



Федеральное государственное бюджетное учреждение  
“Всероссийский научно-исследовательский институт  
минерального сырья им. Н.М. Федоровского  
(ФГБУ “ВИМС”)

## ИНФОРМАЦИОННО- АНАЛИТИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ:

МИРОВЫЕ ДОСТИЖЕНИЯ  
РАЗВИТИЯ ТЕХНОЛОГИЙ, МЕТОДОВ И  
МЕТОДИК ПРОГНОЗИРОВАНИЯ И  
ПОИСКОВ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

СЕРИЯ:  
ГЕОЛОГО-ГЕНЕТИЧЕСКИЕ  
МОДЕЛИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Москва 2023 г.

## Обзор 4

## ГЕОЛОГО-ГЕНЕТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ СЕВЕРО-ВОСТОЧНОЙ АЗИИ

РЕДАКТОР-СОСТАВИТЕЛЬ:  
В.В. Коротков

СОДЕРЖАНИЕ:	стр.
1. ВВЕДЕНИЕ.....	3
2. КЛАССИФИКАЦИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ.....	4
3. МЕСТОРОЖДЕНИЯ, СВЯЗАННЫЕ С ИНТРУЗИВНЫМИ МАГМАТИЧЕСКИМИ ПОРОДАМИ.....	5
3.1. Месторождения, связанные с основными и ультраосновными комплексами.....	5
3.1.1 Месторождения, связанные с рифтогенными, основными и ультраосновными комплексами.....	5
3.1.2 Месторождения, связанные с офиолитовыми комплексами.....	8
3.1.3 Месторождения, связанные с анортозитовыми комплексами.....	9
3.1.4 Месторождения, связанные с кимберлитами.....	10
3.2. Месторождения, связанные с интрузиями кислого и среднего состава.....	11
3.2.1 Пегматиты.....	11
3.2.2 Грейзены и кварцевые жилы.....	14
3.2.3 Щелочные метасоматиты.....	17
3.2.4 Контактново-метасоматические скарны.....	18
3.3 Месторождения порфировых, гранитоидных плутонов.....	26
3.4. Месторождения, связанные со щелочными интрузиями.....	35
3.4.1 Месторождения, связанные с карбонатитами.....	35
3.4.2 Щелочно-кремнистые месторождения.....	39
3.4.3 Щелочно-габброидные месторождения.....	41
4. МЕСТОРОЖДЕНИЯ, СВЯЗАННЫЕ С МОРСКИМИ ЭКСТРУЗИВНЫМИ ПОРОДАМИ.....	44
4.1 Массивные вулканические сульфиды VMS.....	44
4.2 Вулканогенно-осадочные месторождения.....	47
4.3 Месторождения, связанные с субаэральными экструзивными породами.....	50
4.3.1 Месторождения, связанные с основными экструзивными породами и дайковыми комплексами.....	50
4.3.2 Месторождения, связанные с кислыми экструзивными породами и дайковыми комплексами.....	54
5. МЕСТОРОЖДЕНИЯ, СВЯЗАННЫЕ С ГИДРОТЕРМАЛЬНО-ОСАДОЧНЫМИ ПРОЦЕССАМИ.....	66
5.1. Стратиформные и пластовые месторождения.....	66
5.2 Осадочные месторождения.....	70
5.3 Полигенетические карбонатные месторождения.....	74
6. МЕСТОРОЖДЕНИЯ, СВЯЗАННЫЕ С МЕТАМОРФИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ.....	76
6.1. Осадочно-метаморфические месторождения.....	76
6.2 Месторождения, связанные с регионально метаморфизованными породами.....	80
7. МЕСТОРОЖДЕНИЯ, СВЯЗАННЫЕ С ПОВЕРХНОСТНЫМИ ПРОЦЕССАМИ.....	87
7.1 Месторождения кор выветривания.....	87
7.2 Россыпи.....	88
8. ЭКЗОТИЧЕСКИЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ.....	90
Источники, Ссылки.....	92

## 1 ВВЕДЕНИЕ

Металлоносные и неметаллоносные месторождения Северо-Восточной Азии (Восточная Россия, Монголия, Северный Китай, Южная Корея и Япония) классифицируются по различным моделям или типам. Модели месторождений основаны как на описательной, так и на генетической информации, систематизированной для описания основных свойств каждого класса месторождений.

Для классификации месторождений используются три основных принципа: 1) процессы рудообразования тесно связаны с процессами порообразования, а месторождения возникают в результате дифференциации минеральных масс при их постоянном круговороте в осадочных, магматических и метаморфических процессах (Обручев 1928, Смирнов 1969); 2) классификация должна быть понятна пользователю и 3) классификация должна быть открытой, чтобы добавлять новые типы месторождений полезных ископаемых.

Используемые модели подразделяются на четыре группы в соответствии с основными геологическими процессами: 1) месторождения, связанные с магматическими процессами; 2) месторождения, связанные с гидротермально-осадочными процессами; 3) месторождения, связанные с метаморфическими процессами и 4) месторождения, связанные с поверхностными процессами. Каждая группа включает несколько классов; например, группа месторождений, связанных с магматическими процессами, включает два класса: 1) связанные с интрузивными породами; и 2) связанные с экструзивными породами. Наиболее детально подразделяются месторождения, связанные с магматическими процессами, поскольку они наиболее распространены в регионе. В этой классификации модели рудных месторождений, имеющие сходное происхождение, такие как магнезиальные и (или) известково-скарновые или порфиновые месторождения, объединяются в один класс с несколькими типами (или видами) внутри.

Материал был подготовлен группой российских, китайских, монгольских, южнокорейских, японских и американских геологов, участвовавших в международном проекте «Крупные месторождения полезных ископаемых, металлогенез и тектоника Северо-Восточной Азии» (Российской академии наук, Монгольская академия наук, Монгольский национальный университет, Монгольский технический университет, Управление минеральных ресурсов Монголии, Геологический научно-исследовательский институт, Цилиньский университет, Китайская геологическая служба, Корейский институт геолого-геофизических исследований и минеральных ресурсов, Геологическая служба Японии и Геологическая служба США).

## 2. КЛАССИФИКАЦИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ.

Приведенная ниже классификация является дальнейшим развитием классификаций месторождений полезных ископаемых Смирнова (1969), Экстранда (1984), Кокса и Сингера (1986), Киркхэма (1993) и Ноклеберга и др. (1997). В классификации Смирнова (1969) месторождения группируются в шесть иерархических уровней металлогенических таксонов по таким устойчивым признакам, как: 1) среда формирования вмещающих и генетически связанных пород, 2) генетические особенности месторождения и 3) минеральный и (или) элементный состав руды. Шесть иерархических уровней следующие.

1. Группа месторождений.
2. Класс депозитов.
3. Клан депозитов.
4. Семья месторождений.
5. Род месторождений.
6. Типы месторождений (модели).

Иерархическое ранжирование моделей месторождений показано в таблице 1 (для простоты часть уровней опущена).

Таблица 1. Иерархическое ранжирование моделей рудных месторождений

### **Месторождения, связанные с интрузивными магматическими породами**

#### ***Месторождения, связанные с основными и ультраосновными комплексами***

*Месторождения, связанные с рифтогенными основными и ультраосновными комплексами*

*Месторождения, связанные с офиолитовыми комплексами*

*Месторождения, связанные с анортозитовыми комплексами*

*Месторождения, связанные с кимберлитами*

#### ***Месторождения, связанные с интрузиями среднего и кислого состава***

*Пегматиты*

*Грайзены и кварцевые жилы*

*Щелочные метасоматиты*

*Контактово-метасоматические скарны*

#### ***Месторождения порфировых, гранитоидных плутонов***

#### ***Месторождения, связанные со щелочными интрузиями***

*Месторождения, связанные с карбонатитами*

*Щелочно-кремнистые интрузивные месторождения*

*Щелочно-габброидные интрузивные месторождения*

### **Месторождения, связанные с морскими экструзивными породами**

*Массивные вулканические сульфиды VMS.*

*Вулканогенно-осадочные месторождения*

*Месторождения, связанные с субаэральными экструзивными породами*

*Месторождения, связанные с основными экструзивными породами и дайковыми комплексами*

*Месторождения, связанные с кислыми экструзивными породами и дайковыми комплексами*

**Месторождения, связанные с гидротермально-осадочными процессами**

*Стратиформные и пластовые месторождения*

*Осадочные месторождения*

*Полигенные карбонатные месторождения*

**Месторождения, связанные с метаморфическими процессами**

*Осадочно-метаморфические месторождения*

*Месторождения, связанные с регионально метаморфизованными породами*

**Месторождения, связанные с поверхностными процессами**

*Месторождения кор выветривания*

*Россыпные месторождения*

**Экзотический депозиты**

**3. МЕСТОРОЖДЕНИЯ, СВЯЗАННЫЕ С ИНТРУЗИВНЫМИ МАГМАТИЧЕСКИМИ ПОРОДАМИ**

**3.1. Месторождения, связанные с основными и ультраосновными комплексами**

**3.1.1 Месторождения, связанные с рифтогенными, основными и ультраосновными комплексами.**

***Cu-Ni-PGE, родственные основным и ультраосновным породам***  
(Eckstrand, 1984; Пейдж, 1986с; Дюжиков и др., 1988 г.)

Месторождения Cu-Ni-PGE, связанные с основными и ультраосновными породами, состоят из магматических медно-никелевых сульфидных месторождений в дифференцированно слоистых основных, ультраосновных интрузиях, которые обычно встречаются в кратонах и обычно связаны с внутриконтинентальными рифтами и базальтами. Основные и ультраосновные фазы слоистых интрузивных комплексов включают перидотиты, пироксениты, габбро, нориты, пикриты, троктолиты, габбро и диабазы. Месторождения могут формироваться либо в подошве основной интрузии или вблизи. Соответствующие слои или линзы обычно располагаются в локальных углублениях или заливах, у основания вторжения. Минералы массивны, сульфиды, сульфидно-матричные брекчии, интерстициальные сульфидные сети и рассеянные сульфиды. В хорошо сохранившихся месторождениях богатые участки встречаются близко к основанию и перекрыты редкими рассеянными сульфидами. Сульфидные жилы и вкрапленность обычно проникает в подошвенные породы. Минералы сложные, содержат Ni и Cu наряду с ЭПГ, Co, Se, Te, и Au, включают пентландит, халькопирит, кубанит, миллерит, пирротин, различные минералы ЭПГ, пирит, сфалерит и марказит в ассоциации с плагиоклазом, гиперстеном, авгитом, оливином, роговой обманкой, биотитом, кварцем и различными измененными минералами. Основное оруденение является сингенетическим. Окружающая среда представлена внедрением множественных рудоносных основных магм (вероятно мантийных) в верхние уровни земной коры в

условиях растяжения, связанного с рифтогенезом. «Загрязнение» магмы было важным фактором для насыщения серой и образования сульфидной фазы. Примерами этого типа месторождений являются Норильск I и II (рис. 1), Талнах Россия и Хунцилин, провинция Цзилинь Китай, Калатонке и Синьцзян также Китай.

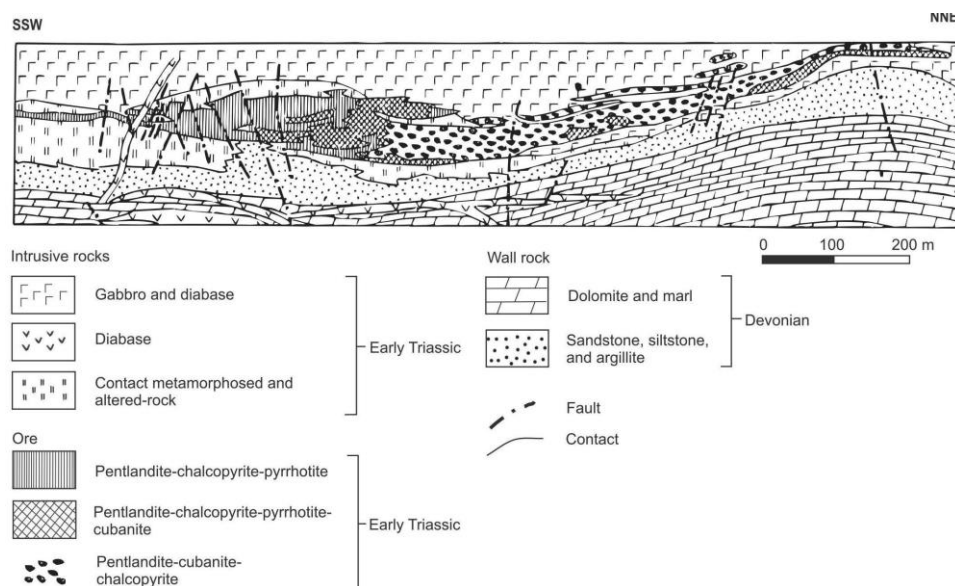


Рис. 1. Геологическая схема раннетриасовых м-ний Cu-Ni-PGE, связанных с основными, ультраосновным породами, Норильск. Восточная Сибирь. По материалам Смирнова (1978).

