Сьюпериор Канадского щита. Вместе с тем, по численности и размерам выявленных месторождений Карельская ГЗО значительно уступает провинции

Сьюпериор. В частности, в Карелии практически отсутствует архейское золотое оруденение, играющее важную роль в провинции Сьюпериор.

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-габброноритовая 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 (Металлогения Карелии, 1982).

**Воронежский кристаллический массив** (ВКМ) занимает центральную часть Русской платформы, составляя около 10% ее площади (0,5 млн. км<sup>2</sup>). 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. 4).

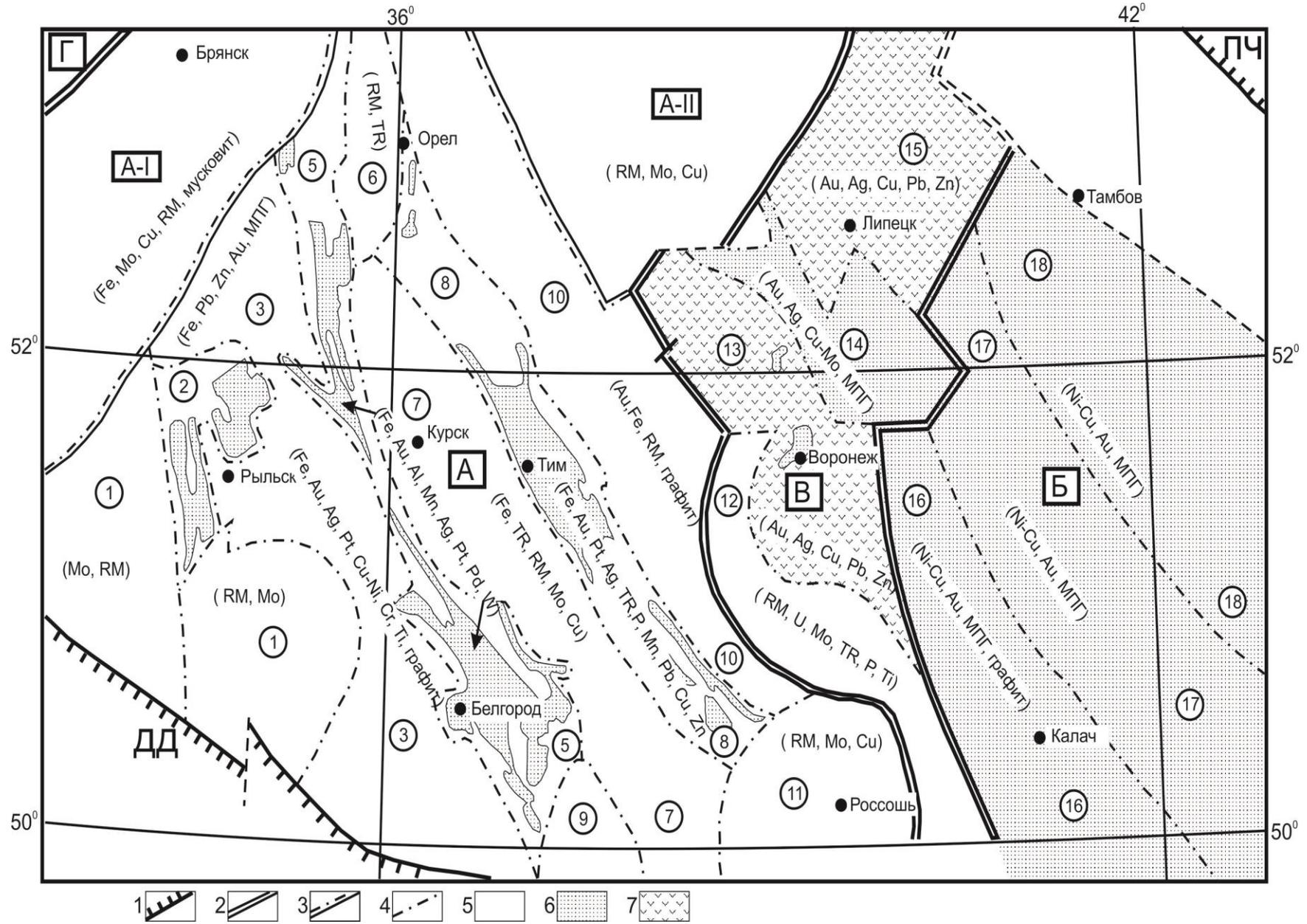


Рис. 4. Схема минерагенического районирования Воронежского кристаллического массива (Демченко и др., 1999).

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.

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, выполняющая синформы (Михайловская, Белгородская, Рыльская, Крупецкая, Тим-Ястребовская, Вологовская и др.), занимают не более 30% территории КМА. Пространственно и генетически железные руды связаны с широко распространенными архейскими и раннепротерозойскими метаморфическими формациями. 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 запасы и прогнозные ресурсы железистых кварцитов, а с их корой выветривания почти все запасы (84,4%) богатых железных руд России. В заключении следует сказать, что суммарный потенциал железных руд в целом по КМА определен в 1625,1 млрд. тонн, в составе которого 62,7 млрд. т (3,8%) разведанных и оцененных. Остальные приходятся на прогнозные (22,3%) и потенциальные (73,9%) ресурсы (Железисто-кремнистые формации докембрия Европейской части СССР, 1990).

Наряду с железными рудами геоблок КМА имеет большие, еще не полностью выявленные ресурсы целого ряда полезных ископаемых (Демченко и др., 1999; Чернышов и др., 1999), среди которых наиболее важными являются раннепротерозойские металлогенетические 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 поздего 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 познеархейскими и, главным образом, раннепротерозойскими гранитоидами.

Хоперский мегаблок занимает восточную часть ВКМ, сложенную раннепротерозойскими осадочно-метаморфическими образованиями Воронцовского метаморфического комплекса (метаграувакково-сланцевый формационный комплекс). В его пределах выявлена новая (третья в России) медно - никелевая провинция. Месторождения и рудопроявления сульфидных медно-никелевых руд принадлежат к двум формационным типам – мамонскому и еланскому. Мамонский тип ассоциирует с высоко ( $MgO > 30\%$ ) и умеренно-магнезиальными ( $20 < MgO < 30\%$ ) породами перидотит-габбро-норитовой формации раннепротерозойского возраста (2080+-10 млн. лет). Разведано три месторождения (Нижнемамонское, Подколodновское, 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 (Чернышов, 1986; Чернышов и др., 1999).

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, Vi).

В составе Воронцовского метаморфического комплекса большое минерагеническое 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 км<sup>2</sup>.

На территории УЩ выделены металлогенические области и зоны (Металлогения Украины и Молдавии, 1974), различающиеся определенным набором месторождений полезных ископаемых (с запада на восток) (рис. 5):

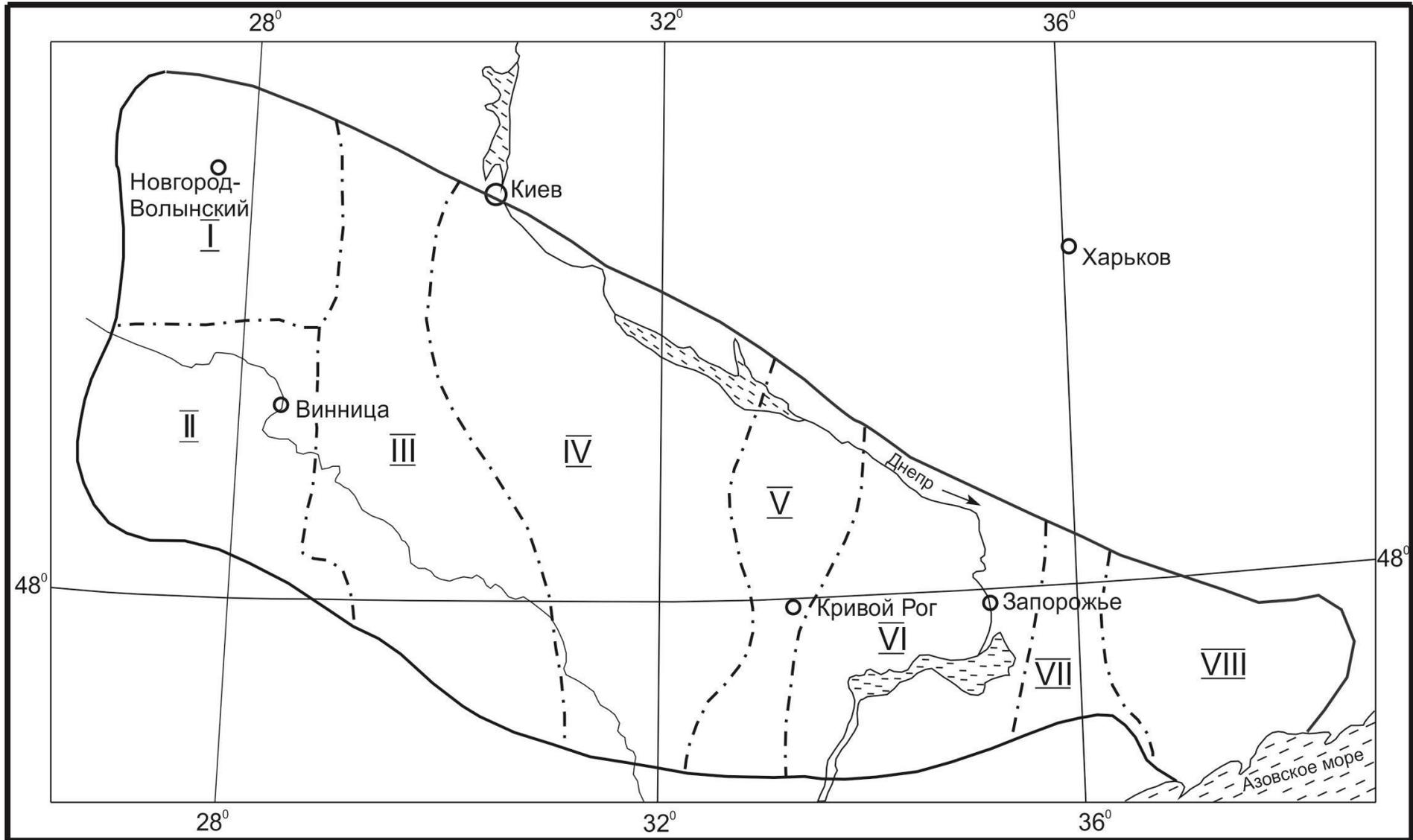


Рис. 5. Металогенические области Украинского щита (по [ 33]):

*Пояснения к рис. 5: Римскими цифрами обозначены металлогенические области: I – Волынская, II – Подольская, III – Белоцерковско-Одесская, IV – Кировоградская, V – Криворожская, VI – Днепровская, VII – Орехово-Павлоградская, VIII – Приазовская. Пояснения в тексте.*

*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 характеризуется развитием 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 пегматитоидными и аплитово-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 позднеархейскими метаморфизованными базитовой и гипербазитовой формаций, а разделяющие их антиклинорные структуры сложены гнейсо-мигматитами и плагиогранитами. Наиболее продуктивны позднеархейские 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 выделен 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 с формацией щелочных гранитоидов (Металлогения магматических комплексов..., 2001).

*Приазовская* металлогеническая область приурочена к Приазовскому блоку в крайней юго-восточной части УЩ. Характеризуется широким развитием пегматитов, редкометальной, полиметаллической (Cu, Pb, Zn) минерализацией, а также наличием раннепротерозойских месторождений железа (Мариупольское и др.).

На территории Украинского щита выделяется шесть основных металлогенических эпох:

1. Раннеархейская эпоха проявления тоналит-метаультрабазитовой формации (3,7 – 3,2 млрд. лет) характеризуется высокой степенью метаморфизма (гранулитовая фация), незначительным распространением. Металлогения изучена слабо.