### ***Ti-Fe (+V), родственные основным и ультраосновным породам***

(Lee and others, 1965; Экстранд, 1984; Пейдж, 1986; Синяков, 1988 г.)

Ti-Fe (+V) месторождения основного и ультраосновного состава состоят из слоев и линз, а также рассеянного титано-магнетита или V-магнетита с небольшим количеством ильменита и хромита в дифференцированных габброидных интрузиях. Вмещающие породы представлены в основном норитами, габбро-норитами, дунитами, гарцбургитами, перидотитами, пироксенитами, троктолитами, анортозитами, габбро и диабазами. Оруденение залегает вблизи вершин интрузий в виде слоистых или неправильных тел, состоящих из вкрапленных и интерстициальных оксидных минералов Fe-Ti-V. Трубки и жилы, богатые ильменитом, могут прорезать эти слои. Массивная руда обычно более важна с экономической точки зрения, чем вкрапленная. Основными рудными минералами являются титано-магнетит и (или) V-магнетит; сопутствующие минералы — ильменит, гематит, шпинель, сульфиды (пирит, пирротин, халькопирит). Породообразующими минералами являются плагиоклаз, оливин, пироксен, апатит и сфен, а также Fe-Ti оксидные фазы, образующиеся в результате осаждения кристаллов или фильтр-прессования при кристаллизации анортозитовых или габбровых магм, образуя сингенетические пласты и обособления, а также массивные оксидные аутоинтрузии в частично затвердевших габбро (рис. 2). Обстановка рудоформирования состояла из интрузий габбро-анортозитовых, дунит-пироксенит-габбровых и габбро-диабазовых

магматических ассоциаций с магматической слоистостью вмещающих интрузий. Основные-ультраосновные породы обычно прорывают гранито-гнейсы или вулканогенно-осадочные породы. Существует ассоциация между рудоносными, расслоенными плутонами и зонами глубинных разломов. Отложения, как правило, докембрийские. Среда формирования оруденения состояла из стратиформных и нерегулярных основных и ультраосновных плутонов в условиях континентальных, маргинальных или островных дугах. Примерами этого типа месторождений являются Кавакта (рис. 2) и Лысанское, Россия, Дамяо, провинция Хэбэй, Китай.

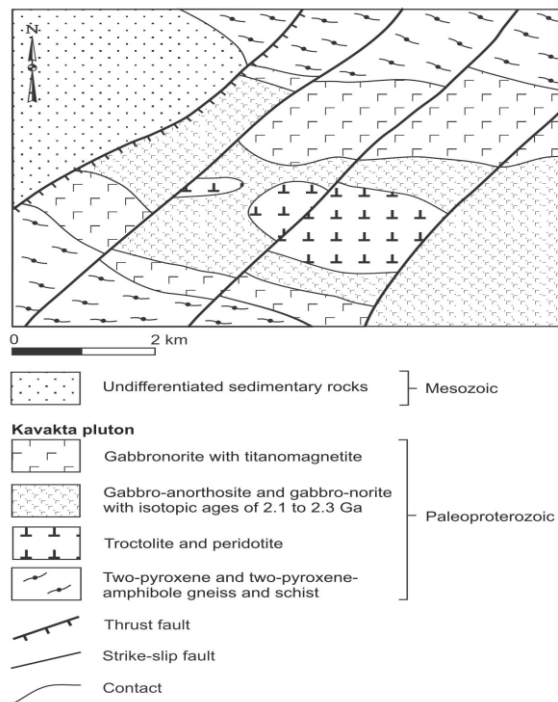


Рис. 2. Геологическая схема палеопротерозойского Кавактинского базит-ультрамафитового Ti-Fe(V) м-ния, Якутия, Россия. Адаптировано из Стогний (1998).

### **Зональные основные-ультраосновные Cr-PGE**

(Пейдж, Грей, 1986; Косыгин, Приходько, 1994; Малич, 1999)

Основные, ультрамафитовые месторождения Cr-PGE состоят из зональных ультраосновных и основных плутонов, содержащих минералы Cr и PGE. Центральные части массивов в основном сложены дунитами, а периферийные — пироксенитами, косвитами и редко габбро. Зональные массивы обычно прорваны силлами и дайками габбро, диоритов, монцонитов и различных щелочных пород. Основные и ультраосновные породы, слагающие массив, а также вмещающие метаморфизованные осадочно-известковые породы, местами могут быть изменены до полевошпат-пироксеновых метасоматитов и скарнов. Минералы месторождений в зональных плутонах представлены хромитом, самородными ЭПГ, различными минералами и сплавами ЭПГ, а также Ti-V-магнетитом с аксессуарными пентландитом, пирротинном, борнитом и халькопиритом.

Минералы месторождений обычно залегают в дунитах в верхней и центральной частях плутона. В периферийных россыпях могут встречаться самородки платины от мелких до крупных (до 3 кг и более). Окружающая среда состояла из зональных основных и ультраосновных плутонов, которые сформировали нижние части островодужных или континентальных окраинно-дуговых систем. Пример этого типа - Кондёр, Россия (рис. 3).

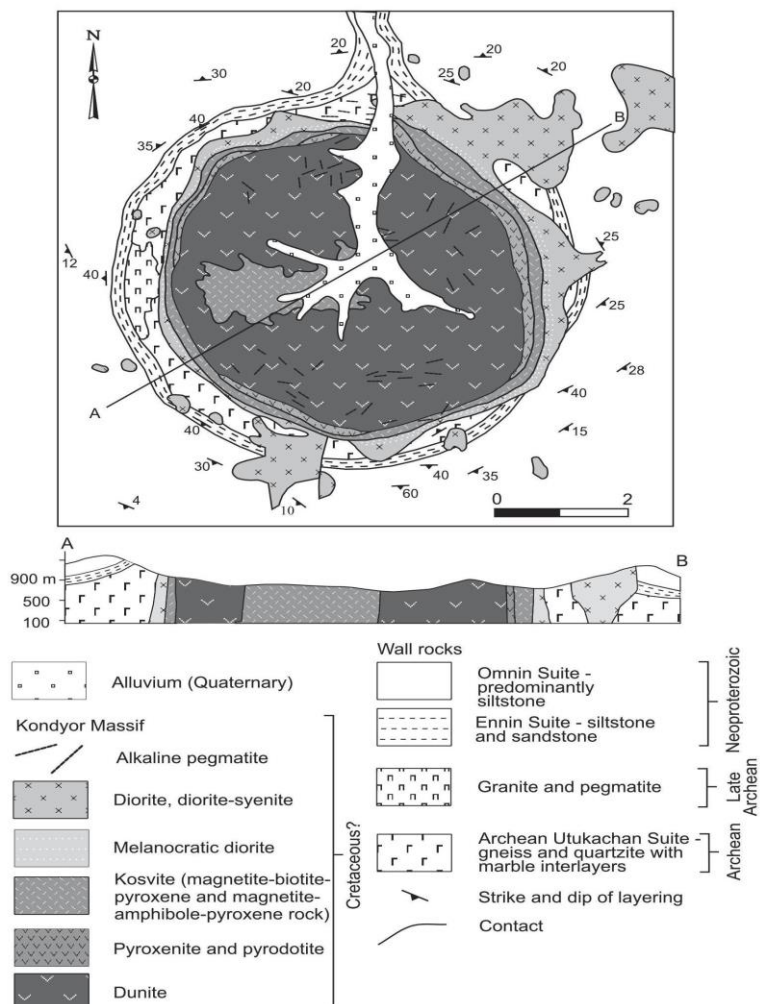


Рис. 3. Геологическая схема раннемелового Кондёрского зонального Cr-PGE основно-ультраосновного массива, Юго-Восток России. Адаптировано из Г.В. Андреев, А.А. Эльянов, А.Н. Мильто 1974).

### 3.1.2 Месторождения, связанные с офиолитовыми комплексами.

#### Подиформный Cr

(Eckstrand, 1984; Albers, 1986)

Подиформные месторождения хромита состоят из тел или линз хромита в ультраосновных частях офиолитовых комплексов (альпийских перидотитов), которые местами могут быть сильно нарушены разломами и расчленены. Вмещающие породы представлены в основном дунитами и гарцбургитами, обычно серпентинизированными, местами с троктолитами. Основным рудным минералом является хромит с сопутствующими оливином, пироксеном, серпентином, магнетитом, клинопироксеном и плагиоклазом, а также минералы и сплавы магнетита и ЭПГ. Месторождения в основном



состоят из чечевицеобразных тел от массивного до сильно рассеянного хромита; также могут встречаться таблитчатые, палочковидные и неправильные тела. Обычны узловатые текстуры, слоистость и полосчатость. Конкретное месторождение может состоять из нескольких отдельных эшелонированных тел, обычно в виде линейных зон. Обстановка рудообразования состояла из магматических кумулятов в вытянутых магматических очагах вдоль океанических хребтов или базальных частей островных дуг. Примерами этого типа являются группа Халзан Уул и Сулинхээр, Монголия, Хегэншань, Внутренняя Монголия, Китай; и Ганби, Япония.

### ***Серпентиниты, содержащие асбест***

*(Чо и др., 1970; Золоев, 1975; Экстранд, 1984; Пейдж, 1986b)*

Залежи асбеста в серпентинитах состоят из хризотила. Они представляют собой штокверки в серпентинизированных богатых оливином ультраосновных породах, состоящих в основном из гарцбургита, дунита, верлита и пироксенита. Серпентинизированные ультраосновные породы могут быть локально прорваны пегматитовыми дайками, как, например, в центральной части Корейского полуострова. Сопутствующими минералами являются магнетит, брусит, тальк и тремолит. Месторождения залегают в аллохтонных телах серпентинизированных офиолитовых или альпийских ультраосновных пород в фанерозойских орогенных поясах. Среда рудообразования состояла из ультраосновных пород, образующих базальную часть офиолитовых толщ, залегающих на континентальной окраине, или части комплекса зоны субдукции. Примерами этого типа месторождений являются Молодежное и Саянское в России и Ихнарт в Монголии.

### ***3.1.3 Месторождения, связанные с анортозитовыми комплексами***

#### ***Анортозитовые Ti-Fe-P-апатитовые***

*(Санг, Шин, 1981; Косыгин, Кулиш, 1984; Force, 1986a; Jeong и др., 1998)*

Месторождения Ti-Fe-P-апатита встречаются в анортозитовых массивах, сложенных андезиновыми и андезин-лабрадоритовыми комплексами. Анортозитовые плутоны имеют высокую щелочность и связаны с габбро, ферродиоритом, сиенитом, щелочным гранитом, местами мангеритом. Плутоны обычно прорывают вмещающие породы гранулитовой фации. Основными рудными минералами являются апатит, титаномагнетит и ильменит, которые встречаются: 1) в виде вкраплений вблизи меланократовых габбро, пироксенита и дунита по окраинам анортозитового плутона; или 2) как богатые апатитовые (нельсонитовые) жилы в тектонически ослабленных зонах; сопутствующие минералы - ильменит и магнетит. Условия рудообразования представляли собой внедрение в

базальную часть континентальной коры или кратона в жарких и сухих условиях. Примерами этого типа месторождений полезных ископаемых являются Джанинское, Гаюмское и Маймаканское, Россия.

### ***3.1.4 Месторождения, связанные с кимберлитами***

#### ***Алмазоносный кимберлит***

*(Zhang, Xu, 1995; Харьков и др., 1997)*

Алмазоносные кимберлитовые месторождения состоят из трубок и даек, сложенных кимберлитовой брекчией. Месторождения залегают в основном вблизи ветвей гигантских, глубинных разломов растяжения в устойчивом кратоне, например пояс разломов Танлу в восточной части Северо-Китайской платформы. Трубки имеют округлую или удлиненную форму диаметром до несколько сотен метров. В Северо-Азиатском регионе возраст кимберлитовых трубок варьируется от девонского до раннего третичного. В пределах первых сотен метров от поверхности трубка обычно имеет воронкообразную форму, а на больших глубинах (около 1500 м) — цилиндрическую, а на еще больших глубинах может иметь форму питающей дайки. Кимберлитовые дайки обычно имеют ширину от 0,3 до 20 м, длину от 100 до 800 м и длину в несколько сотен метров по падению. Большинство кимберлитов сконцентрировано в полях, как правило, площадью менее 1 га и на расстоянии от нескольких до 20 км друг от друга. Кимберлитовая брекчия состоит из обломков осадочных покровных пород, включающих известняки, песчаники, сланцы, гранулиты и гнейсы, входящие в состав докембрийского кратонального фундамента, а также дунитов, гранатовых лерцолитов, гранатовых саксонитов, пиктитовых лерцолитов, массивных флогопитов. Алмазо–несущие породы - эклогиты, шпинельсодержащие и бесшпинелевые ультраосновные породы, пироксениты. Ультраосновные и связанные с ними породы интерпретируются как мантийные. Включения фанерозойских осадочных породы покрова и фундамента кратона широко распространены по краям кимберлитовых трубок и даек, которые обычно содержат включения мантийных минералов диаметром от 1 до 10 см, включая хромовый пироп и пикотин. Брекчии сцементированы туфом с ксенокристаллами измененного оливина (группа I), пироба, пикроильменита, хромшпинелида, хромдиоксида и редкими крупными (максимум 2 см) зернами ювелирного циркона. Минералы залегают в карбонатно-серпентиновой матрице, включающей оливин II, пикроильменит II, хромшпинель II, флогопит, и перовскит. Вторичные минералы, такие как серпентин, карбонат и хлорит, составляют основную массу кимберлита как в верхней, так и в нижней части трубок. Редкими минералами являются Cr-диопсид, пикротанит, морссанит, рутил, ойсанит и циркон. Кимберлит

внедряется в гипабиссальных условиях, о чем свидетельствуют типично массивные структуры и псевдоморфозы крупных кристаллов оливина, рассеянных в тонкозернистой матрице флогопита, серпентина, кальцита и перовскита. Минералы-индикаторы алмазов в кимберлитах — это Cr-диопсид и пикотин. Рудоформирующая среда состояла из кимберлитовой магмы, интерпретируемой как формирующаяся в ходе глубоководной субдукции океанической коры и мантийного метасоматоза в кратонных областях. Кимберлитовые магмы извергаются по различным системам сдвиговых разломов на приповерхностные уровни во время поднятия кратона. Примерами этого типа месторождений являются Ингашинское, Мир (рис. 4) и Юбилейное, Россия.

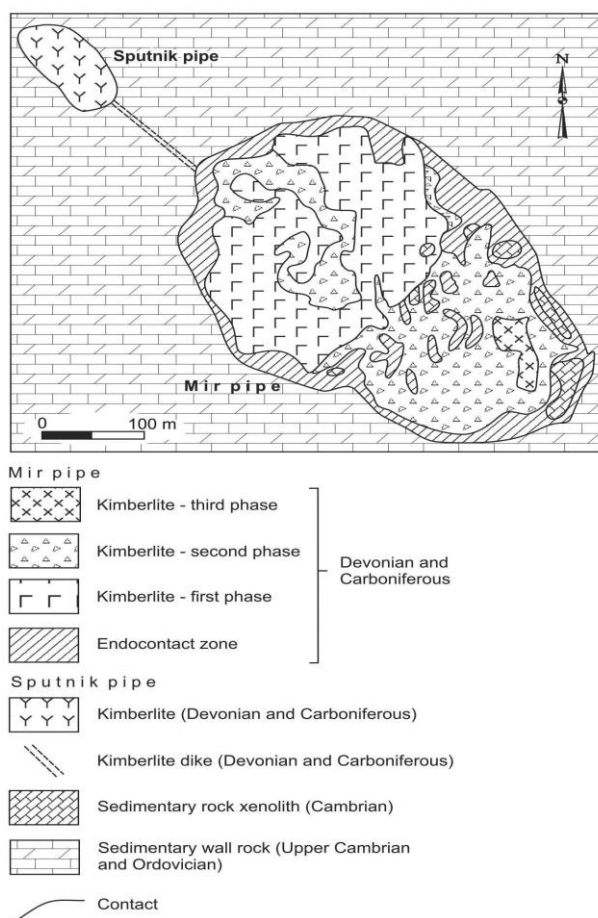


Рис. 4. Геологическая схема алмазоносного кимберлитового м-ния Мир от девона до карбона, Якутия, Россия. Адаптировано из Харьков, Зинчук и Зуев (1997).

## 3.2. Месторождения, связанные с интрузиями кислого и среднего состава

### 3.2.1 Пегматиты

#### *Мусковитовый пегматит*

(Соколов, 1970; Чесноков, 1975; Васильева, 1983)

Месторождения мусковитовых пегматитов состоят из пегматитовых жил, содержащих высококачественный расслоенный мусковит, встречающийся в сланцах, метаморфизованных в амфиболитовые фации. Пегматитовые жилы обычно

концентрируются в апикальных частях крупных гранит-мигматитовых куполов и приурочены в основном к горизонтам Al-силикатных пород (например, биотит-мусковитовые гранито-гнейсы, двуслюдяные сланцы). Группы или поля пегматитовых жил могут располагаться в шарнирных зонах антиклиналей и флексур в многократно деформированных сланцах. Форма рудоотложения разнообразна, преобладают секущие дайки с многочисленными языками. Минералы пегматита представлены плагиоклазом (олигоклаз, олигоклаз-андезин), микроклин-пертитом, кварцем, биотитом, мусковитом, турмалином, реже бериллом и альмандиновым гранатом. Жилы с плагиоклазом, плагиоклаз-микроклином и микроклином являются доминирующими. Высококачественный мусковит обычно встречается в кварцевых массах, содержащих корродированные кристаллы полевого шпата. Среда рудоотложения состояла из пегматитовых полей в региональных метаморфических и гранитных поясах, расположенных по периферии древних кратонов. Многие поля мусковитовых пегматитов, содержат минералы РЗЭ (включая алланит, апатит, бастнезит, церит, флюорит, монацит, титанит, турмалин, топаз, ксенотим и циркон). Некоторые пегматитовые пояса и могут простираться на несколько сотен километров. Примерами месторождений этого типа являются Чуйское, Луговское, Мамско-Чуйское (рис. 5), Согдиондонское и Витимское, Россия.

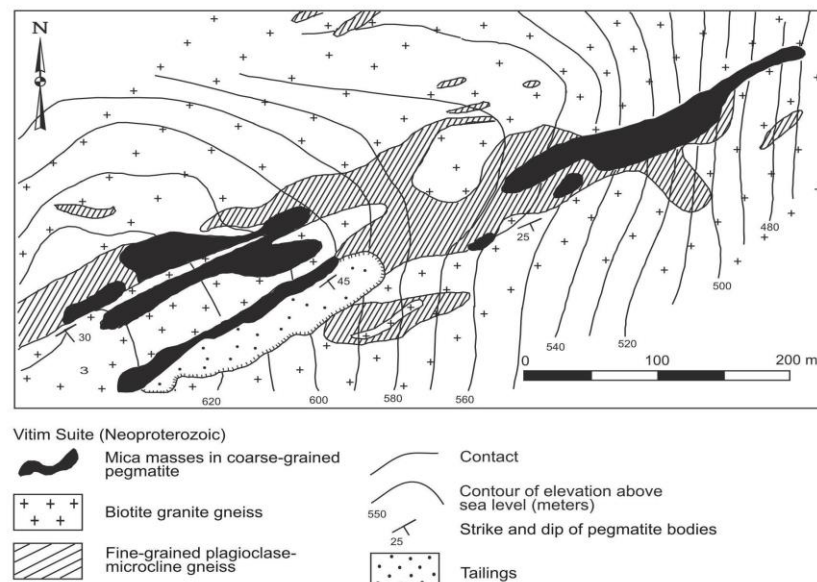


Рис. 5. Геологическая схема девонско-раннекаменноугольного Мамско-Чуйского месторождения мусковитовых пегматитов, Забайкалье, Россия. Адаптировано из Маркова (1937).

### ***РЗЭ-Li пегматит***

(Ли, 1959; Коваленко, Коваль, 1984; Ким, Парк, 1986; Рундквист, 1986; Загорский и др., 1997; Лин и др., 1994)

Месторождения редкоземельно-литиевых пегматитов состоят из двух подтипов. Первый подтип состоит из редкоземельных сподуменовых гранитных пегматитов, в

основном связанных с двуслюдяными гранитами. Пегматит-отложения обычно встречаются вдоль экзоконтактовых зон гранитных интрузий, как правило, в пределах 1-3 км от контактов и прорывают метаморфизованные углеродистые и обломочные породы. Пегматитовые тела обычно сгруппированы в вытянутые пояса вдоль региональных разломов. Многие пегматитовые жилы встречаются вдоль перьевых структур. Выделяют два морфологических типа пегматитовых тел: 1) вытянутые и устойчивые жилы и жильные системы, залегающие на глубине; и 2) одиночные и мелкие жилкообразные тела. Основные минералы: альбит, олигоклаз, сподумен, кварц, микроклин, мусковит, берилл, гельвит, колумбит-танталит, флюорит, турмалин, касситерит, циркон; меньшие минералы представлены различными сульфидами, в том числе пиритом, молибденитом и галенитом. Основные минералы РЗЭ включают алланит, апатит, бастнезит, церит, флюорит, монацит, титанит, турмалин, топаз, ксенотим и циркон. Основным металлом является Li вместе с сопутствующими Ta, Nb, Sn, Be, Mo и W. Минеральная зональность типична для крупных пегматитовых тел. Пегматит Кекетуохай № 3 (провинция Синьцзян, Китай) состоит из крупного куполообразного тела длиной около 250 м, шириной 150 м и высотой 250 м. Второй подтип состоит из редкоземельных пегматитов, которые в основном ассоциируют с известково-щелочными, Li-F лейкократовыми гранитами. Выделены три разновидности: 1) известково-слюдяные пегматиты; 2) мусковитовый (мусковит-альбитовый) пегматит; 3) мусковит-микроклиновые пегматиты. Первые две разновидности содержат Ta, а третья содержит касситерит и вольфрамит. Li-слюдяной пегматит содержит минералы Ta-Nb, касситерит, Li-слюду, кварц, альбит, микроклин, апатит, турмалин, топаз и берилл; мусковит-альбитовый пегматит содержит колумбит, танталит, кварц, альбит, микроклин, мусковит. Мусковит-микроклиновые пегматиты включают касситерит, вольфрамит, кварц, микроклин и мусковит. Месторождения редкоземельно-литиевых пегматитов образуют дайкообразные или линзовидные тела длиной от нескольких метров до сотен метров и шириной от 1 до 10 метров. Связанный Li-Sn-Be пегматит содержит Li-слюду, минералы Ta и Sn-W. Среда рудообразования состоит из редкоземельно-литиевых пегматитов и связанных с ними гранитных пород в постааккреционных интрузиях, возникших после пика внедрения батолита. Сопутствующий гранит в основном представлен известково-щелочным и литий-фтористым лейкогранитом и родственными, одновозрастными вулканическими и субвулканическими породами. К этому типу месторождений относятся Вишняковское, Россия; и Кекетуохай (рис. 6), Келумуте и Синьцзян, Китай.

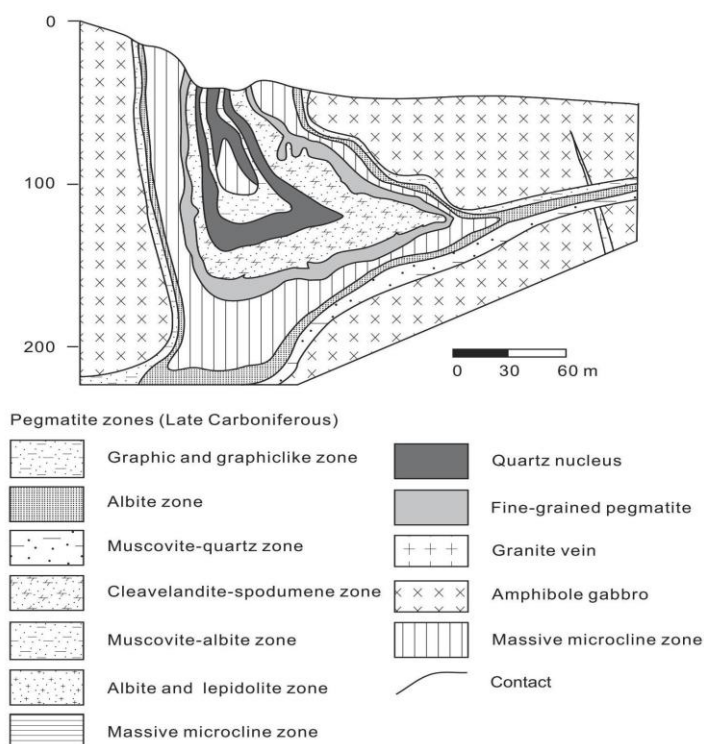


Рис. 6. Геологическая схема позднекаменноугольного редкоземельно-литиевого м-ния Кехкетуохай, Северный Китай. Адаптировано из Лин и др. (1994).