2. Позднеархейская эпоха (3,2-2,6 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.

3. 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.

4. Эпоха протерозойской 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).

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

6. Металлогения осадочного чехла. Наиболее важными являются месторождения осадочных оолитовых марганцевых руд в основании олигоцена — Никопольское и Большетокмакское; россыпное месторождение ильменита и рутила в олигоценовых песках Приднепровья.

Металлогения осадочного чехла Русской платформы изучена еще недостаточно. Среди экзогенных месторождений металлических полезных ископаемых, развитых в чехле Русской платформы, наиболее важными являются: месторождения осадочных оолитовых железных руд Липецкое и Тульское (нижнекаменноугольного возраста) и Хоперское (верхнемелового возраста); месторождение боксита в основании нижнего карбона — Тихвинское;

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 особо выделить крупнейшие месторождения алмазов (трубки Пионерская, имени Ломоносова, Гриба и др.), 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. Западно-Сибирская платформа**

Краткая характеристика металлогении Западно-Сибирской эпигерцинской платформы приведена по данным справочника "Планета Земля" (Минерагения", Т.3. 2008). Она занимает территорию между Уральским складчатым поясом и Енисеем. Западной границей служит Урало-Казахстанский краевой прогиб, вытянутый в близмеридиональном направлении на 750 км. Прогиб выполнен преимущественно вулканогенно-карбонатно-терригенной, пестроцветной молассовой и риолит-базальтовой толщами от верхов девона до триаса мощностью до 5 км.

Приенисейский борт платформы прослеживается на протяжении 1500 км цепью впадин глубиной от 3 до 8 км. В этих впадинах преобладают терригенные толщи от девона до триаса. Южная граница платформы менее отчетливая. Здесь в ее фундаменте прослеживается ветвь Обь-Зайсанской герцинской складчатой системы.

В фундаменте плиты по данным В. С. Суркова преобладают ранне- и позднегерцинские геосинклинальные складчатые структуры, обрамляющие Ханты-Мансийский выступ байкальской складчатости. Выделяется несколько массивов, рассеченных долиной р. Обь. В центральной и восточной частях платформы в меридиональном направлении тянутся раннемезозойские грабены-рифты.

Для Западно-Сибирской платформы характерно длительное погружение в течение юры – палеогена. В это время платформа представляла собой бассейн, в центральной части которого накопилось 6–7 км осадков, а в северной – значительно больше.

В минерагеническом отношении Западно-Сибирская молодая платформа, кроме нефти, газа и угля, характеризуется присутствием осадочных железных руд, россыпей минералов титана и циркония, а также инфильтрационных руд урана.

Железные руды Западно-Сибирского железорудного бассейна приурочены к меловым и палеоцен-эоценовым отложениям, сосредоточены в полосе меридионального простирания на восточной окраине платформы длиной около 2500 км и представляют собой самый крупный в мире по площади и запасам железорудный бассейн. Предварительно оценены четыре месторождения оолитовых бурых железняков (гётит, гидрогётит, лептохлорит) – Бакcharское, Колпашевское, Парабель-Чузыкское, Парбигское, расположенные на территории Томской области.

Отличие Бакcharского месторождения от подобных по генезису руд эксплуатируемых месторождений в других регионах состоит в более высоком содержании ванадия ( $V_2O_5$  – до 0,25%) и фосфора ( $P_2O_5$  – до 1,36%). При разработке железных руд из них попутно могут извлекаться благородные металлы: золото (до 1,8 г/т) и МПГ (до 0,2 г/т).

В пределах Западно-Сибирской плиты известны пять титан-циркониевых россыпных месторождений: Туганское, Тарское, Георгиевское, Николаевское, Ордынское и ряд проявлений в скважинах и выработках.

Мощность россыпей от 1–5 до 7–10 и даже 27 м, ширина их от 200 м до 4 км. Содержание циркона от 2–3 до 30 кг/м<sup>3</sup>, содержание ильменита от 7–10 до 80–120, содержание рутила до 10 кг/м<sup>3</sup>. В тяжелой фракции преобладают ильменит с лейкоксоном, составляющие иногда 80% шлиха, присутствуют дистен, ставролит, турмалин, гранаты, силлиманит, монацит, ксенотим, реже эпидот, хромит, шпинель. В крупнообъемных технологиче-

ских пробах отмечены мелкие зерна алмазов, в основном обломки кубоидных кристаллов метаморфогенного происхождения.

Туганские россыпи изучены и разведаны. Предложены методика добычи песков карьерами до 80–100 м глубиной и технология их обогащения. Хвосты россыпи могут использоваться как кварцевые, стекольные пески и каолиновые глины. Туганские россыпи представляют собой первоочередной объект для разработки и добычи титановой, циркониевой руд и многочисленных редких, редкоземельных и радиоактивных элементов.

### **2.3. Восточно-Сибирская платформа**

Восточно-Сибирская платформа располагается между реками Енисеем и Леной, занимая территорию около 6 млн. км<sup>2</sup>. 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 щиты, поднятия Восточных Саян, Енисейского кряжа, Туруханское и Игарское.

В пределах Сибирской платформы следует различать металлогению кристаллического фундамента, металлогению платформенного чехла и наложенную металлогению, в связи с процессами активизации (Билибина, 1973; Металлогения Сибири, 1987).

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

В архейском структурном комплексе Анабарского и Алданского щитов, (включая Становой хребет) известны руды железа, флогопита, золота, высокоглиноземистого сырья, пегматитов с редкими металлами.

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 складчатостей 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.

Область протерозойской складчатости охватывает Становой хребет, обрамляющий с юга 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 руды меди, железа и титана, полиметаллы, редкие металлы, горный хрусталь, корунд и др.

В пределах Олекмо-Витимской меденосной металлогенической провинции Северо-Восточного Забайкалья расположено крупнейшее в мире (Рундквист и др., 200 ) Удоканское месторождение. Оно приурочено к крупному Кодаро-Удоканскому прогибу ранне-протерозойского заложения на архейском кристаллическом основании.

Среди железорудных месторождений наибольший интерес представляют собственно магматические концентрации титаномагнетитовых руд в габброидах бассейнов рек Средняя Унгра и Джилинда. Проявления титаномагнетитовых руд встречены и на востоке щита среди крупных массивов габбро-анортозитов Джугджура.

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, метаморфизованное стратиформное Горевское свинцово-цинковое месторождение в сланцево-карбонатной толще позднего докембрия

Байкальская (позднепротерозойская) металлогеническая эпоха является весьма продуктивной для рудообразования Сибирской платформы (Ильин, 1974; Металлогения Сибири, 1987). На ранних ее стадиях формируются базальтоидные вулканиты, 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 метаморфизованные стратиформные полиметаллические месторождения (Холодненское в Северном Прибайкалье), а также месторождения железистых кварцитов (Тыйское и др.). В поясах байкалид размещаются метаморфогенно-гидротермальные концентрации золота, приуроченные к черносланцевой формации; в карбонатных толщах — свинцово-цинковые стратиформные месторождения (Енисейский кряж, Прибайкалье), месторождения марганца. С

гранитоидными массивами байкальского этапа связаны месторождения мусковитовых пегматитов, проявления редких металлов.

Металлогения платформенного чехла Сибирской платформы развивалась в несколько этапов (Магакьян, 1974; Металлогения Сибири, 1987) проявления тектономагматической активизации. Первый этап (в начале платформенного режима) охватывает период от начала среднего протерозоя до нижнего или среднего кембрия. Магматизм представлен трапповой и ультраосновной-щелочной формациями предкембрийского или нижнекембрийского времени. С траппами связаны проявления меди в кварц-карбонатных жилах крайней юго-западной части платформы, с ультраосновной-щелочной формацией магматические концентрации титана, хрома и платины, с карбонатами редкометальная минерализация (массивы Кондер, Инагли и др. на Алданском щите).

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 магнизиальность), 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 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. Наиболее полно эта формация представлена на севере платформы в Маймеча-Котуйском районе, где с ней связаны месторождения карбонатитов с концентрациями флогопита, вермикулита, нефелина, пироклора, апатита.

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 (Фролов и др., 2003)

К ультраосновной формации повышенной щелочности 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 (Ангаро-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 послеюрских интрузий сиенитов с доломитами нижнего кембрия; золоторудные месторождения (Лебединское и др.) связаны с мезозойскими щелочными интрузиями и представлены тремя типами: метасоматическим, жильным и вкрапленным.

#### 2.4. 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. км<sup>2</sup> (рис. 1).

В фундаменте Китайской платформы преобладают гнейсы и кристаллические сланцы, 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 Утаи, широко развитой в Северном Китае, залегают месторождения железных руд, магнезита 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 железных руд метаморфогенного типа.

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

Очень характерна для Китайской платформы тектоно-магматическая активизация в яньшаньское время (верхняя юра — нижний мел), выраженная в глыбово-сводовых движениях («структуры дива») и внедрении мезозойских (яньшаньских) гранитоидов. С последними связана разнообразная и богатая минерализация Северо-Восточного Китая и Кореи и в особенности Юго-Восточного Китая с крупными концентрациями плутогенно-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, а также редкоземельные месторождения (Баюн Обо и др.) в связи проявлениями карбонатитового магматизма.

### **2.5. 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. км<sup>2</sup>. 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 Йеллоунайф, 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 пять докембрийских комплексов (Магакьян, 1974).

Д о к е м б р и й I (3500—2600 млн. лет). С гранитами возраста 3100—2600 млн. лет связаны месторождения золота с сульфидами и иногда с шеелитом. С конечными кислыми чле-

нами вулканических серий связаны крупные колчеданные месторождения типа Флин-Флон, Шеррит-Гордон.

Д о к е м б р и й 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).

Д о к е м б р и й 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.

Д о к е м б р и й 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.

Д о к е м б р и й 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, урано-ванадиевых руд (штатов Юта и Колорадо) и одно небольшое месторождение алмазов — Пайк — в штате Арканзас, связанное с кимберлитовой трубкой нижневерхнемелового 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 конгломераты и кварциты 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 золото (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.).

## **2.6. 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 щиту относят, геологически сходные с ним, Аравийский полуостров и о. Мадагаскар. Общая площадь Африкано-Аравийской платформы около 30 млн. км<sup>2</sup>.

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 (Магакьян, 1974; Справочник "Планета Земля", 2008).

По геологическому строению и географическим признакам принято выделять пять крупных регионов: Северная Африка, Западная Африка, Центральная Африка, Южная Африка, Восточная Африка с о. Мадагаскар.

**Северная Африка** (Западная Сахара, Египет) 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 серия докембрия — Суггарий представлена гнейсами, амфиболитами, чарнокитами, кварцитами, мигматизированными гранитами. Выше несогласно залегает серия 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 залегает формация Банзивилль, сложенная рассланцованными 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 металлогеническое значение отложения *группы Катанга (520—630 млн. лет)*. *Последние представлены конгломератами, песчаниками, кварцитами, сланцами и доломитами, являются рудовмещающими для медных месторождений мирового значения в провин-*

*ции 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 Цумеб 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, чарнокитами. 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** 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; характеризуется совершенно иным тектоническим развитием. Этот пояс сложен вулканогенными и обломочными формациями, прорванными синорогенными (1000 млн. лет) и посторогенными (480—600 млн. лет) гранитоидами. Вся эта зона представляет собой реактивизированную рифейскими движениями часть протерозойского фундамента Африканской платформы. Зона Центрально-Африканского грабена и Восточно-Африканская зона рифтовых долин, к которым приурочены интрузии нефелиновых сиенитов 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 редкометальные 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 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, Египте, Судане, Эфиопии, Сомали, Саудовской Аравии, Малагасийской Республике). Абсолютный возраст этих гранитов колеблется в пределах 435—540 млн. лет. 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. С щелочным комплексом связаны месторождения карбо-

натитов. Щелочные комплексы с карбонатами имеют линейное расположение и тяготеют к зонам крупных разломов.