### 3.2.2 Грейзены и кварцевые жилы

#### **Флюоритовый грейзен**

(Говоров, 1977)

Флюоритовые грейзеновые месторождения состоят из мелкозернистых темно-фиолетовых пород, сложенных флюоритом (до 66 %) и слюдистыми минералами, главным образом мусковитом (до 35%), в меньшей степени с эфезитом и флогопитом; второстепенными минералами являются (в порядке убывания) турмалин, селлаит, касситерит, топаз, сульфиды и кварц. Месторождения обычно залегают в жилах гнейсов (как на Корейском полуострове), или в известняке или мраморе (как в районе Ханки, юго-восток России). Прожилки в известняке или мраморе встречаются в соответствии со слоями известняка и образуют линзовидные и пламевидные тела апокарбонатного грейзена, который встречается в известняке, прорванном гранитом Li-F, S-типа. Метасоматические породы, замещающие известняк, встречаются на контактах с гранитными интрузиями. Мусковит-кварцевые пегматитовые жилы, содержащие молибденит-касситерит-диопсид, везувиан-диопсид-андрадит, встречаются вблизи интрузивных контактов. Также встречаются скаполитовые скарны. Эти жилы интерпретируются как образовавшиеся до флюорит-слюдяных грейзенов. В-изотопный анализ турмалина указывает на первичный эвапоритовый источник (В.В. Раткин, 1994), что позволяет предположить, что источником фтора были глубинные эвапориты в зонах гранитной магмогенерации. Альтернативно, некоторое количество фтора может быть

получено из летучей фазы гранитной магмы. Дефицит кварца и отсутствие парагенетического кальцита предполагают чрезвычайно высокую активность фтора в растворах с низким содержанием кремнезема. Среда рудообразования состояла из мощных толщ обломочных известняков или карбонатных гнейсов в террейнах кратона или континентальной окраины, которые были прорваны плутоническими породами. Примерами месторождений этого типа являются Преображенское и Вознесенка-II (рис. 7), Россия.

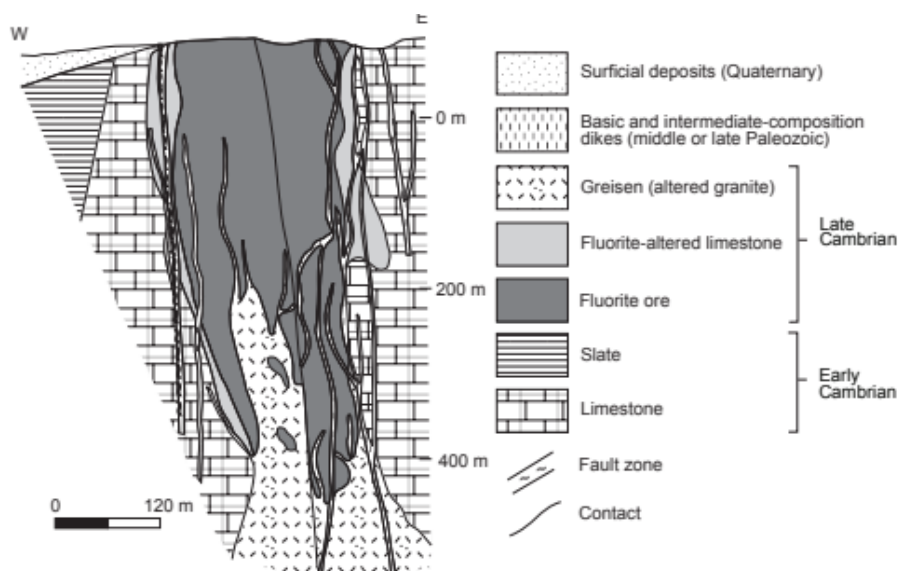


Рис. 7. Геологическая схема позднекембрийско-девонского флюоритового грейзена Вознесенка-II, Юго-Восток России. Адаптировано из Рязанцевой (1998)

### ***Sn-W грейзены, штокверки, кварцевые жилы***

(Родионов и др., 1984; Рид, 1986)

Месторождения Sn-W грейзенов, штокверков и кварцевых жил состоят из вкрапленных кембрийских касситеритовых и вольфрамитсодержащих прожилков в штокверках, линзах, трубках и брекчиях в граните, преобразованном в грейзен. Гранит представлен в основном биотитом и (или) мусковитовым лейкогранитом, залегающим в мезозональных и эпизональных условиях. Месторождения обычно связаны с куполами кислых и ультракислых, обогащенных фтором пород позднестадийных гранитных магм. Месторождения обычно состоят из кварц-касситерит-вольфрамита и редких сульфидов в заполнении трещин или замещающих жилах, которые встречаются в кислых плутонических породах или рядом с ними. Жилы связаны с минерализованными грейзеновыми зонами. Основными рудными минералами являются касситерит, вольфрамит, арсенопирит, шеелит, редко молибденит, берилл и пирит с ассоциированным халькопиритом, различные биминералы и редкие галенит, станнит и сфалерит. Минералогическая и металлическая зональность может проявляться как в пределах одиночных жил или жильных систем и (или) в пределах рудных районов. Внутренняя зона

касситерита-вольфрамита обычно окаймлена сульфидами Pb, Zn, Cu и Ag. Среда рудообразования состояла из мезозональных и эпизональных (гипабиссальных) кислых плутонов, содержащих рой даек кислого состава, а типичная тектоническая среда состояла из зон аккрецированных террейнов, в которые на поздней стадии внедрились посторогенные гранитоиды, которые поднялись из глубинных магматических очагов. Примерами этого типа месторождений полезных ископаемых являются Депутатское и Зимнее (рис. 8) в России, а также Мунгон-Ондур и Тугалгатайн-нуруу в Монголии.

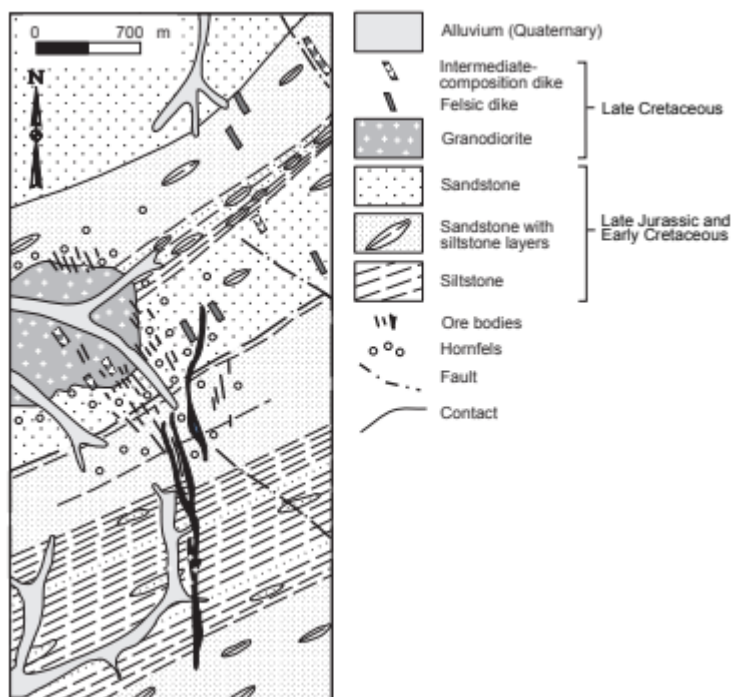


Рис. 8. Геологическая схема средний мел - раннетретичный Лужкинский Sn-W грейзен, штокверк, Юго-Восток России. Адаптировано из А.Н. Ивакин и В.В. Орловский 1978 г.

### ***W-Mo-Be грейзены, штокверки, кварцевые жилы***

(Ким, Кох, 1963; Малиновский, 1965; Кузнецов и др., 1966; Сотников, Никитина, 1971; Парк и др., 1980; Кокс, Бэгби, 1986; Колонин, 1992).

Месторождения кембрийских грейзеновых, штокверковых и кварцевых жил состоят из минералов W, Mo-W и Be-Mo-W, залегающих в пределах эндо- и экзоконтактовых зон многостадийных гранитоидных интрузий. Месторождения обычно залегают в куполах кислых и ультракремнистых гранитных пород и состоят из кварцевых жил и систем жил, штокверков и грейзеновых куполов. В экзоконтактовых зонах распространены кварц-шеелитовые штокверки, в грейзеновых, кварцевых жилах и прожилках встречается вкрапленность вольфрамита и молибденита. Другими минералами являются висмутин, пирит, пирротин, арсенопирит, борнит, халькопирит, шеелит, касситерит, берилл, галенит, сфалерит и различные минералы Vi. Жильные минералы представлены кварцем, мусковитом, калиевым полевым шпатом, флюоритом, лепидолитом и редко турмалином. Жилы встречаются в верхней части гранитных плутонов, в том числе аляскитовых, и в



периферийных зонах контактово-метаморфизованных песчаников и сланцев. Сопутствующие гидротермальные изменения включают альбит и редко хлорит и турмалин с минералами Li, Nb и Ta. Месторождения могут быть связаны с Sn-W жильными и Sn грейзеновыми месторождениями. Обстановка рудоотложения состояла из трещин растяжения в эпизональных гранитоидных плутонах, прорвавших осадочные или метаосадочные породы, а также из анатектических гранитных плутонических поясов, связанных с коллизионными зонами и (или) межплитными сдвиговыми зонами. Примерами месторождений этого типа являются Джидинское (рис. 9) и Окуневское в России, а также Ледниково-Сармака, Ондорцаган и Цунхег в Монголии.

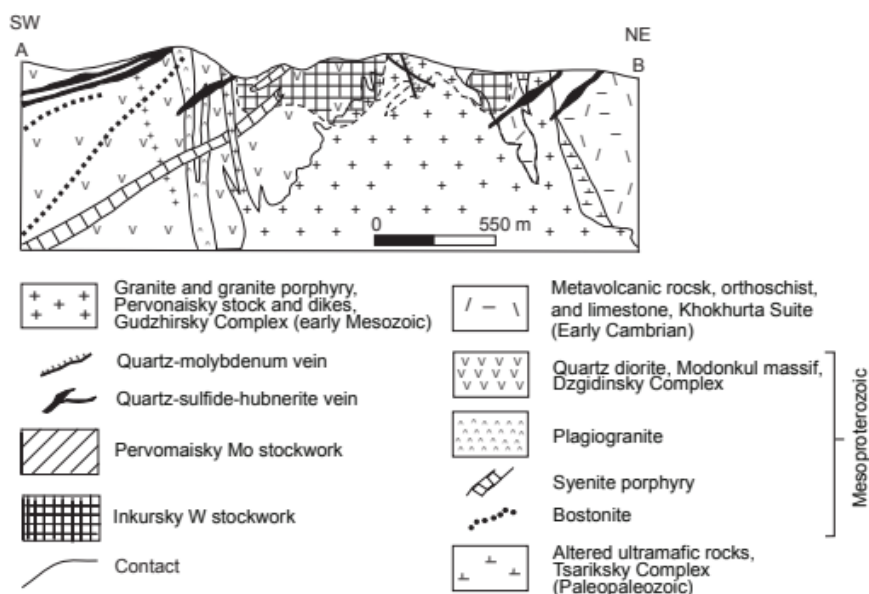


Рис. 9. Геологическая схема среднеюрско-раннемелового Джидинского W-Mo-Be грейзенового, штокверкового и кварцево-жильного месторождения, Россия. Адаптировано из Игнатовича (1961).

### 3.2.3 Щелочные метасоматиты.

#### *Щелочной метасоматит Ta-Nb-REE*

(Солодов и др., 1987)

Месторождения состоят из Ta-, Nb- и REE-содержащих щелочных метасоматитов, которые замещают многоступенчатые граниты и вмещающие породы, которые обычно состоят из мрамора, гнейса или амфиболита. Месторождения сложены мелко- и среднезернистым кварц-альбит-микроклином. Наряду с минералами PЗЭ широко распространены Ta-никелевые минералы (например, колумбит и пирохлор), циркон, торит. Колумбит и циркон имеют практическое значение. Важными акцессорными минералами являются минералы PЗЭ, включая гагаринит, иттрофлюорит, монацит, бастнезит и ксенотим. Характерна минеральная зональность метасоматических тел. Сложные многостадийные метасоматические процессы, протекающие в апикальной части гранитного массива и в породах в пределах зон рассланцевания, состоят из

микроклиновых, альбитовых, мусковитовых и кремнистых изменений. Относительно богатое оруденение встречается в виде столбов и линзовидных плоских тел, простирающихся на глубину до сотен метров. Месторождения состоят из уникальных ресурсов Ta, Ni, Zr, Hf и Th, а также Li, REE и U. Среда рудообразования состоит из интрузий, вмещающих месторождения, и метасоматических месторождений, которые встречаются вдоль основных зон сдвига, связанных с внутриплитными и континентальными - краевые рифтовые и сдвиговые разломы. Примерами этого типа месторождений полезных ископаемых являются Катугинское, Улуг-Танзек (рис. 10) и Зашихинское, Россия, и Халзанбурегтей, Монголия.

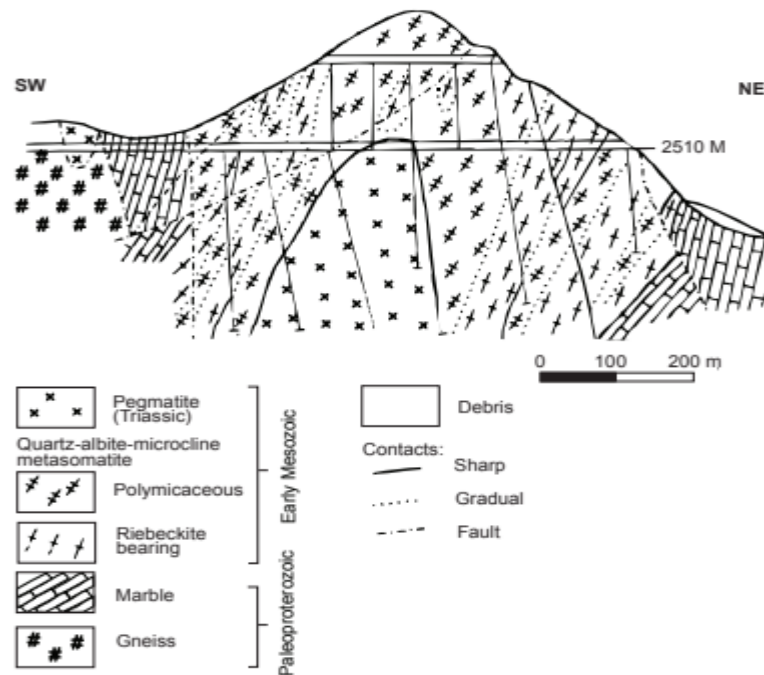


Рис. 10. Геологическая схема поздне триасового Улуг-Танзекского месторождения щелочных метасоматитов Ta-Nb-REE, Россия. По материалам Гречищева и др. (1997).

### 3.2.4 Контактво-метасоматические скарны.

#### *Аи скарн*

(Хван и Ким, 1963; Вахрушев, 1972; Теодор и Хаммарстром, 1991)

Золото-скарновые месторождения состоят из прожилково-вкрапленных масс Au-сульфидов, наложенных на гидротермально измененные известково-силикатные и Mg-силикатные скарны. Различные скарны замещают карбонаты и одновозрастные вулканиты вдоль интрузивных контактов с андезитовыми штоками, диоритами, гранодиоритами, гранитами и гранит-порфирами. Рудные тела, как правило, небольшие и нерегулярные, но могут сохраняться на глубине. Полезные компоненты: гранат, пироксен, волластонит, везувиан, магнетит, эпидот, актинолит, кварц, пирит, халькопирит, борнит, сфалерит, самородное золото. Золото образовалось одновременно с отложением сульфидов или после них, иногда в связи с гидротермальными изменениями, в результате которых

образовались эпидот, хлорит и кремнезем. Обстановка осадконакопления состояла из контактов известково-вулканических толщ, прорванных габбродиорит-гранитными комплексами в континентальных окраинах или островодужных системах. Примерами этого типа месторождений полезных ископаемых являются Болторо, Монголия, Андрушкинское и Синюхинское, Россия.

### ***Датолитовый скарн***

*(Носенко и др., 1990; Раткин и др., 1992; Раткин, Ватсон, 1993)*

Месторождения состоят из данбуритовых и датолитовых скарнов, ассоциированных с гранат-геденбергит-волластонитовыми скарнами. Скарн интерпретируется как образовавшийся при последовательном метасоматическом замещении известняков волластонитом, гроссуляр-андрадитом, геденбергитом и данбуритом, датолитом, аксинитом, кварцем и кальцитом. Для месторождений характерен тонкополосчатый волластонит, образующий почковидные агрегаты пироксена и датолита в стенках палеогидротермальных полостей в мраморе. Гидротермальные полости залегают на глубине 500 м от палеоповерхности над метасоматической зоной волластонита и гроссуляра. Центральная часть этих полостей (диаметром от 0,5 до 50 м) заполнена друзами данбурита. Данбурит образовался после вторичного метасоматоза, а бор переотложился на более высоких палеогипсометрических уровнях в датолитах, связанных с гранат-геденбергитовым скарном. Генезис соседних Pb-Zn месторождений связан с образованием более поздних скарнов. В-изотопные данные позволяют предположить, что источником растворенного бора была глубинная гранитоидная интрузия. Обстановка рудообразования состояла из раннего образования гроссуляр-волластонитового скарна с последующим образованием тонкополосчатых агрегатов волластонита с датолитом и данбуритом одновременно с формированием постааккреционной игнимбритовой толщи, перекрывающей аккреционный клиновидный комплекс, содержащий крупные ксенолиты известняка (размерами 0,5 x 2,0 м). км) в сильно деформированной матрице алевролитов и песчаников. Единственным примером месторождения этого типа является крупный Дальнегорский борный рудник (рис. 11) на юго-востоке России, который является основным источником бора в России.

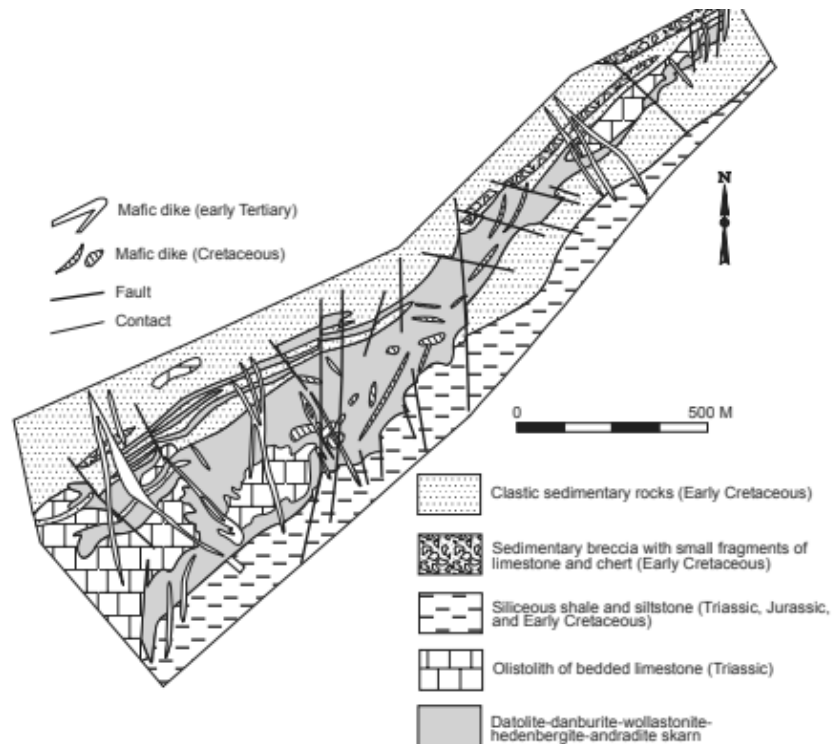


Рис. 11. Геологическая схема позднемелового-раннетретичного Дальнегорского борного (датолитового) скарнового месторождения. Адаптировано из Раткина (1991).

### ***Асбест, содержащие карбонаты***

(*Wrucke and Shride, 1986*)

Залежи асбеста встречаются вдоль контактов между дайками основных пород, прорвавшими окремненные карбонаты. Основными типами горных пород являются серпентинит, диабаз, габбро, кремнистый доломит и мергель. Рудные тела обычно стратиформные, линзовидные или неправильной формы и согласуются с вмещающими карбонатами. Руды — серпентиновый асбест, массивный серпентин, кальцит, доломит. Также встречаются разнообразные метасоматические изменения. Основные гидротермальные минералы представлены серпентинитом, тальком, тремолитом, диопсидом и карбонатом. Зональность не выражена. Среда рудоотложения представляла собой метасоматоз, связанный с интрузиями основных пород в карбонаты. Руды могут быть любого возраста, но в Северо-Восточной Азии они в основном мезопротерозойские. Тектоническая обстановка представляла собой основные плутоны на континентальных окраинах. Пример этого типа месторождений - Чаоян, провинция Ляонин, Китай.

### ***Со скарны***

(Некрасов и Гамянин, 1962; Бахарев и др., 1988; Лебедев, 1986)

По контактам между алевролитами и известняками при контактном метаморфизме, связанном с внедрением гранодиоритовых, сиенит-диоритовых и гранитных плутонов и небольших интрузий (штоков и даек) щелочных габбро, формируются Со-скарновые

месторождения. Скарн обычно состоит из пироксена и гроссуляр-андрадитового граната и меньшего количества аксинита и скаполита. Месторождения состоят из небольших масс копирита, сульфоарсенидов и арсенидов, а также герсдорфита, арсенопирита, лоллингита и кобальтита. Самородное золото встречается в ассоциации с минералами Вi и Те, включая самородный висмут, жозеит, хедлейит и др.

### ***Cu (±Fe, Au, Ag, Mo) скарны***

*(Кокс и Теодор, 1986; Ноклеберг и др., 1997)*

Cu (± Fe, Au, Ag, Mo) месторождения состоят из халькопирита, магнетита и пирротина в известково-силикатных скарнах, которые замещают карбонаты вдоль контактов с плутонами, состав которых варьируется от кварцевых диоритов до гранитов и от диоритов до сиенитов. Скарны, богатые Zn-Pb, обычно встречаются дальше от интрузии, тогда как скарны, богатые Cu и Au, обычно встречаются ближе. Основными минералами являются пирит, гематит, галенит, молибденит, сфалерит и шеелит. Оруденение многоступенчатое, оно обычно ассоциируется с медно-молибден-порфировыми месторождениями. Среда рудоотложения состояла в основном из известняковых осадочных толщ, прорванных гранитными плутонами кислого и среднего состава, которые образуются в дугах континентальных окраин. Примерами этого типа месторождений полезных ископаемых являются Болторо, Кума и Муромец, Россия, Хохбулгийн Хондии, Монголия и Камаиси, Япония (рис. 12).

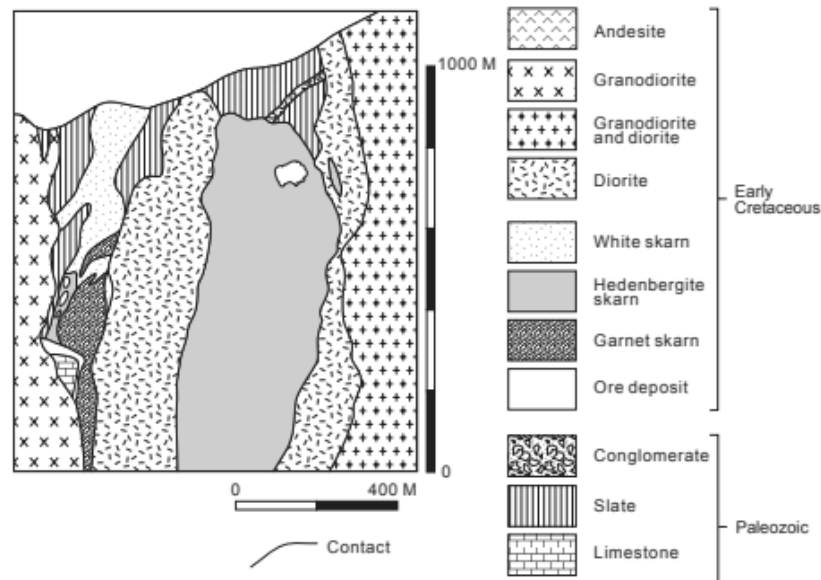


Рис. 12. Геологическая схема раннемелового скарнового месторождения Камаиси Cu(±Fe, Au, Ag, Mo), Япония. Адаптировано из Nittetsu Mining Co. (1981).