Среди многочисленных месторождений Африканского щита выделяются следующие главные группы.

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

К 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.

Многочисленные редкометальные гранитные пегматиты Африки 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 большой 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) — пироклоровое месторождение типа Баррейру-ди-Араша в Бразилии и Каронге в Бурунди — месторождение бастнезита, аналогичное Маунтин-Пас в Калифорнии, США.

Месторождения, связанные с основными и ультраосновными комплексами, известны в ЮАР и Южной Родезии, где они приурочены к бушвельдскому комплексу и Великой Дайке. К гипербазитам этих магматических комплексов приурочены огромные концентрации собственно-магматических руд хромита (Селукве в Южной Родезии, Бушвельдская группа в ЮАР) и ликвационные месторождения медно-никелевых сульфидных руд с примесью кобальта, платины и палладия, приуроченные к горизонту Меренского (бронзититы и

анортозиты) Бушвельдского лополита. 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. 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 фациях, 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).

### 2.7. Индостанский щит

Индостанский щит расположен на территории одноименного полуострова Азии и занимает площадь более 3 млн. км<sup>2</sup>, 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 акцессорных минералов среди чарнокитов. Разрушение чарнокитов и связанных с ними пегматитов привело к образованию богатых прибрежных морских россыпей, которые разрабатываются главным образом на монацит.

Позднеархейские 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, пегма-

титы 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. Со сланцами ассоциируют железистые кварциты с залежами гематита. Верхняя часть представлена свитой кварцитов и сланцев с прослоями известняков, вмещающих залежи свинцовых руд; в самом верху встречаются прослой 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. Этой свите подчинены алмазоносные породы — темные железистые или полевошпатовые грубозернистые песчаники и конгломераты в районе Корнул.

В пределах Индостанского щита расположены крупнейшие метаморфогенные месторождения 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, Раджастхане и Бихаре, где они подчинены известнякам или кристаллическим сланцам виндийской 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.

## **2.8. 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. км<sup>2</sup>.

Древнейшие породы представлены архейскими гнейсами, кристаллическими сланцами и зеленокаменными породами, интродуцированными гранитными массивами, сопро-

обладающими 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 зеленокаменных 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 Офталмия 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 верхнеархейских 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.

## **2.9. 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. км<sup>2</sup>. 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 в протерозое 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-роговообманковыми 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).

Наиболее важное металлогеническое значение имели так называемые «молодые» (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.

## **2.10. 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. км<sup>2</sup>.

Самые древние породы (нижний архей) относятся к серии Мантикейра, сложенной гранитизированными кварц-биотит-олигоклазовыми гнейсами и плагиоклазовыми амфиболитами с гранатом.

На нижнеархейских породах со значительным несогласием залегают породы серии Барбасена, представленные кварц-слюдяными сланцами и гнейсами, возникшими, вероятно, за счет кварцитов и граувакк; сверху разреза преобладают кварциты, граувакки, туфы и диабазы, выделяемые иногда в отдельную формацию Лафайети, с которой связаны марганцевые руды, представляющие собой «шляпы» марганецсодержащих сили-

катно-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 протерозою (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).

Возрастным аналогом серии Минас в шт. Байя считается серия Жакобина; для последней характерны золото- и ураноносные кварциты и конгломераты, сходные по типу с витватерсрандскими в Южной Африке и блайндриверскими в Канаде.

Выше серии Минас несогласно залегает 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), а 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 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 рудная минеральная ассоциация, свойственная классу метасоматически замещенных пегматитов: колумбит, берилл, монацит, топаз, флюорит, редко фергусонит.

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.

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.*

Для структуры и металлогении Бразильского щита, очень важное значение имеют четыре линеамента: Амазонский восточно-северо-восточного простирания; Сан-Франсиску северо-северо-восточного простирания 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 простирания. Параллельно главным линеаментам на Бразильском щите в архее, протерозое и рифее формировались складчатые пояса, 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 — линеаментами—обусловлено распределение почти всех редкометалльных пегматитовых и карбонатитовых месторождений Бразильского щита.

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 золота 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 (асболановые) руды, также свя-

занные 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. Диямантину 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 ассоциируют 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.

### 2.11. Общие черты металлогении щитов и платформ

К породам фундамента щитов приурочен ряд практически очень важных типов месторождений:

- 1) 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);
- 2) метаморфогенных руд марганца среди гондитов и кварцитов протерозоя Индии, Бразилии, Намибии и Южно-Африканской Республики;
- 3) золото-ураноносных конгломератов и кварцитов (Блайнд-Ривер в Канаде, Витватерсранд в ЮАР, Жакобина в Бразилии, м-ния Австралии, Скандинавии и др.);
- 4) 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 метаморфогенно-гидротермальные кварцевые жилы 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, порфириды, 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 гранитоидов, 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:

- 1) стратиформные месторождения медных руд среди песчаников и сланцев системы Катанга (верхний протерозой) в Заире и Замбии и примерно одновозрастные с ними ме-

сторождения 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;

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

3) 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;

4) ликвационные медно-никелевые (с примесью Co, Pt, Pd и др.) 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 связанные с ними месторождения. Возраст реактивизации различный, он укладывается обычно в три главные возрастные группы: рифей — кембрий, девон, мезо-кайнозой.

С так называемыми «молодыми» (рифейскими и более молодыми) калиевыми 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 Лу-

эш, 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 характерны и широко развиты следующие генетические группы месторождений:

- метаморфогенные руды железа, марганца, золота и урана;
- ликвационные руды никеля и меди с примесью кобальта, платины и палладия;
- пегматитовые с бериллом, танталом, ниобием, литием, оловом, ураном и торием;
- 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);
- стратиформные месторождения меди, свинца и цинка с кобальтом, германием, кадмием, ураном;
- алмазоносные кимберлиты;
- карбонатитовые с ниобием, цирконом, редкими землями, флогопитом, апатитом, титано-магнетитовыми рудами.

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 предыдущих этапах формирования складчатых подвижных поясов (Магакьян, 1974).

#### **3.2. Альпийско-Гималайский (Средиземноморский) глобальный пояс.**

Общее протяжение пояса около 18 тысяч километров, ширина 800 – 1000 км. Глобальный 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 пояса различают ряд металлогенических провинций (Магакьян, 1974): Юго-восток Испании, Пиринеи, Северная Африка, Италия, Карпато-Балканская область, Малая Азия, Большой Кавказ, Малый Кавказ, Афганистан, Копетдаг, Гиндукуш и Гималаи, Восточное окончание Альпийско-Гималайского пояса. Их объединяет то, что процессы складчатости, магматизма и рудогенеза 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. 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 более древним 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, благодаря проявлению разновозрастных эпох магматизма и рудогенеза, главным образом на территории бывшей Югославии. 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 субвулка-

нические андезиты, дациты, порфириды, 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 эксгалиционно-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 эксгалиционно-осадочные конкреционные руды марганца (Оброчиште, в районе г. Варна) олигоценового 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 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 мио-плиоценового 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).

Структуры Малой Азии богаты рудными месторождениями. 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. 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. Выделены рудные зоны общекавказского простирания (с севера на юг, по Магакьяну, 1974):

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. Гагринсо-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 протягиваются далее на юго-восток в горы Карадага (Иран) где развиты скарновые и гидротермальные медно-молибденовые месторождения (Мескание, Сюнгун 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 сурьмяных руд.

Далее на восток альпийский глобальный 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.

О металлогении хребтов Гиндукуш и Гималаев сведений мало. 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.

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, являясь частью Средиземноморского глобального пояса.

Острова Индонезии – Суматра, Ява, Сулавеси (Целебес), Борнео (Калимантан), составляющие крайний восточный фланг глобального Альпийско-Гималайского металлогенического пояса довольно богаты металлами. 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 (ТМП)**

Глобальный металлогенический пояс близмеридионального простирания имеет протяженность 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).

**Азиатская ветвь ТМП** характеризуется наличием трех типов земной коры: океанической, континентальной и коры переходного типа. В связи с этим можно различать три типа металлогенических провинций, в каждом из которых выделяются (см. табл.3) ведущие, характерные, подчиненные, слабо представленные и практически отсутствующие металлогенические продукты (рудные металлы, минералы).

### Характеристика металлогенических провинций Азиатской ветви ТМП

Таблица 3

Рудные металлы, минералы	Тип металлогенической провинции		
	Континентальный (Восточноазиатский)	Переходный (окраинно-материковых вулкано-огенных поясов)	Притихоокеанский
Ведущие	Au, Sn, W	Hg, Au (эпитермальные), 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 (эпитермальные), Ti, асбест
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 представлены	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

Рассмотрение металлогении целесообразно провести отдельно для материковой - внешней и внутренней зон Азиатской ветви. Последняя охватывает переходный и притихоокеанский металлогенические типы (табл. 3). Для внешней зоны Азиатской 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.** Для металлогении этого региона важнейшее значение имела киммерийская эпоха, во время которой сформированы Верхояно-Колымская и Чукотская складчатые зоны, между которыми расположен крупный Колымский геоблок (рис. 6). Последний ограничен на северо-востоке Южно-Аньюнской системой, на западе Приверхоанским краевым прогибом и Сетте-Дабанской– Юдомо-Майской краевой складчатой зоной. Юго-восточная граница трассируется Охотско-Чукотским звеном Восточно-Азиатского вулканогенного пояса. По геолого-геофизическим данным строение Колымского геоблока сложное, гетерогенное. В пределах региона известны геоблоки - «срединные массивы» с архейским фундаментом – Омолонский на востоке (3,4 млрд. лет) и Охотский на юго-западе (2,6 млрд лет).

Верхояно-Колымская складчатая система занимает площадь около 1 млн. км<sup>2</sup>. Огромная мощность (до 15 км) слагающих ее толщ (от нижнего карбона до юры), наличие крупных пологих дислокаций (планориев), общий миогеосинклинальный характер с преобладающим терригенным осадконакоплением выделяют ее среди обычных геосинклинальных систем.

Профилирующим полезным ископаемым Колымского геоблока является золото. В XX веке здесь добыто около 2000 т этого металла. Подавляющее большинство месторождений размещается в Верхояно-Колымской системе, где добыча золота многие годы велась почти полностью из россыпных месторождений.

Киммерийский магматизм начался с формирования в средне - верхнеюрское время протяженного пояса даек кварц-альбитовых порфиров, порфиритов, с которыми парагенетически 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 андезито-дацитов. С умеренно кислыми гранитоидами связаны 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.