### **Fe скарны**

(Мазуров, 1985; Кокс, 1986; Синяков, 1988).

Железисто-скарновые месторождения состоят из рассеянного магнетита в известково-силикатных или Mg-силикатных скарнах, замещающих карбонаты, туфокарбонаты или известково-обломочные породы вблизи контакта интрузивных пород, варьирующих от габбро и диоритов до гранодиоритов и гранитов. Местами встречаются разновозрастные вулканические породы. Попутными минералами являются относительно редкие халькопирит, пирит и пирротин. Метасоматические замещения состоят из большого разнообразия известково-силикатных минералов. Основными скарновыми минералами являются Mg-силикаты, альбит, скаполит, хлорит и амфибол. Среда рудоотложения состояла из метавулканических и метаосадочных толщ, включая доломиты и редкие известняки, в которые были интродуцированы габбро и граниты в островных и континентальных окраинных дугах. Примерами этого типа месторождений являются Абаканское, Белорецкое, Инское, Лавреновское, Табратское и Тимофеевское в России и Томор Толгой (рис. 13) в Монголии.

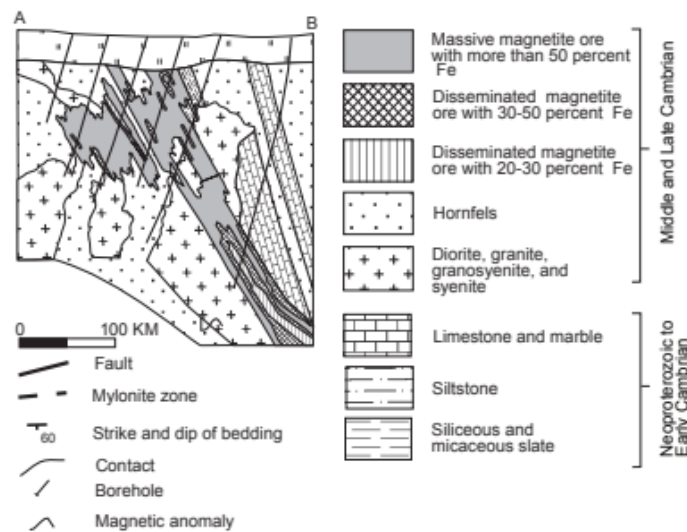


Рис. 13. Геологическая схема средне-позднекембрийского скарнового месторождения Томор-Толгой Fe, Монголия. Адаптировано из (Маринов, Хасин и Хурц (1977).

### **Fe-Zn скарны**

(Бахтеев, Чижова, 1984; Подлесский и др., 1984, 1988)

Fe-Zn скарновые месторождения состоят из сфалерита и сопутствующих минералов в известковых скарнах, которые обычно встречаются вдоль тектоно-литологических контактов между приподнятыми блоками известняковых метаосадочных пород, прорванных гранитоидами. Интрузивные породы в основном представлены калиевыми субщелочными гранитами и лейкогранитами. Скарны залегают линзами или слоями, имеют мощность от десятков до сотен метров и несколько сотен метров по простиранию. Интрузивные породы практически не изменены. Основными минералами являются

сфалерит и магнетит, в меньшей степени халькопирит, гематит, висмутинит, молибденит, пирит и галенит. Полезные минералы представлены андрадит-гроссуляровым гранатом, геденбергитом, магнетитом, эпидотом и полевым шпатом. Типичная и распространенная зональность представлена эпидот-полевошпатовой, эпидот-андрадитовой, андрадит-магнетитовой, андрадит-пироксен-магнетитовой и пироксен-магнетитовой. Типичными ретроградными минералами являются актинолит, кварц, кальцит и хлорит. Распределение минералов Fe и Zn неравномерно и встречается в основном в гранатowych и гранат-пироксеновых скарнах. Отношения Pb/Zn/Cu составляют примерно 0,2/4,5/0,1. Для месторождения обычно характерны четыре стадии оруденения: гранат-пироксеновая скарновая, андрадит-магнетитовая апоскарновая, сульфидная и кварц-карбонатная. Среда рудообразования состояла из метаморфизованных толщ известняковых пород, включая доломиты, доломиты и редкие известняки, которые были прорваны гранитоидами в островных или континентальных окраинных дугах. Примерами этого типа месторождений являются Холхудаг, Тумурте и Тумуртийн-Овоо, Монголия, и Цзиньлин, провинция Шаньдун, Китай.

### ***Sn скарны***

*(Рид, 1986с; Ноклеберг и др., 1997)*

Месторождения состоят из минералов Sn, W и Be в скарнах, жилах, штокверках и грейзенах вблизи интрузивных контактов между обычно эпизональными (?) гранитными плутонами и известняками. Рудные минералы включают касситерит, шеелит, сфалерит, халькопирит, пирротин, магнетит и флюорит. Альтерации состоят из грейзена у краев гранита и метасоматических андрадитов, идокразов, амфиболов, хлоритов, хризобериллов и слюд. Среда рудообразования состояла из эпизональных гранитоидных плутонов, прорвавших известняковые осадочные или метаосадочные породы, а типичной тектонической обстановкой были задуговые гранитоиды, интерпретируемые как сформировавшиеся в дугах континентальной окраины, или анатектические гранитоиды в коллизионных зонах и (или) зонах межплитных сдвиговых разломов. Примерами этого типа месторождений полезных ископаемых являются Хаобугао и Хуанган, Внутренняя Монголия, Китай.

### ***Sn-B (+Fe) скарны (людвигитовый тип)***

*(Лисицин, 1984; В.И. Шпикерман в Ноклеберге и др., 1997)*

Sn-B (+Fe) скарновые (людвигитового типа) месторождения состоят из метасоматического замещения доломита преимущественно людвигитом и магнетитом, примыкающим к гранитоидам. Людвигит составляет до 80% руд, а Sn встречается в виде

изоморфной примеси в людовигите. Другими минералами являются магнетит, суанит ( $Mg_2B_5O$ ), ашарит, котоит, датолит, харкерит, монтичеллит, фторборит, клиногумит, кальцит, периклаз, форстерит, диопсид, везувиан, брусит, гранат, аксинит, флогопит, серпентин, шпинель и тальк. Месторождения состоят из известняка, метасоматически замещенного пироксен-гранат-кальцитовыми скарнами, которые обычно превращаются в грейзен с образованием Sn. Обстановка рудоотложения состояла из эпизональных гранитоидных плутонов, прорвавших известково-осадочные или метаосадочные породы, а типичная тектоническая обстановка состояла из задуговых гранитоидов, формирующихся в континентально-окраинных дугах, или из анатектических гранитоидов в коллизионных зонах и (или) вдоль межплитных сдвиговых разломов. В регионе нет заметных примеров этого типа месторождений.

### ***W±Mo±Be скарны***

(*Beus, 1960; Кузнецов и др., 1966; Cox, 1986*).

Скарновые месторождения  $W\pm Mo\pm Be$  состоят из шеелита и (или) шеелит-гельвита в чистых или измененных (грейзеновые или кремнистые изменения) известково-силикатных скарнах, замещающих карбонаты или известково-осадочные породы, вдоль или вблизи интрузивных контактов с кварцевыми диоритами и гранитами. Скарны образуют тела и пласты неправильной и жиллообразной формы. Попутными минералами являются молибденит, пирротин, сфалерит, борнит, пирит и магнетит. Выделены два подтипа: (1) шеелитовый скарн с вкрапленными минералами W и (2) шеелит-гельвитовый скарн с вкрапленными минералами W и Be. Скарны обычно содержат гранат, везувиан, пироксен, эпидот, актинолитовый флюорит, гельвит, шеелит, берилл, кварц, мусковит и редкие сульфиды. Замещение вмещающих пород состоит из большого разнообразия известково-силикатных и связанных с ними метасоматических минералов. Шеелит также встречается в кварц-топазовых и кварц-слюдяных грейзенах, интерпретируемых как образовавшиеся в результате замещения скарнов. Среда рудоотложения состояла из контактных зон гранитных интрузий в континентально-окраинных или островных дугах, либо по соседству с анатектическими гранитоидами, интрузивными коллизионными зонами. Примерами этого типа месторождений полезных ископаемых являются Лермонтовский и Восток-2 (рис. 14) в России и Сангдонг в Южной Корее.



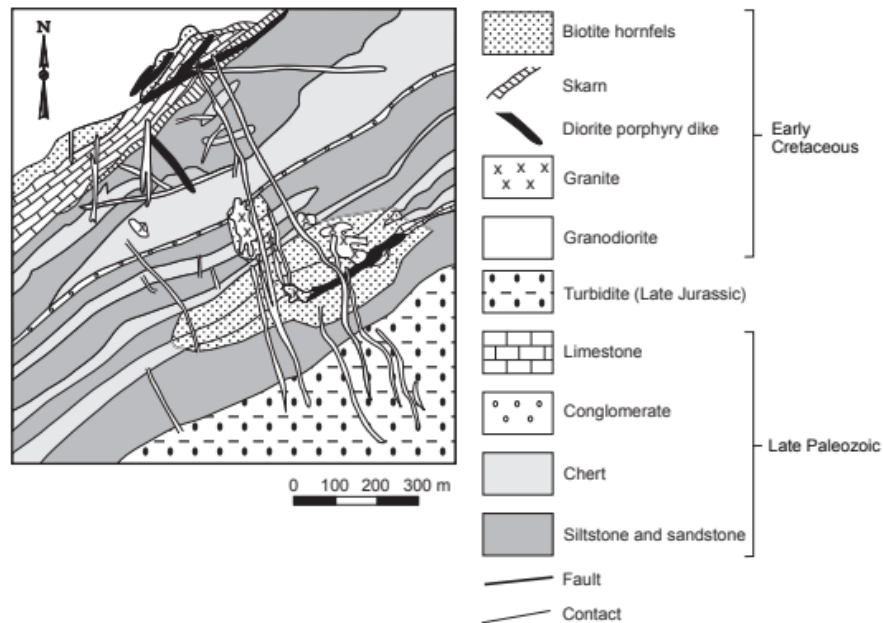


Рис. 14. Геологическая схема раннемелового–среднемелового скарнового месторождения Восток 2  $W\pm Mo\pm Be$ , Юго-Восток России. Адаптировано из Степанова (1977).

### ***Zn-Pb ( $\pm Ag, Cu, W$ ) скарны***

(Cox, 1986k; Eckstrand, 1984; Nokleberg и др., 1997)

$Zn-Pb$  ( $\pm Ag, Cu, W$ ) месторождения состоят из сфалерита и галенита в известково-силикатных скарнах, замещающих карбонаты или примесные известково-осадочные породы вдоль интрузивных контактов с плутонами, варьирующими по составу от кварцевых диоритов до гранитов и от диоритов до сиенитов. Скарны, богатые  $Zn-Pb$ , обычно встречаются дальше от интрузии по сравнению со скарнами, богатыми  $Cu$  и  $Au$ . Месторождения могут находиться на значительном удалении от исходной гранитной интрузии. Сопутствующими минералами являются пирит, халькопирит, гематит, магнетит, борнит, арсенопирит и пирротин. Отложения варьируют от стратиформных скарнов, которые залегают параллельно известняковым слоям вблизи плутонических контактов, до несогласных тел, которые обычно встречаются на литологических и структурных контактах на некотором расстоянии от контактов плутона и даек. Рудные тела довольно узкие, но могут простираться вниз по падению до глубины 1 км и могут контролироваться кольцевыми разломами вокруг вулcano-тектонических депрессий. Среда рудообразования состояла в основном из известняковых осадочных толщ, прорванных гранитными плутонами кислого и среднего состава в дугах континентальной окраины. Примерами этого типа месторождений полезных ископаемых являются Савинские 5, Россия (рис. 15); Байиньнуэр и Сяоинцзы, Внутренняя Монголия; Хуанжэнь, провинция Ляонинг, Китай, и Камиока Точибора, Япония.

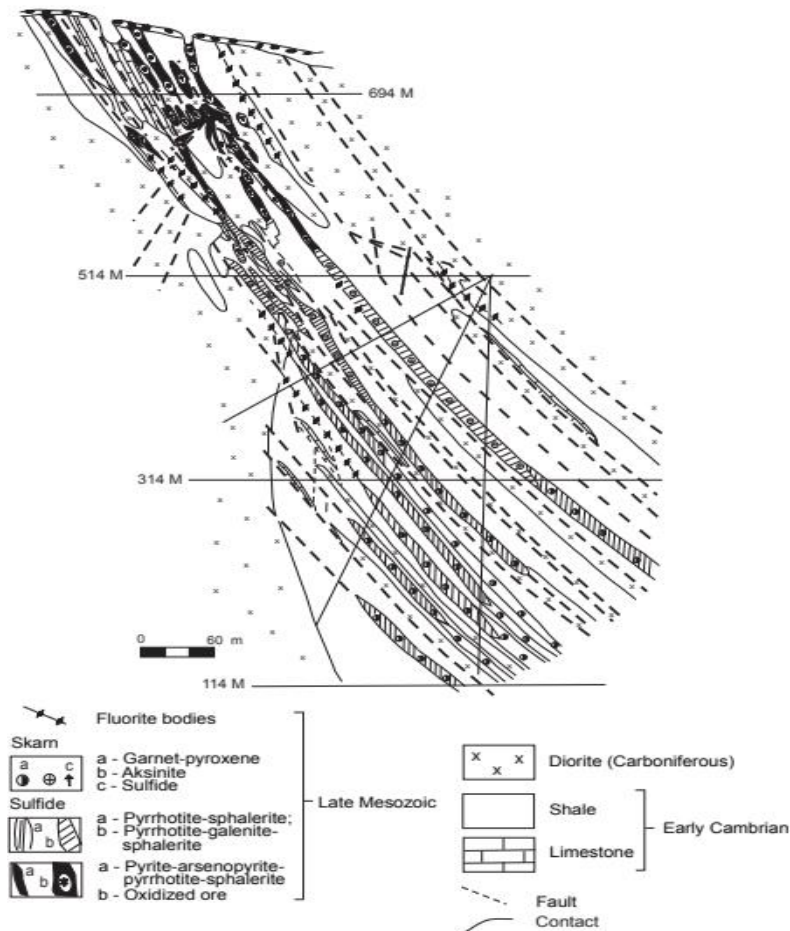


Рис. 15. Геологическая схема среднеюрско-раннемелового Савинского 5 Zn-Pb(Ag, Cu, W) скарнового месторождения, Забайкалье, Россия. Адаптировано из Архангельской (1963).

### 3.3 Месторождения порфировых, гранитоидных плутонов

#### **Касситерит-сульфидно-силикатные жилы и штокверки**

(Ким, Шин, 1966; Лугов и др., 1972; Онтоев, 1974; Семинский, 1980; Тогаши, 1986; Родионов)

Касситерит-сульфидно-силикатные жильные и штокверковые месторождения состоят из касситерита, вольфрамит, шеелита и различных сульфидов, а также кварца с сидерофиллитом, турмалином, серицитом и хлоритом. Месторождения залегают в гипабиссальных многоярусных интрузивных массивах (штоках и лакколитах) или примыкают к ним, субвулканических телах, прорывающих осадочные, вулканические или метаморфические породы. Ассоциирующие интрузивные породы варьируются по составу от габбро через диорит и гранодиорит до гранита. Месторождения обычно содержат множество простых и сложных жил и зон, которые контролируются крупными секущими разломами или встречаются в различных элементах концентрических или радиальных разломов, окружающих вулкано-плутонические комплексы. Многие месторождения обычно содержат штокверковые минералы того же состава, что и жилы и зоны. Рудные минералы: касситерит, арсенопирит, халькопирит, галенит, сфалерит, пирит, пирротин, шеелит, вольфрамит, флюорит, самородный висмут, аргентит, самородное золото,

висмутин, комплексные сульфосоли; жильные минералы — кварц, турмалин, серицит, хлорит, редко — мусковит и полевой шпат. Типичными ассоциациями гидротермальных изменений являются кварц-турмалин, кварц-сидерофиллит, кварц-серицит и кварц-хлорит. Также могут встречаться высокосульфидные (касситерит-сульфидные) и малосульфидные (касситерит-силикатные) месторождения. Обстановка рудоотложения состояла из тыловых зон континентальных окраинных дуг. Примерами месторождений этого типа являются Депутатское, Хапчеранга (рис. 16), Шерловогорское и Улахан-Эгелях, Россия.

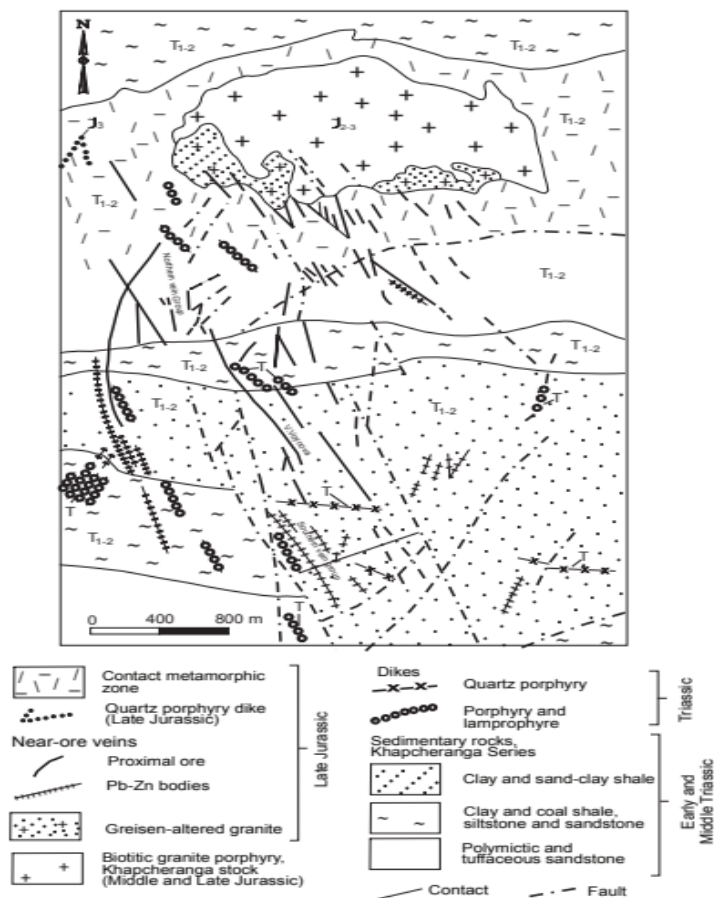


Рис. 16. Геологическая схема от средней юры до раннего мела. Хапчерангское касситерит-сульфидно-силикатное жильно-штокерковое месторождение, Забайкалье, Россия. Адаптировано из Онтоева (1974).

### **Фельзитовые плутонические U-REE**

(Ноклеберг и др., 1997)

U-REE кислые плутонические месторождения состоят из вкрапленных минералов U, Th и REE в трещинных жилах и дайках щелочных гранитов внутри или вдоль окраин щелочных и суперщелочных гранитных плутонов или в гранитных плутонах, включая гранит, щелочной гранит, гранодиорит, сиенит, и монзонит. Рудные минералы включают алланит, торит, уранинит, бастнезит, монацит, ураноторианит, ксенотим с галенитом и флюоритом. Среда рудоформирования состояла в основном из окраин эпизональных и мезозональных гранитных плутонов в тыловых зонах континентальных окраинных дуг.

Примерами этого типа месторождений являются Чергилен, Дитурское и Неожиданное, Россия.

***Аи жилы, связанные с гранитоидами***

(Экстранд, 1984; Фирсов, 1985; Черезов и др., 1992)

Связанные с гранитоидами жильные месторождения Au состоят из прожилково-штоковерковых зон, содержащих вкрапленное золото и некоторые сульфиды, которые обычно встречаются в небольших, сложных гранитных интрузиях. Плутонические породы состоят в основном из известково-щелочных и субщелочных диоритов, гранодиоритов и гранитов. Месторождения могут локализоваться на вершинах плутонов или в контактовых метаморфических ореолах. Минералы представлены самородным золотом, Au-содержащими теллуридами и сульфидами, а также сопутствующими кварцем, турмалином, мусковитом, серицитом, хлоритом, полевым шпатом, карбонатами и флюоритом. Вкрапленные сульфиды в бортовых породах, особенно арсенопирит, обычно обогащены золотом и серебром. Изменения - беризит-лиственит с образованием кварца, серицита, турмалина и хлорита. Среда рудоотложения состояла из эпизональных плутонов, прорвавших миогеоклинальные осадочные породы, некоторые из которых перед внедрением были регионально метаморфизованы и деформированы. Плутоны обычно встречаются в тыловых дугах континентальной окраины. Месторождения имеют схожий минералогический и химический состав и обычно связаны с полиметаллическими жильными месторождениями, содержащими вкрапленные золотосодержащие сульфиды. Примерами этого типа месторождений являются Бороо, Монголия (рис. 17), Линлун, провинция Шаньдун, Саньшаньдао, Синьчэн, провинция Шаньдун, Китай; и Туаньцзегоу, провинция Хэйлунцзян, Китай.

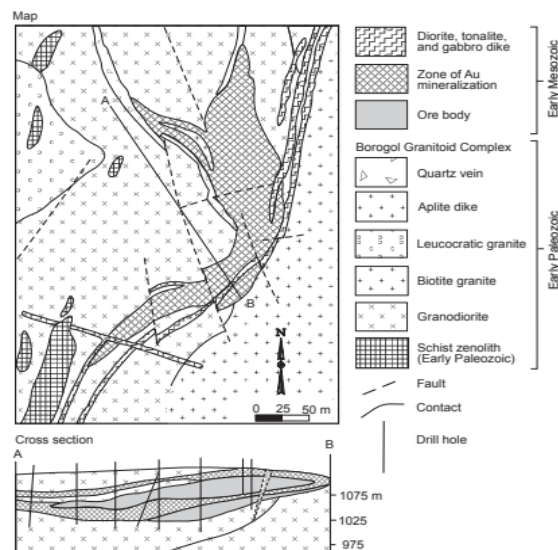


Рисунок 17. Геологическая схема от среднего триаса до средней юры Месторождение Au, связанное с гранитоидами Бороо, Монголия. Адаптировано из Jargalsaihan и другие (1996)

***Полиметаллические Pb-Zn ± Cu (±Ag, Au) жилы и штокверки***

*(Hwang, Kim, 1962; Moon, 1966; Cox, 1986e; Wang, 1989; Миронов и др., 1989; Tian, Shao, 1991)*

Полиметаллические Pb-Zn ± Cu (± Ag, Au) жильные и штокверковые месторождения состоят из кварц-карбонатных жил, содержащих сульфиды цветных металлов и сопутствующие Ag-минералы и золото. Месторождения приурочены к гипабиссальным телам, прорвавшим вулканические, осадочные и метаморфические породы, включающие прослойки известковых алевролитов, кремнистых мраморов и риолитов. Интрузии варьируются по составу от известково-щелочных диоритов до гранодиоритов и от монзонитов до монцогранитов и встречаются в небольших плутонах и роях даек. Некоторые месторождения контролируются разломами вдоль контактов между вмещающими породами и кислыми интрузиями и варьируются от стратиформных или жильных до линзовидных. Месторождения местами крупные и согласуются с залеганием вмещающих пород (например, Au-Ag полиметаллические жильные месторождения в провинции Цзилинь, Китай). Au-жильные месторождения, как правило, бедны сульфидами (общее содержание сульфидов менее 5 процентов). Минералы представлены самородным серебром, галенитом, сфалеритом, пиритом, халькопиритом, тетраэдритом, арсенопиритом, аргентитом, сульфосолями Ag, самородным золотом, сульфидами Cu и Sn. Жильные минералы представлены кварцем, карбонатом, баритом и флюоритом. Альтерация состоит из широких зон пропилита и узких зон серицита и аргиллита. Для Au-жильных месторождений наиболее интенсивными изменениями вмещающих пород являются кремнистые и беризитовые (пирит+серицит+карбонат). Изменения кремнезема обычно происходят рядом с рудными минералами, а внешние изменения представляют собой серицитовые и пропилитовые зоны. Зоны изменений имеют ширину от нескольких десятков до 100 метров. Обстановка рудоотложения состояла из зон локальных купольных поднятий в окраинно-континентальных дугах и островодужных вулкано-плутонических поясах. Примерами этого типа месторождений являются Куоланда, Прогноз Россия, Хартолгой и Цав (рис. 18), Монголия; Ляньхуашань, Мэнэнтаолегаи Внутренняя Монголия, Китай.