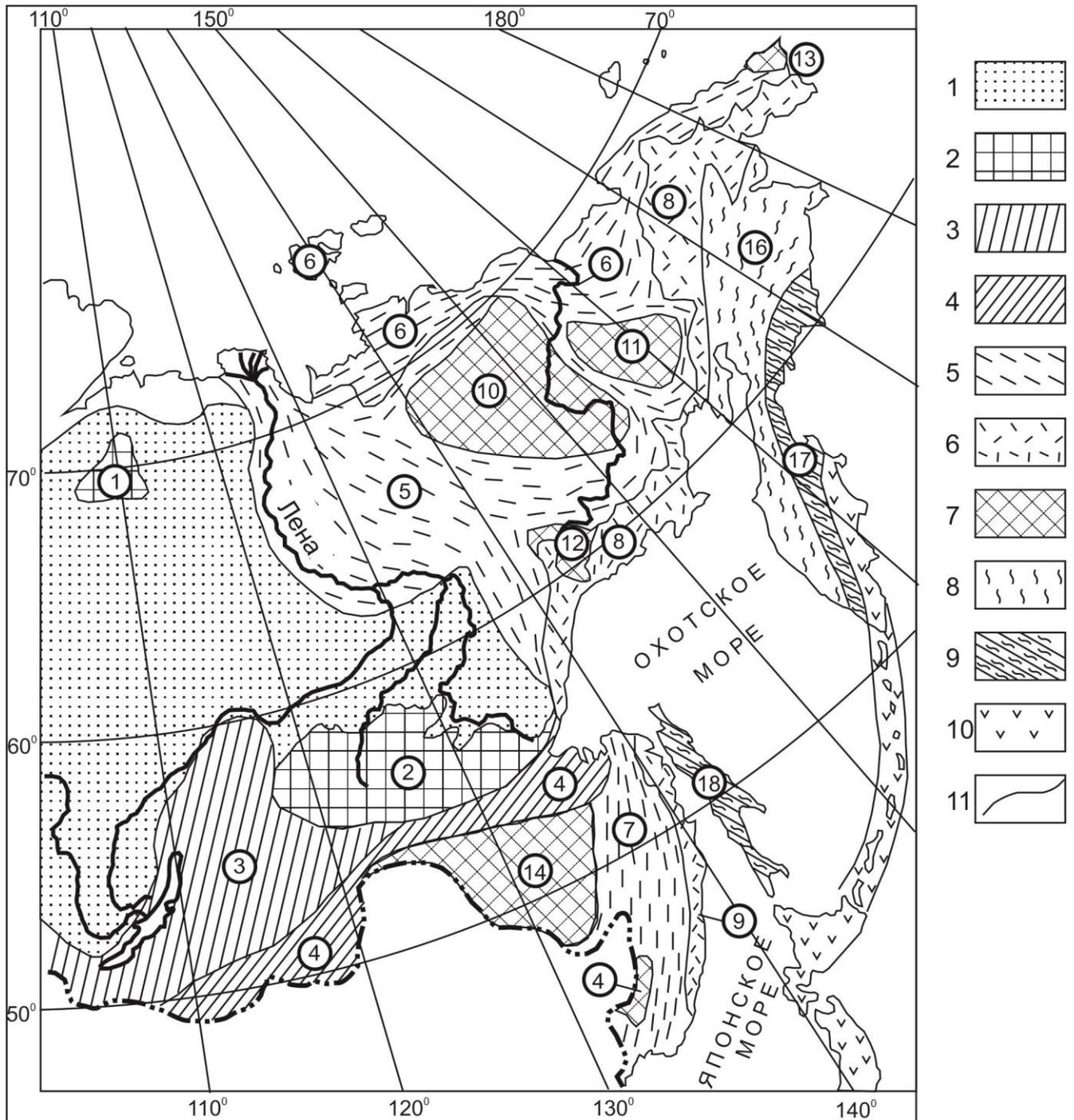


Рис. 6. Металлогеническое районирование северо-западной части Тихоокеанского глобального пояса (Северо-Восток России)

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 – Центральнo-Камчатский пояс; 18 – Сахалинская зона.

10 – кайнозойский вулканизм островных дуг – Камчатско - Курильский пояс.

11 – Границы структурно-металлогенических областей и поясов.

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 сурьмяна 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 прожилкво-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. Амура.

Месторождение Дука́т – представитель золото-серебряной формации существенно серебряного типа. Расположено на юго-востоке Верхояно-Колымской складчатой системы. Рудное поле площадью 35 км<sup>2</sup> приурочено к интрузивно-купольному поднятию, центральная часть которого сложена ультракалийевыми высококремнистыми афировыми рио-

литами и игнимбритами нижнемеловой аскольдинской свиты, в которой размещается большинство рудных тел. Месторождение Дукат одно из крупнейших в мире по запасам серебра. На январь 1995 г запасы металла составили Ag 13 тыс. т и Au 27 т со средними содержаниями соответственно 511,5 и 1,06 г/т) К настоящему времени извлечено не более 15% запасов руды

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 металлогнические 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. Все эти зоны связаны с гранитоидами Омсукчанского интрузивного комплекса верхнемелового возраста.

Охотско-Чукотский пояс - гигантская магматогенная структура, известная под названием Охотско-Чукотский вулканогенный пояс (ОЧВП); занимает промежуточное положение между Яно-Колымчкой и Чукотской мезозойскими зонам с одной стороны и Камчатско-Корякской кайнозойской зоной – с другой. Пояс протянулся более чем на 3000 км от р. Уда на юго-западе до Берингового пролива на северо-востоке.

Внутренняя структура ОЧВП определяется сочетанием вулканогенных прогибов и плутоногенных поднятий. Важнейшими структурными элементами прогибов являются вулканогенно-тектонические депрессии поперечником до 100 км, образовавшиеся на месте стратовулканических построек. Депрессии часто осложнены кольцевыми кальдерообразными структурами обрушения диаметром от 10 до 60 км. Плутогенные поднятия характеризуются наличием выходов пород основания ОЧВП, вмещающих крупные, обычно трещинные интрузии меловых гранитоидов, и резко редуцированными разрезами вулканогенных толщ. Интрузии многофазные и образуют тела протяженностью до 120 км при ширине 10–30 км.

Профилирующими полезными ископаемыми ОЧВП являются золото и серебро. Оба эти металла, как правило, присутствуют в комплексных месторождениях эпитермальной золото-серебряной формации. В пределах пояса известны многочисленные месторождения и рудопроявления этого типа: *Хаканджа, Купол, Карамкен, Ойра, Эвенское, Валунистое, Сопка Рудная*. Важнейшее значение в настоящее время имеют месторождения Хаканджа и Купол.

Месторождение *Купол* открыто в 1995 г, представлено протяженной (3500м) прожилково-жильной рудной зоной субмеридионального простираения, включающей серию субпараллельных ветвящихся жил, ореолов прожилков и околосильных метасоматитов.

На месторождении выделено 11 рудных тел протяженностью 180–2400 м, мощностью до 20 м, прослеженных по падению до глубины 420 м. Основное рудное тело имеет протяженность более 2400 и мощность от 0,6 до 20,7 м.

Месторождение является наиболее крупным золото-серебряным объектом Охотско-Чукотского вулканогенного пояса, сопоставимым по масштабам с серебряным гигантом–месторождением Дукат. Оперативно подсчитанные запасы золота составляют 85 т при среднем содержании 20,9 г/т; серебра 1002 т при среднем содержании 246,3 г/т. Прогнозные ресурсы категорий  $P_1$  и  $P_2$  оцениваются в 200 т золота и 1000 т серебра.

В ассоциации с эффузивами и экструзивами известны сурьмяно-ртутные месторождения (Пламенное, Палянское и др.), отдельные месторождения касситерит-станиновых 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.

**Забайкалье.** Рудная провинция Забайкалья представляет собой Байкальский геоблок, включает Западное и Восточное Забайкалье и часть Прибайкалья – территорию, расположенную к юго-востоку и востоку от оз. Байкал до границы с Монголией и Китаем. Север и северо-запад его плавно облекают пограничная Байкало-Аkitканская рифтогенная зона и дугообразная Байкало-Патомская краевая складчатая система. На севере геоблока расположен Удоканский прогиб, глубоко вклинивающийся между кристаллическими выступами Алданского щита.

Байкальский геоблок выделяется резко выраженной сличностью с необычайно широким развитием гранитоидного магматизма, проявившегося в разной геолого-структурной обстановке. 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 минерагеническом потенциале Байкальского геоблока главенствующую роль играют месторождения золота, представленные уникальным месторождением золото-черносланцевой формации **Сухой Лог** и крупными, в большинстве отработанными, россыпями Бодайбинского района; свинцово-цинковые руды, заключенные в двух метаморфизованных стратиформных месторождениях– уникальном Холоднинском и крупном Озерном. Месторождения мусковита метаморфогенных пегматитов сосредоточены в крупнейшем в России Мамско-Чуйском слюдоносном районе. Важную роль в минераге-

ническом потенциале геоблока играют также уран, представленный тремя крупными месторождениями (Хиагдинское, Буяновское, Журавлиное), и бериллий (месторождения Ермаковское и Ауникское – последнее также с флюоритом и ураном). Из неметаллического сырья наибольший интерес представляют уникальные по качеству скопления асбеста (месторождение Молодежное), крупные концентрации апатита в Ошурковском месторождении и своеобразные руды калия, алюминия, рубидия, стронция Сыннырского месторождения - сынныриты (фельдшпатоидные псевдолейцитовые сиениты).

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 базит-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 флишоидные, отчасти вулканогенные отложения девона и нижнего карбона, прорванные многочисленными интрузиями гранитоидов среднепалеозойского возраста. С последними связаны месторождения золота (Воскресеновское и др.), среднегерцинские олово-вольфрамовые (Шумиловское) и кварц-молибденитовые (Гутай) месторождения, связанные с позднескладчатыми гранитоидами. С постскладчатыми 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. Эти месторождения, а также низкотемпературную золото-сурьмяно-вольфрам-ртутную минерализацию Забайкалья связывают с процессами активизации (Щеглов, 1980. К категории очень крупных объектов относится Бaleyское и Тасеевское золото-серебряные месторождения. За период эксплуатации с 40-х годов прошлого века было добыто более 400 т золота. На 2001-й год по Бaleyскому месторождению числятся запасы золота 40,3 т со средним содержанием 2,1 г/т. На Тасеевском месторождении запасы золота 44,5 т при среднем содержании 3,5 г/т, серебра 184 т при среднем содержании 7,3 г/т. Геолого-структурная позиция Бaleyского рудного района определяется его положением в периферической северо-западной части мезозойской складчатой области Восточного Забайкалья.

**Дальний Восток** характеризуется преимущественно альпийским возрастом рудогенеза при скромной роли киммерийской эпохи (решающей для металлогении Северо-востока России). 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. В структурном отношении Дальний Восток России представляет Амурский геоблок (Минерагения, т 3, 2008). На юге он отделен от Северо-Китайской платформы разломом Вэйбэй. Северной границей геоблока служит Монголо-Охотская складчато-надвиговая система, отделяющая его от Алдано-Станового и Байкальского геоблоков. Внутренний каркас Амурского геоблока определяется наличием массивов с сохранившимися фрагментами кристаллического раннего докембрия.

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 синклиналия (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 в зоне мезозойской складчатости. На запасах крупнейшего *Дальнегорского* месторождения боросиликатных скарнов в Приморском крае работает Горнохимическая компания «Бор», выпускающая 100% боропродуктов России. Месторождение, открытое С. П. Соловьевым в 1943 г., локализовано в олистостромовом комплексе, терригенный матрикс которого содержит аллохтоны известняков триаса величиной от 150–300 м до 3,5 км. Простирается их северо-восточное, а падение на глубину под углами 70–80° до 1700 м. Скарны, генезис которых связывают с внедрением палеогеновых гранитоидов, развиты как по известнякам верхнего триаса, так и по вмещающим песчано-сланцевым породам.

В Западной, или Уссуро-Ханкайской зоне, известны месторождения железистых кварцитов (Кимканское, Гаринское) и метаморфизованные месторождения марганцевых руд (Южго-Хинганское), приуроченные к низам кембрийских отложений. Небольшие ме-

сторождения 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 Дальнего Востока является олово при второстепенном и локальном развитии Mo, W, Au, Fe, а также Pb, Zn, Sb, Hg.

**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 ( $J_3-Cr_1$ ), 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 средне-температурные плутоногенно-гидротермальные месторождения сульфидно-касситеритовых или сульфидно-вольфрамитовых руд, а также скарновые месторождения шеелита или касситерит-станнинных 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).

С молодыми гранитоидами связан комплекс низкотемпературных сурьмяно-ртутно-мышьяковых месторождений среди красных глин палеогенового возраста (в провинции Гуанси и Юнань).

Параллельно Внешней зоне Азиатской ветви протягивается Внутренняя зона ТМП со следующими рудными областями (по Магакьяну, 1974): 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 была накоплена мощная тоща вул-

каногенно-осадочных пород верхнего мела и палеогена. К ним приурочены многочисленные месторождения и рудопроявления медноколчеданных руд (Кимлинское рудное поле Камчатки и др.), а также эксгалиционно-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 неккам 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 зоны, Курил и Сахалина излияния познемиоценовых андезито-базальтов, позднеплиоценовых и четвертичных дацитов и риолитов, накопление больших масс ингимбритов и пемз, деятельность горячих минеральных источников. В кальдере одного из вулканов на острове Кунашир в начале XXI века разведано собственное эксгалиционное месторождение рения, обычно рассеянного в молибдените медно-порфировых руд.

**Японские острова.** В пределах Японского гряды островов (с севера на юг – Хоккайдо, Хонсю, Сикоку, Кюсю и др.) представлены 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. Палеозойские месторождения Японии представлены пластообразными марганцевыми и железо-марганцевыми рудами, иногда медистым пиритом, вероятно, эксгальционно-осадочного типа.

Мезозойские месторождения также представлены эксгальционно-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 «Куроко», 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 антагонистов – меди и олова (рудная провинция Икуно-Акенобе).

К миоценовой эпохе относятся пластовые пирролюзит-псиломелановые руды, связанные с подводным вулканизмом, а также сурьяно-ртутная минерализация, нередко с золотом. Минерализация четвертичного периода связана с деятельностью вулканов, изливавших андезиты и базальты. Характерны эксгальционные месторождения серы от плейстоценового до современного возраста. Все месторождения содержат различные количества пирита и других сульфидов.

Для Японии в целом очень характерны стратиформные залежи медистого пирита среди кристаллических сланцев (месторождение Бесси и др.), а также колчеданные месторождения 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. Широко развиты в Японии низкотемпературные вулканогенно-гидротермальные золото-серебряные месторождения миоплиоценового возраста.

**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 fumarol 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 мезо-кайнозойского возраста. Главными типами рудных месторождений, связанных с палеогеновым гранитоидным магматизмом, являются медноколчеданные и золото-серебряные руды. Наиболее известны месторождения Балаток, Антомок, Акупан (последнее за сорок 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 миоплиоценовыми кварцевыми диоритами, интрузивными дацитами и порфирами, пропилизированными 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 эксгаляционно-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 (асболоном). 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.

### **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.

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 гипербазиитами 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.** Кордильеры в пределах Канады принято делить 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 интрузий от триаса до палеогена, но главным образом позднемезозойский (поздняя юра – ранний и поздний мел). Гранитоиды представлены главным образом гранодиоритами и кварцевыми диоритами при подчиненной роли более кислых и более основных разновидностей.

Рудные гидротермальные 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 олово-вольфрам-молибден-бериллиевая провинция руд грейзенового типа характерных для Внешней (континентальной) зоны Тихоокеанского пояса. Слабо выраженная Внешняя зона намечается и у восточной окраины Британской Колумбии, где были открыты касситерит-сульфидные руды олова (месторождение Дэблин-Гэлч).

В Британской Колумбии, кроме того, известны магматические месторождения хрома (среди гипербазитов), скарновые вольфрама (с шеелитом) и железа (магнетитовые), гидротермальные ртуты (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 нижнемеловыми гипербазитами (небольшие месторождения хромита, проявления платины, алмазов в россыпях). В связи с гранитоидами выделяется два интенсивных периода рудогенеза:

1) Верхнемеловой-палеогеноый, связанный с внедрением гранодиорит-кварцдиоритовых 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, монзонит-порфиров и экструзиями риолитов, андезитов миоплиоценового 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.), ртуты (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 руды марганца - жилы и штокверки пиролюзит-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), 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 второ-

му – мио-плиоценовому периоду рудогенеза и внедрения монцонит-порфиров, андезитов, риолитов.

С андезитами и риолитами связаны крупные месторождения золото-серебряных (Эль-Оро) и серебряных (Вета Мадрэ, Пачука), сурьмяных, ртутных руды многочисленные мелкие проявления деревянистого олова (среди риолитов). Характерно пластообразное месторождение (Люцифер) марганцевых руд среди туфов плиоцена и жильное, метасоматическое месторождение Монтана-де-Манганезо.

Гидротермальное рудообразование продолжается и в настоящее время. Ярким примером являются «черные курильщики» Калифорнийского залива. Советскими учеными (экспедиция НИС «Академик Мстислав Келдыш») в 1986 г.д. 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, образованной 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 и месторождения марганца. В целом металогения этого региона изучена недостаточно.

**Антильские острова** (Куба, Гаити, Доминиканская республика и др.).

Металлогении Антильских островов свойственны черты Внутренней зоны Тихоокеанского пояса. На Кубе с широко развиты гипербазиты верхнемелового возраста, с которыми связаны крупные месторождения хромита. В связи с латеритным профилем выветривания гипербазитов развиты железные руды и руды силикатного никеля. На Кубе и о. Гаити известны эксгаляционно-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 (Минерагения, 2008).

Условия накопления мощных стратифицированных формаций существовали в Андийской зоне более 600 млн. лет - 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) (Крупные и суперкрупные месторождения, 2004. 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 месторожде-

ния 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.).

### **3.4. Уральский пояс**

Согласно современным представлениям Урал представляет северный сегмент суперлиниамента – глобального кольца рифтовых структур, расположенных вдоль Урало-Африканского геопотенциала (Овчинников, 1998). 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. Простирается Уральский пояс меридиональное от Пайхоя на севере до Мугоджар на юге; общее протяжение 4 тыс. км при ширине в среднем 500 км (рис. 1, 7).

Уральская подвижная зона 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 также с позиции тектоники литосферных плит (Овчинников, 1998).

В поясе Тагильского и Магнитогорского рифтов (рис. 7) в процессе спрединга к концу ордовика сформировалась океаническая кора. С формированием этого Главного эв-

геосинклинального пояса на стадии спрединга связаны два важных события: внедрение крупных протрузий гипербазитов и проникновение огромных масс океанической воды в

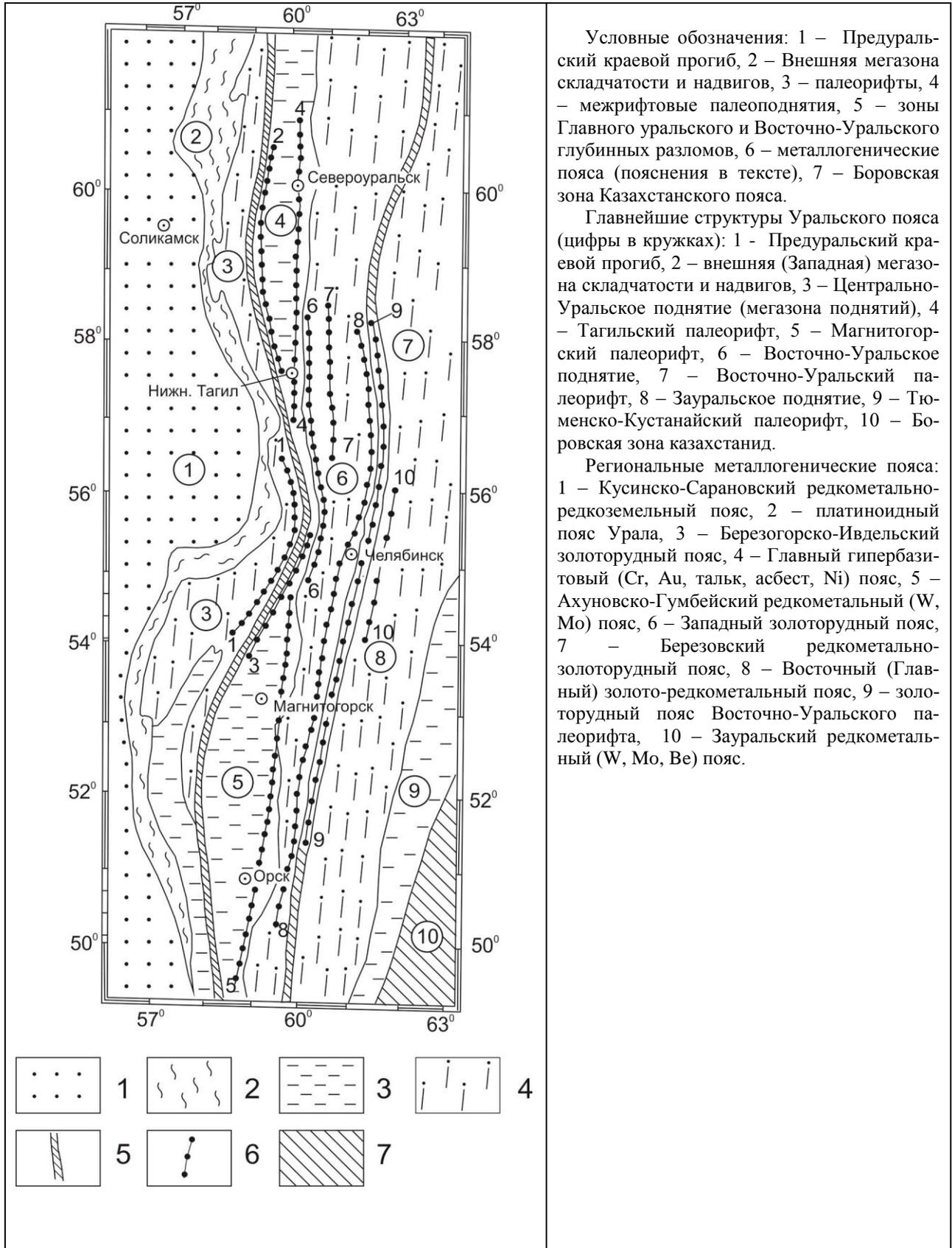


Рис. 7. Металлогенические пояса Урала (по Л.Н. Овчинникову).

литосферу, которая впоследствии стала основой флюидов, метаморфизирующих коровые образования и одновременно несущих рудообразующие металлы.

Начиная с венлокского времени (силурийский период, каледонский этап.) происходили тектоническое сжатие и формирование коры 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 (талек, 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 латеритным образованием в среднем девоне крупнейших месторождений бокситов (Красная Шапочка).

Герцинский этап – конструктивный (субдукционно-коллизионный), приведший к созданию Пангеи –2 в конце формирования Урала. Здесь резко изменяется профиль оруденения с переходом от мантийного халько-сидерофильного к коровому литофильному, ранее среди каледонидов почти не встречающемуся.

Образование Восточно-Уральского поднятия возможно 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. 5) многочисленные комплексные месторождения литофильных металлов (W, Mo, Be, Ta, Nb, Zr и др.) и других полезных образований, обычно в виде кварцево-жильных и пегматитовых тел, связаны с крупными гранитоидными плутонами и их саттелитами.

В целом возникла единая общеуральская система региональных металлогенических поясов меридионального простирания, которая обусловлена цепочечным распределением интрузивных массивов или вулканических аппаратов, связанных с источниками, генерирующими оруденение и неременной связью с проницаемыми границами мегазон и некоторых внутренних структур 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.

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

1. *Кусинско-Сарановский позднепротерозойский пояс.* Проходит в Центральноуральском поднятии. Этим поясом предваряется главный рудный процесс. В зоне Юрюзань-Зюраткульского глубинного разлома известен «редкометальный» (W, Mo и др. - к редким металлам до недавнего времени относили вольфрам, молибден, олово; теперь они входят в группу цветных металлов) пояс, включающий комплексное месторождение Сибирка, приуроченное к оперяющей тектонической зоне секущей отложения бакальской свиты. На Среднем Урале рудопроявления вольфрама, молибдена, бериллия связаны с метасоматитами по кварцевым порфирам позднего ордовика. С протерозойскими метаморфическими сланцами уфалейской свиты связано Ново-Тахтинское «редкометальное» 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 км<sup>2</sup>. 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 Богомоловское 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 (Золотая 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<sup>0</sup>; 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. 7). 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 нахо-

дится 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, Кумакский и Джетыгаринский. Главная особенность пояса – сочетание в районе г. Джетыгара крупных месторождений золота, талька (124 залежи) и хризотил-асбеста.

10. *Предполагаемый Зауральский 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 месторождений в пределах Уральского подвижного пояса определенно 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 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 вулка-

нитами. 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 простирацию Главного пояса от Мугоджар до Полярного Урала смена структур мегаблоков сопровождается увеличением к северу глубины поверхности «базальтового» слоя, уменьшения средних мощностей «базальтового» слоя и земной корпы 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 малая выявленная рудоносность северной половины Урала.

### **3.5. Алтае-Саянский пояс**

В состав Алтае-Саянского металлогенического пояса включены складчатые сооружения юго-западного обрамления Сибирской платформы: Восточный Саян, Тува, Западный Саян, Танну-Ола, Кузнецкий Алатау с Горной шорией, Горный Алтай, Салаир, а также Минусинская, Тувинская и Кузнецкая 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 (от кембрия до раннего девона) наиболее широко проявлен на всей территории Алтае-Саянского пояса. В раннюю стадию в ее пределах была кора с относительно тонким сиалическим слоем и неглубоким залеганием перidotитового субстрата. Об этом свидетельствует широкое развитие пород базальт-риолитовой формации, а также габброидов и гипербазитовых интрузий, а позже габбро-плагиогранитов. Со средним этапом развития каледонид связаны мощные флишеидные формации позднего кембрия и ордовика, перекрывающие нижний структурный ярус вулканогенно-осадочного кембрия. На орогенном (коллизонном) этапе сформированы каледонские интрузии гранитов батолитового типа.

Гипербазиты нижнего – среднего кембрия тассируют пояса 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.)

Герцинской 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 представлена посторогенными малыми интрузиями диабазов и лампрофиров с полиметаллическим, флюоридовым 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.

### **3.6. 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 простираение пояса около 6000 км при ширине до 2000 км. Наиболее интенсивные процессы складчатости, магматизма и минерализации происходили в герцинскую орогеническую эпоху и только в небольшой северо-западной части пояса главное значение имела каледонская орогеническая эпоха.

Выделяются следующие структурно-металлогенические зоны (с северо-востока на юго-запад) 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. Установлена 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 магматическими комплексами связана своя специфика минерализации: с гипербазитами — хромит, асбест; с гранодиоритами и породами средней основности — медь, свинец, цинк, золото, железо и др.; с ультракислыми аляскитовыми интрузиями — редкие металлы (W, Mo, Sn).

Толще протерозоя Карсакпайского района подчинены месторождения метаморфогенных железных руд типа железистых кварцитов, а среди вторичных кварцитов, связанных с малыми интрузиями гранитоидов, залегают крупные концентрации андалузи-

та и корунда (Семизбугу и др.). Большое значение для экономики Казахстана имеет крупное Карагандинское месторождение каменного угля (возраст  $C_3$ ) и ряд менее значительных угленосных бассейнов пермского и юрского возраста.

**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.

**Каратау и северные ветви Тянь-Шаня** (Южный Казахстан) характеризуются 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).

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

### **3.7. Среднеазиатский пояс**

Среднеазиатский металлогенический пояс (рис. 1) примыкает с юга к Казахстанскому и протягивается в близширотном направлении, охватывая территории четырех республик — Узбекской, Киргизской, Туркменской и Таджикской (кроме ее южной части, которая относится к Средиземноморскому глобальному поясу), 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 рудопроявления хромита и платиноидов (с гипербазитами), редкометалльных 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 (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.

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.

### 3.8. Западно-Европейский пояс

Западно-Европейский металлогенический пояс (рис. 8) охватывает значительные части Пиренейского полуострова (Португалия, Испания), Франции, юго-западной части Англии, ФРГ, ГДР и Чехословакии. Рудная минерализация проявлена особенно интенсивно в докембрийских террейнах (срединных массивах) Испанской Месеты, Центрально-Французском, Верхне-Рейнском (Вогезы и Шварцвальд), 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.

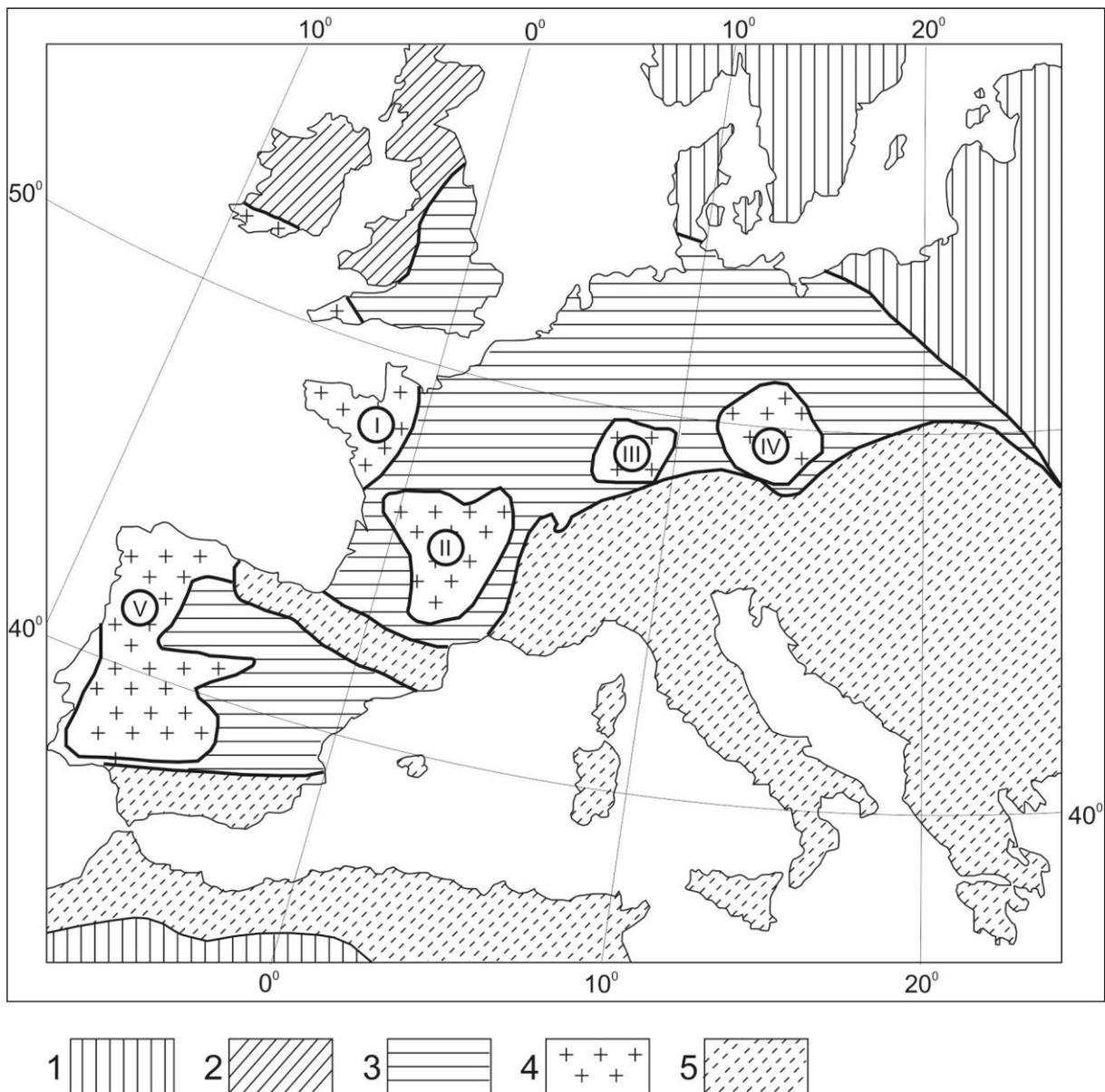


Рис. 8. Западно-Европейский металлогенический пояс (по Магакьяну, 1974)  
 Условные обозначения: 1 – докембрийские плиты; 2 – каледонский пояс (фрагмент Норвежско-Аппалачского); 3 – герцинский – Западно-Европейский пояс; 4 – срединные массивы: АМ – Арморикан-

ский, ЦФМ – Центрально-Французский, ВРМ – Верхнерейнский, ЧМ – Чешский (Богемский); 5 – киммерийско-альпийский пояс (фрагмент глобального Средиземноморского пояса).

**Испанская Месета.** В Испанской Месете, охватывающей центральную часть Испании (Кастилии) и почти целиком Португалию, с позедепермскими порфировидными гранитами генетически связана 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 эпитермальными жилами халцедоноподобного кварца с урановой смолкой, марказитом, флюоритом, иногда в ассоциации с месторождениями антимонита и барита, полиметаллических руд. Все эти гидротермальные 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. Массив представлен докембрийскими гнейсами, кристаллическими сланцами, филлитами, гранитоидами и другими интрузивными породами. Герцинские складчатые структуры близширотного простирания, прорваны гранитоидами с абсолютным возрастом 320—290 млн. лет.

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, гидротермальные 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.

В породах мезозойского чехла известны довольно крупные стратиформные свинцово-цинковые месторождения (Мелд и др.) на южной и восточной окраине Армориканского массива.

### **Центральный массив Франции.**

Докембрийский фундамент массива рассечен интрузиями позднегерцинских калиевых гранитов и более молодых гранит-порфиров; последние в северо-восточной части 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 тантало-колумбитом. Наиболее известны здесь месторождения Эшасьер и Монтебра. Абсолютный возраст гранитов Эшасьер и Монтебра 293—305 млн. лет.

Наибольший интерес представляет урановое оруденение района Форе (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 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. Абсолютный возраст его  $260 \pm 5$  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  $70 \pm 5$  млн. лет.

Значительные жильные месторождения сурьмы (стибнита и бертьерита) 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.

### **Верхне-Рейнский массив.**

Верхне-Рейнский массив находится в юго-западной части Германии. По геологическому строению и характеру металлогении эта область во многом сходна с описанными выше 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 гидротермальные месторождения пятиэлементной (Co—Ni—Bi—Ag—U) формации (Виттихен и др.), абсолютный возраст которых  $235 \pm 6$  млн. лет, что соответствует границе перми и 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 олигоценых. С наиболее молодыми баритовыми жилами ассоциируют проявления антимонита и пирролюзит-псиломелановых руд (район Эйзенбах).

**Чешский (Богемский) массив** располагается на территории Саксонии и Чехии, заходя немного в Юго-Западную Польшу. В пределах всего 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. С кислыми гранитами, богатыми летучими и металлами (B, 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 излияния щелочных базальтоидов со специфичной минерализацией.

Среди позднегерцинских рудных месторождений Чешского 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, Иоганнге-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, Иоганнгеоргенштадт; 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 Чешского массива в Гарце среди осадочной толщи девона, прорванной дайками кварцевых порфиров, фельзит-порфиров и диабазов герцинского возраста, 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 средней перми). 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 Чешскому массиву и составляющей в геологическом отношении часть последнего, с герцинскими (C<sub>3</sub>) 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 меди сосредоточены в сланцах и мергелях основания цехштейна (месторождение Любин и др.), очень сходные с Мансфельдом, 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 активизация вдоль разлома вызвала 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 брекчиях щелочных базальтов Богемии издавна известны пиропы оранжево-красные, густокрасные, пурпуровые; последние с наиболее высоким содержанием хрома (7%  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ). Вместе с пиропом присутствуют: циркон, корунд, шпинель, титаномагнетит, хромдиопсид, алмандин, апатит, сфен, монацит, алмазы (последние найдены в аллювии). Известны дайки мелилитовых базальтов и кимберлитоподобных пород, с которыми связаны небольшие коренные проявления алмазов.

В целом Западная Европа, площадь которой занимают герцинский и мезокайнозойский подвижные складчатые пояса обладает ограниченными, по современным масштабам потребления, ресурсами полезных ископаемых. Для иллюстрации сказанного приведем сведения о запасах некоторых стран (Минерагения, 2008).

Австрия была одним из наиболее крупных мировых поставщиков высококачественного графита. В последние годы горнорудная промышленность Австрии не развивается.

Албания располагает месторождениями хромовой руды, меди и нефти. Запасы хрома (по данным на 2000 год) составляют 8,6 млн. т – 0,2% мировых запасов. Подтвержденные запасы меди 725 тыс. т – 0,12% мировых запасов. Запасы нефти – около 550 млн. т.

Горнорудное производство Болгарии включает добычу меди, железа, свинца, цинка, марганца. Дополнительные продукты – золото, серебро, молибден и другие металлы, по-

лучают при переработке полиметаллических руд. Запасы марганцевых руд составляют 180 млн. т (2,1% мировых); запасы свинца 1540 тыс. т со средним его содержанием в рудах 2,3% (1,3% мировых), золота – 180 т (0,5% мировых).

Великобритания является ведущим производителем нефти и природного газа в ЕС. Установлено более 100 газовых и нефтяных полей. Подтвержденные запасы нефти, размещенные главным образом в центральной части Северного моря, составляли на 01.01.2005 около 4 млрд. баррелей. В 2006 г. началась добыча золота в графстве Тайрен в Северной Ирландии с потенциальными ресурсами 9300 кг золота с содержанием в рудах около 7 г/т.

Германия крупнейший в мире производитель калийных солей, но сырьевая отрасль страны в основном зависит от импорта руд металлов.

Греция – лидирующий производитель бокситов, магнезита, никеля и перлита в Европейском сообществе. Золото планируется добывать на полиметаллических месторождениях Олимпиас и Стратони, которые содержат золото, свинец, серебро и цинк, а также на золото-медно-порфировом месторождении Скури. Запасы месторождения Стратони составляют 1,9 млн. т руды с содержанием 8,1% свинца, 10 8% цинка и 190 г/т серебра. Добыча латеритного никеля производится на трех месторождениях. Ежегодная добыча никеля обеспечивает около 6% потребности европейского рынка в этом металле.

Ирландия главный производитель свинца и цинка Европейском сообществе и один из ведущих экспортеров этих металлов. Стратиформные свинцово-цинковые месторождения размещены преимущественно в породах каменноугольного возраста в области Мидланд и сходны с оруденением миссисипского типа в США.

Испания располагает богатыми месторождениями меди, железной руды, ртути, олова и пиритов с высоким содержанием меди, свинца и цинка. Это наиболее минерализованная территория Западной Европы. По добыче металлических и неметаллических полезных ископаемых занимает одно из ведущих мест в Европейском сообществе и соответственно одно из главных мест по самообеспечению минеральным сырьем. Объем производства большинства металлов, в том числе меди, свинца, серебра, урана и цинка с 1985 года неизменно сокращается.

### **3. 8. Норвежско-Аппалачский пояс**

Норвежско-Аппалачский металлогенический пояс охватывает территории Норвегии (кроме ее крайней южной части), Шотландии и северных частей Англии и Ирландии, прослеживаясь дальше через Атлантический океан 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 каледонского цикла связаны многочисленные и часто довольно крупные месторождения. Среди ультраосновных пород залегают гнезда, шпирсы, участки вкрапленных руд хромита (в Южной Норвегии), а с габбро 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.

Древнейшие архейские толщи островного региона несогласно перекрыты протерозойской вулканогенной толщей и отложениями нижнего кембрия. К толще протерозоя относятся золотоносные сланцы Мегума и кварциты Новой Шотландии. 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».

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).

С базитами - гипербазитами тесно ассоциируют месторождения асбеста мирового значения (Тетфорд-Майн и др. в Квебеке), 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 Шотлан-

дии (Гольденвилл, Гольд-Ривер и др.), медно-никелевые руды (месторождение Роджер в Нью-Брансуике). На контакте с гранитоидами каледонского возраста (абс. возраст 390 млн. лет) в провинции Квебек образовалось крупное скарновое месторождение медно-молибденовых руд - Мурдохвил.

По металлогеническим стадиям развития месторождения распределены следующим образом.

Начальные и ранние стадии (ордовик и силур): асбест, хром, 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, 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.

### **3. 10. 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 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 присутствуют докембрийские террейны северной краевой части Африканского щита, широко развиты метаморфизованные вулканогенно-осадочные породы среднего - верхнего палеозоя, перекрытые терригенными (песчаники, конгломераты) и карбонатными (известняки, доломиты) толщами мезозойского возраста.

Древнейшие магматические породы представлены мусковитовыми гранитами архейского фундамента и нижнепротерозойскими гранитами, сопровождаемыми пегматитами. Докембрийские породы пересекаются главным разломом Антиатласа субширотного про-

стирания, вдоль которого обнажается цепочка протерозойских интрузий гипербазитов. Докембрийские породы и породы нижнего палеозоя пересечены дайками долеритов и габбро 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.

Стратиформные месторождения юрского чехла являются вторичными по отношению к месторождениям фундамента: они возникли в результате ремобилизации и переотложения металлов.

Месторождения меди имеют гораздо меньшее значение. 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).

Стратиформные месторождения марганца приурочены к разновозрастным формациям верхнего протерозоя, представленного вулканогенно-обломочными породами, с марганцевой минерализацией (Тиуин и Идикель); к карбонатной фации лейаса (Бу-Арфа); в доломитово-песчаниковой фации сеномана (Имини). Промышленно наиболее интересным является осадочное месторождение Имини с богатыми пиролюзитовыми 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 урановосмолковое 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 по-

род, в брекчированных зонах и вдоль трещин в виде жил. 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  $240 \pm 10$  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 (Уншан в Восточном Рифе).

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

### **3. 11. Кам-Юньнаньский пояс**

Кам-Юньнаньский металлогенический пояс расположен юго-западнее Китайской платформы на стыке складчатых структур мезо-кайнозоя и верхнего палеозоя (рис. 1). Простирается близмеридиональное, протяжение около 800 км при ширине в среднем до 300 км. Складчатость, магматизм и минерализация наиболее интенсивно проявились в каледонскую и слабее в герцинскую эпохи.

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

Здесь известны небольшие по масштабу месторождения хромита среди дунитов и перидотитов, титаномагнетитовые ванадийсодержащие руды, 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. 12. 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. Локально вдоль восточного побережья Куинсленда проявились мезозойская складчатость, магматизм и минерализация.

По возрастному признаку в пределах Восточно-Австралийского пояса выделяют следующие магматические и связанные с ними рудные комплексы (от более древних к молодым):

1. Гипербазиты и базиты среднего и верхнего кембрия о. Тасмания с месторождениями медно-никелевых руд и проявлениями платиноидов (Pt, 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 наиболее крупные месторождения Тасмании: медное Маунт-Лайелль, полиметаллические Зихан и Роз-бери, оловянные Маунт-Бишоф, Маунт-Кливленд, Аберфойл и Ренисон-Белл.

4. Гранитоиды раннегерцинского (C<sub>2</sub>) цикла, представлены в Квинсленде и Новом Южном Уэльсе. С ними связаны значительные месторождения меди (Маунт-Морган, Чиллаго и др.), а также ряд месторождений золота, полиметаллических и вольфрамомолибденовых руд в виде трубообразных тел среди грейзенизированных гранитов (Вольфрам-Камп и Бэмфорд).

5. Гранитоиды позднегерцинского (P—T) 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 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 открыты крупные скарновые месторождения шее-

лита и молибденита (Рэй-Парк) герцинского возраста. Значительное месторождение шелитоносных скарнов 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 алювиально-россыпные месторождения касситерита, вольфрамитов, золота (вместе с золотом добывается немного осмистого иридия). Большое значение имеют латеральные россыпи вдоль побережья Квинсленда, содержащие рутил, циркон, ильменит, монацит и др.

### **3. 13. Главные черты металлогении складчатых подвижных поясов**

В складчатых подвижных поясах, независимо от возраста их складчатости и рудогенеза можно выделить три типа рудоносных площадей, 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 руды: Fe, Ti, V, Cr, платиноидов, 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-Юнанийский пояса.

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

*Третий – промежуточный тип*, к которому можно отнести Алтае-Саянский, Среднеазиатский, Таймырский, Атласский и Капский металлогенические 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.

Складчатые подвижные пояса – области с завершённой складчатостью – также как и щиты с их платформами и срединные массивы складчатых поясов подвергаются глубоким движениям, автономной тектоно-магматической активизации, которая сопровождается магматизмом и соответствующей рудной минерализацией.

#### 4. Металлогения активизированных зон

Процессы активизации не связаны непосредственно с развитием других структурных форм Земли, поэтому А. Д. Щеглов (1968) считает целесообразным ввести новый термин - области автономной тектоно-магматической активизации. Металлогения этих областей рассматривается в последнее время с позиций нелинейной металлогении (А.Д.Щеглов, И.Н. Говоров, 1985).

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» (А.Д.Щеглов, И.Н. Говоров, 1985, с. 21).

Характеристику металлогении областей тектоно-магматической активизации нередко дают по геологическому возрасту активизации с выделением домезозойских, мезозойских и альпийских областей. Целесообразно выделять и характеризовать отдельно металлогению активизированных щитов и платформ, срединных массивов и областей с завершённой складчатостью (Магакьян, 1974).

##### 4.1. Металлогения активизированных участков щитов и их платформ

Процессы активизации со специфичной металлогенией захватывают как архей — нижнепротерозойский фундамент щитов, так и платформенный чехол более молодых пород, перекрывающих фундамент. Процессы активизации связаны с оживлением крупных зон разломов древнего заложения, вдоль которых происходило внедрение магматических комплексов, чаще всего, щелочных гранитоидов и ультраосновных-щелочных пород, реже основных-ультраосновных, несущих богатое и разнообразное оруденение. При этом возраст магматических комплексов и рудной 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, хорошо изучены на территории в пределах Балтийского щита и особенно Кольского полуострова. Здесь выделяются три периода активизации: верхнепротерозойский, среднепалеозойский и верхнепалеозойский.

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, месторождениями флогопита и вермикулита. Тела карбонатитовых интрузий выявлены в зоне Кандалакшского залива.

С периодом верхнепалеозойской активизации хорошо увязывается внедрение щелочных комплексов Хибин и Ловозера, с которыми связаны уникальные концентрации апатита и лопаритовых руд.

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 месторождения шеелит-молибденитовых руд и проявлений сурьмы и ртути .

Промышленно важными являются месторождения алмазов Архангельской кимберлитовой провинции, выявленные в 70-х годах прошлого века - трубки «Ломоносова», «Пионерская», «Гриба» и др.

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 пироба.

На юге Русской платформы, в пределах Воронежского кристаллического массива с протерозойской активизацией связано внедрение карбонатитов с рудами апатита и ильменита (месторождение Дубравинское); базит-гипербазитовых интрузий, несущих медно-никелевое (с кобальтом, платиной, палладием) оруденение (месторождения Подколодновское, Нижнемамонское, Еланское и др).

В Донбассе, 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 (Никитовское месторождение и др.), интенсивная флюоритовая минерализация (Волновахская площадь), проявления золота и алмазов (последние установлены пока только в шлихах).

В Приазовье развит верхнепротерозойский щелочной комплекс (возраст около 1 млрд. лет) с карбонатитовой и редкометальной минерализацией.

**Сибирский щит и его платформа** подвергались активизации неоднократно. Древняя протерозойская активизация проявилась в пределах Алданского щита. С интрузиями ульт-

траосновных-щелочных пород (Инагли, Кондер), связаны редкометальные карбонатиты, титаномагнетит и платина (последняя в дунитах центральных частей кольцевых интрузий).

Особенно ярко выражены процессы активизации в южной части Алданского щита. С верхнеюрским — нижнемеловым периодом активизации 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.

К верхнепалеозойской и, главным образом, мезозойской активизации, широко охватившей Сибирскую платформу, приурочены излияния базальтов трапповой формации, внедрение ультраосновных—щелочных интрузий маймеча-котуйского карбонатитового комплекса с уникальными запасами редких и редкоземельных металлов (месторождение Томтор и другие), формирование кимберлитовой провинции Якутии (трубки «Мир», «Айхал», «Майская», Мало-Тоубинская» и др.).

С габбро-диабазами трапповой формации тесно связаны медно-никелевые (с кобальтом, платиноидами) Норильское и Талнахское месторождения, скарновые месторождения железных руд (Коршуновское).

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.

**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 раннемезозойского возраста связано внедрение единичных тел кимберлитов, с которыми ассоциируют алмазы.

**Канадский щит и его платформа** 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.

Крупное карбонатитовое месторождение Ока известно близ г. Монреаль с минерализацией ниобия, редких земель, урана и апатита, абс. возраст которого 95 млн. лет. Примерно того же возраста карбонатитовое месторождение Маунтин-Пас (США, Калифорния) с крупными запасами бастнезитовых руд.

С мезо-кайнозойской активизацией (50—55 млн. лет) 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 редкометальных 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.

С гранитоидами связаны крупные поля редкометальных 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 редкометальных 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.

#### **Индийский щит и его платформа.**

С рифейской активизацией связаны кимберлитовые трубки в алмазоносном районе Панни. С процессами активизации мелового — эоценового возраста связаны излияния де-канских траппов и внедрение ассоциирующих с ними основных и ультраосновных-щелочных пород с проявлениями карбонатитов.

Процессы активизации проявились в Северной Индии в районе Раджмахала на востоке до Ревы и Панни на западе, будучи выражены сводово-глыбовыми движениями и внедрением перидотитов и даек долеритов среднеюрского возраста

#### **Западно-Австралийский щит и его платформа.**

Процессы активизации изучены недостаточно. 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 смолково-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 Баррейру-ди-Араша (133—51 млн. лет) и Посуди-Калдас (147—110 млн. лет), и интрузивным магматическим характером карбонатов, очень сходных по условиям образования и составу с африканскими.

В западной части шт. Минас-Жерайс с мезозойской активизацией связаны алмазные кимберлиты.

#### **4.2. Металлогения активизированных срединных массивов**

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 геологического цикла, вследствие которого образовалась складчатая область, включающая срединные массивы; 2) металлогенической эпохе данной складчатой области; 3) наложенного в связи активизацией срединных массивов в последующие циклы геологического развития.

В развитии срединных массивов А. Д. Щеглов (1980) 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 прогибов (Богемский, Буреинский и другие массивы).

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

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, а также Родопский), срединные массивы Турции и Ирана; Буреинский и Ханкайский массивы на востоке России. Они характеризуются самостоятельностью (автономностью) развития вне связи с киммерийскими

или альпийскими складчатыми структурами. 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 (1987), поэтому в данном пособии 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 каледонских геосинклиналей, окружающих массив, последний 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 с массивами ультраосновных и кислых интрузивных пород протерозойского возраста. окаймлен Крупные зоны разломов отделяют массив от каледонских складчатых структур.

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

В верхнем палеозое — нижнем мезозое, в связи с процессами тектономагматической активизации, внедрялись щелочные интрузии, с которыми увязываются щелочные пегматиты и альбититы с редкоземельной минерализацией.

Таким образом, в развитии Снгиленского 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 активизацией и магматизмом с золоторудной верхнекембрийской минерализацией. Третий период автономной активизации пермско-нижнемезозойского возраста сопровождался щелочным магматизмом с редкоземельной минерализацией.

**Буреинский массив** разделяет складчатые области Восточного Забайкалья и Сихотэ-Алиня (рис. 1 ). Процессы активизации проявились неоднократно. В раннем мезозое (триас-юра) интрузии гранитов и гранодиоритов сопровождалась формированием месторождений олова, вольфрама и молибдена. В меловое время активизация проявилась в центральных районах массива формированием прогибов с континентальными эффузивами и субвулканическими интрузиями гранит-порфиров с минерализацией сульфидно-касситеритовой формации (месторождение Хинганское).

**Ханкайский массив** расположен среди складчатых структур Сихотэ-Алиня. Активизация пермского периода характеризуется внедрением граниов с олово-вольфрамовой и флюоритовой минерализацией. В мезо-кайнозойское время вдоль молодых разломов в рыхлых отложениях содержится повышенная концентрация киноварь

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

**Колымский массив** расположен Верхояно-Колымской и Новосибирско-Чукотской складчатых системами мезозоя (рис. 6 ). Наиболее интенсивная активизация проявилась в мезозое. В основном это трещинные субвулканические интрузии гранитоидов раннемелового возраста. Наложенная минерализация выражена месторождениями олова. В палеогене внедрялись небольшие интрузивы тешенитов и эссекситов.

Оруденение концентрируется, главным образом, вокруг массива в складчатых зонах, почти не проникая в пределы массива.

**ОМОЛОНСКИЙ МАССИВ** расположен восточнее Колымского. В связи с активизацией проявились позднемеловые граниты, гранодиориты, щелочные габброиды и сиениты. С гранитоидами связаны месторождения молибдена, золота, с щелочными породами тантал-ниобиевая минерализация.

#### **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, а также низкотемпературные флюоритовые месторождения. Типичным примером молибден-вольфрамового рудного поля является Джидинское, где кварц-молибденитовая стадия минерализации предшествует кварц-гюбнеритовой. 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 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 развита низкотемпературная минерализация золота, сурьмы, ртути, вольфрама, представленная в Западном Забайкалье проявлениями, а в Восточном Забайкалье — промышленными концентрациями золота (Балей-Тасеево) и комплексных киноварь-антимонит-ферберитовых руд (Барун-Шивеинское, Ново-Ивановское и др.).

*Алтай-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 принято считать позднегерцинским или мезозойским.

#### **4.4. Общие черты металлогении областей автономной тектоно-магматической активизации**

Области автономной тектоно-магматической активизации, как следует из вышеизложенного, характеризуются богатой и своеобразной металлогенией.

На щитах и их платформах возраст активизации колеблется от раннего протерозоя 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 и, главным образом, в мезо-кайнозойское время. Она проявлена внедрением гранитоидных интрузий, с которыми ассоциируют месторождения кварц-касситерит-вольфрамитовой, пятиэлементной (Co—Ni—Bi—Ag—U), кварц-арсенопирит-золоторудной, ураново-смолковой, полиметаллической, сурьяно-ртутной и флюоритовой минерализации.

В областях с завершенной складчатостью активизация также имела место в позднегерцинское и в мезо-кайнозойское время, 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 медь, никель, кобальт, олово, вольфрам, молибден, уран, свинец и цинк, сурьма, ртуть, золото, тантал, ниобий, редкоземельные элементы, 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 (главные рудные пояса). М.: Недра, 1974. – 304с.

#### Дополнительная

4. Абрамович И.И. Металлогения. М.: ГЕОКАРТ-ГЕОС, 2010 – 328 С.
5. Белевцев Я.Н. Метаморфогенное рудообразование. М.: Недра, 1979. - 275 с.
6. 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.
7. Билибин Ю.А. Металлогенические провинции и металлогенические эпохи. М., 1955.
8. Билибина Т.В. Основные черты металлогении щитов и областей их активизации. // Проблемы региональной металлогении: Труды ВСЕГЕИ, новая серия. Т.191. Л., 1973.
9. Билибина Т.В., Казанский В.И., Кратц К.О. Рудные формации и рудоносные структуры раннего докембрия. // Геология рудных месторождений. 1976. № 4.
10. Буряк В.А. Метаморфизм и рудообразование. М., 1982. – 256 с.
11. Геодинамический анализ и закономерности формирования и размещения месторождений полезных ископаемых. – Л.:ВСЕГЕИ, 1987. – 267 с.
12. Геологический словарь. В трех томах. СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2010.
13. 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.
14. Железисто-кремнистые формации докембрия Европейской части СССР. Прогнозная оценка железорудных месторождений. – Киев: Наукова думка, 1990. – 192 с.
15. Ильин К.В. Региональная металлогения СССР. М., Недра, 1974. -237 с.
16. Кривцов А.И. Методология и объекты металлогенического анализа и прогнозных построений: состояние и перспективы. Отечественная геология. 5/1995, с.3-11.
17. Крупные и суперкрупные месторождения: закономерности размещения и условия образования /под редакцией Д.В.Рундквиста/. М.: ИГЕМ РАН, 2004. 430 с.
18. Металлогенический кодекс России. М.: Геокарт-ГЕОС, 2012. - 126 с.
19. Металлогения восточной части Балтийского щита. Л., Недра, 1980. – 247с.
20. Металлогения Карелии. Петрозаводск: Карельский филиал АН СССР, 1982. – 201с.

21. Металлогения рядов коллизионных геодинамических обстановок. В 2-х томах. – М.:Геос, 2002. Т.1. – 410 с.
22. Металлогения складчатых систем с позиций тектоники плит. Екатеринбург: УрО РАН, 1996. – 248с
23. Металлогения Украины и Молдавии. Киев: Наукова Думка, 1974. – 511с.
24. Минерагения. Энциклопедический справочник "Планета Земля". СПб, 2008.
25. Митчел А., Гарсон М. Глобальная тектоническая позиция минеральных месторождений. М., Мир, 1984. – 496 с.
26. Овчинников Л.Н. Образование рудных месторождений. – М.: Недра, 1988. – 255с.
27. Овчинников Л.Н. Прогноз рудных месторождений. – М.: Недра, 1992. –308с.
28. Основы металлогенического анализа при геологическом картировании. // Металлогения геодинамических обстановок. Москва, 1995. – 468с.
29. Рудоносность и геологические формации структур земной коры. /Под. ред. Д.В. Рундквиста. - Л.: Недра, 1981.
30. Рундквист Д.В., Ткачев А.В., Черкасов и др. Крупные и суперкрупные месторождения рудных полезных ископаемых. В трех томах. Том 1. Глобальные закономерности размещения. М.: ИГЕМ РАН, 2006. – 390с.
31. Смирнов В.И. Очерки металлогении. М.: Госгеолтехиздат, 1963. – 164 с.
32. Смирнов В.И. Геология полезных ископаемых. М.: Недра, 1989.
33. Смирнов В.И. Периодичность рудообразования в геологической истории. // Металлогения и рудные месторождения. М., 1984, с. 3 – 17.
34. Твалчрелидзе Г.А. Металлогения земной коры. М., Недра, 1985. – 273 с.
35. Филатов Е.И., Ширай Е.П. Формационный анализ как основа прогнозно-металлогенических исследований. Отечественная геология. 5/1995, с.34-38.
36. Фролов А.А., Толстов А.В., Белов С.В. Карбонатитовые месторождения России. – М.: НИИ-Природа, 2003. – 494с.
37. 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.
38. Шер С.Д. Металлогения золота. М., 1974. – 256 с.
39. Щеглов А.Д. Основные проблемы современной металлогении. Л., Недра, 1987.
40. Щеглов А.Д. Основы металлогенического анализа. М., Недра, 1980.
41. Щеглов А.Д. Металлогения областей автономной активизации. Л., 1968.
42. Щеглов А.Д., Говоров И.Н. Нелинейная металлогения и глубины Земли. М.: Наука, 1985. – 324 с.