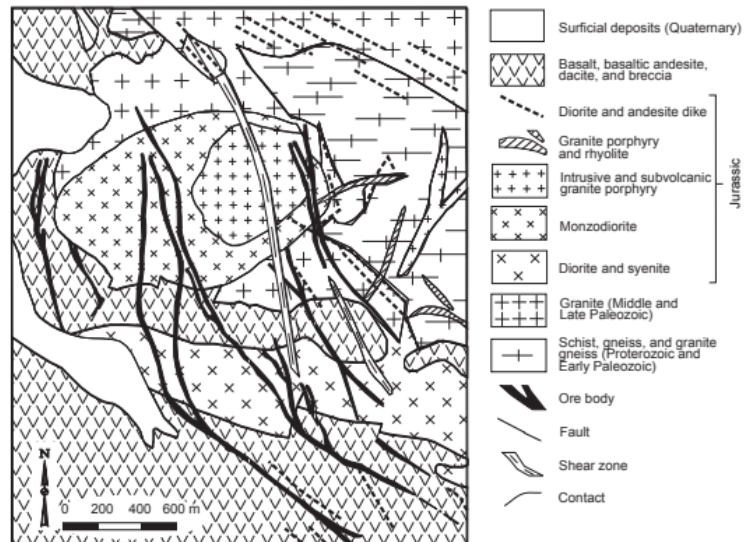


Рис. 18. Геологическая схема среднеюрско-раннемеловой Цавской полиметаллической Pb-Zn-Cu(±Ag, Au) жилы, Монголия. Адаптировано из Jargalsaihan и др. (1996).

### ***Аи-порфиры***

(Фогельман, 1964, 1965; Экстранд, 1984; Гамянин, Горячев, 1990, 1991; Силлитое, 1993б; Деджидмаа, 1996)

Месторождения Аи-порфира состоят из штокверковых зон и вкрапленного золота с локальными сульфидами, которые обычно встречаются в гранитных интрузиях от простых до сложных или в трубках брекчий, связанных с вулcano-плутоническими комплексами. Родственными интрузивными породами являются известково-щелочные и субщелочные гранодиориты или граниты. Брекчии содержат обломки вмещающих пород (туфов, гранитоидов, осадочных пород). Минералы — самородное золото, Аи-содержащие теллуриды и сульфиды; аксессуарные минералы: кварц, турмалин, мусковит, серицит, хлорит, полевой шпат, карбонаты, флюорит. Определены два подтипа: (1) малосульфидный подтип с прожилками халцедона и (2) высокосульфидный подтип с обильной вкрапленностью сульфидов. Внутри брекчиевых трубок золото обычно встречается в цементе (матрице) в виде вкраплений или прожилков вместе с сульфидами (пирит, сфалерит, галенит, арсенопирит и халькопирит). Вкрапленные сульфиды в бортовых породах, также обычно обогащены золотом и серебром. Вмещающие породы демонстрируют хлоритовые, аргиллитовые и кварцевые изменения. В приповерхностных частях месторождений развиты аргиллитовые изменения; в меньшей степени серицитовые. Штоки и связанные вулканические породы варьируются по составу от низкокальциевых известково-щелочных до высококальциевых известково-щелочных и калиевых щелочных. Месторождения обычно связаны с полиметаллическими жилами, Аи-Аг эпитермальными жилами и медно-порфиоровыми месторождениями. Среда рудоотложения состояла из связанных с субдукцией континентальных окраин или островных дуг со сложными эпизональными порфиоровыми штоками, прорвавшими

одновозрастные вулканические отложения и осадочные породы пассивной континентальной окраины, некоторые из которых перед внедрением были метаморфизованы и деформированы на региональном уровне. Примерами этого типа месторождений являются Ара-Ильинское, Дельмачик, Россия и Наочжи, провинция Цзилинь, Китай.

***Порфиры Cu ( $\pm$  Au)***

*(Кокс, 1986г; Сухов, Родионов, 1986; Евстрахин, 1988)*

Медно-порфиновые ( $\pm$  Au) месторождения состоят из штокверковых прожилков и редких жил халькопирита, борнита и магнетита в порфировых интрузиях и одновозрастных вулканических породах. Вмещающие интрузивные породы варьируют по составу от тоналитов и монцогранитов до сиенитов и монцонитов. Одновозрастные вулканические породы состоят из дацитовых и андезитовых потоков и туфов. Также могут быть распространены вулканические породы с высоким содержанием калия и низким содержанием титана (шошонит). Минералы представлены халькопиритом и борнитом с сопутствующими магнетитом, пиритом, редким самородным золотом, электрумом, силъванитом и гесситом, а также редкими минералами ЭПГ; жильные минералы представлены кварцем, калиевым полевым шпатом, биотитом, серицитом и хлоритом, а также редкими актинолитом, ангидритом, кальцитом и глинистыми минералами. Изменения состоят из 1) внутренней зоны кварца, биотита, редкого калиевого полевого шпата, хлорита, актинолита и ангидрита; 2) внешней зоны пропиловых минералов; и 3) кварц-пирит-глинисто-слюдяных минералов поздней стадии, которые накладываются на ранние полевошпатовые изменения. Рудные тела обычно имеют цилиндрическую или колоколообразную форму и сосредоточены в вулканогенно-интрузивном центре. Руда с самым высоким содержанием обычно встречается на уровне, где шток разделяется на ответвления. Среда рудоотложения состояла из связанных с субдукцией континентальных окраин или островных дуг с порфировыми штоками, дайками и крупномасштабными брекчиями, прорывающими одновозрастные вулканические породы вблизи вулканического центра и прилегающие осадочные породы пассивной континентальной окраины. Гранитоиды, вмещающие оруденение, обычно внедрялись во время затухающей стадии вулканического цикла. Примерами этого типа месторождений являются Хонгут и Ою Толгой (рис. 19), Монголия, и Сяоксинанча, провинция Цзилинь, Китай.

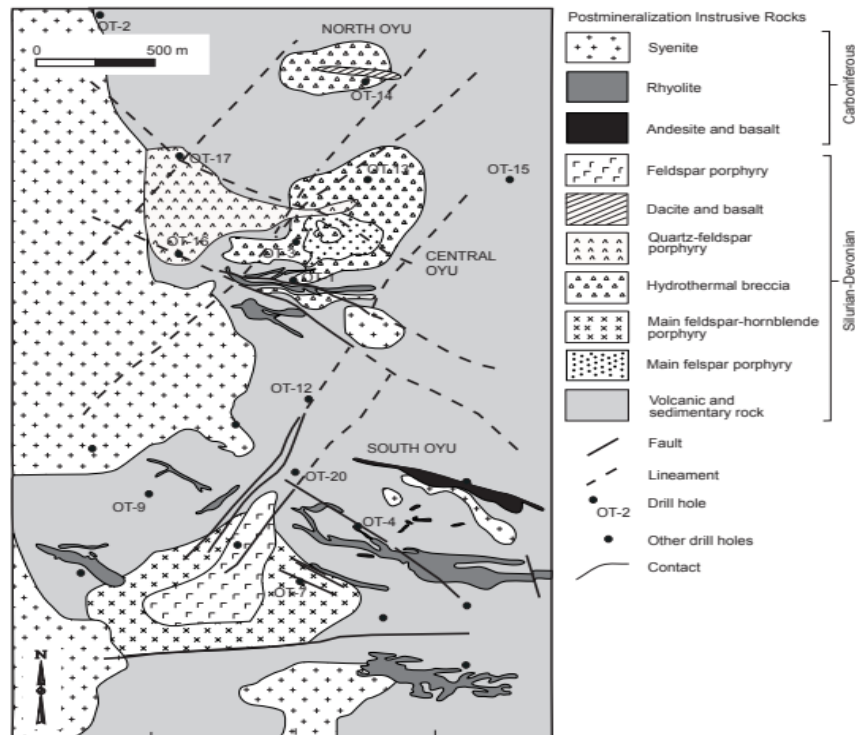


Рис. 19. Геологическая схема позднедевонско-раннекаменноугольного медно-порфирового месторождения Ою-Толгой ( $\pm Au$ ), Монголия. Адаптировано из Перелло и др. (2001).

### **Порфиры Cu-Mo ( $\pm Au, Ag$ )**

(Сотников и др., 1977, 1985; Кокс, 1986з; Сухов, Родионов, 1986; Ноклеберг и др., 1997)

Cu-Mo ( $\pm Au, Ag$ ) порфировые месторождения состоят из штокверковых прожилков и жил кварца, халькопирита и молибденита в порфировых интрузиях или вблизи них. Вмещающие магматические породы кислые и известково-щелочные, преимущественно от тоналитов до монцогранитных массивов, встречающиеся в основном в штоках, прорывающих гранитные, вулканические или осадочные породы. Обычны трубки брекчий (в том числе галечной брекчии) и дайки. Прожилки и жилы содержат в основном кварц и карбонаты. Рудные минералы: халькопирит, молибденит, пирит, сфалерит, богатый серебром галенит и золото; минералы гидротермальных изменений представлены кварцем, калиевым полевым шпатом, серицитом и биотитом или хлоритом. Большинство месторождений имеют различную степень гипогенных изменений, включая натриевые, калиевые и филлитовые. Более ранняя стадия оруденения обычно начинается со щелочного метасоматоза (микроклинизация), за которым следует метасоматическое отложение молибденита и более позднее наложение серицитовых изменений с последующим отложением сульфидов меди. Зоны изменений, от внутренней к внешней, представлены натриево-кальциевыми, калиевыми, филлитовыми и глинистыми до пропиловых. Характерно широкое, развитие трещин в интрузиях и бортовых породах. Среда рудоформирования состояла из порфировых интрузий, существовавших одновременно с многочисленными дайками, разломами и брекчиевыми трубками,



связанными с андезитовыми стратовулканами в тыловых зонах континентальных окраин или островных дуг, связанных с субдукцией. Примерами этого типа месторождений полезных ископаемых являются Эрдэнэтийн Овоо (рис. 20) и Цагаан Суварга, Монголия, Дуобаошань, провинция Хэйлунцзян и Унугетушань, Внутренняя Монголия, Китай.

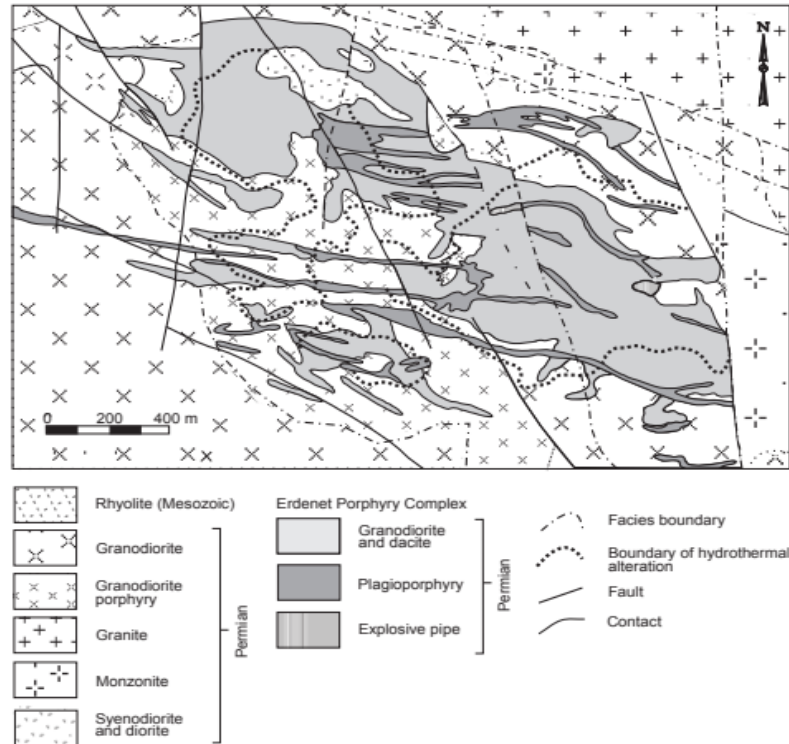


Рис. 20. Геологическая схема триасового медно-молибденового порфирового месторождения Эрдэнэтийн Овоо, Монголия. Адаптировано из Гавриловой и др. (1989).

### ***Mo ( $\pm$ W, Sn, Bi) порфиры***

(Сотников и др., 1977, 1985; Теодор, 1986; Покалов, 1992; Лудингтон, 1986; Ноклеберг и др., 1997)

Порфировые месторождения молибдена ( $\pm$  W, Sn, Bi) состоят из кварц-молибденитового штокверка в кислых порфирах и прилегающих вмещающих породах. Состав порфиров варьируется от гранитно-риолитового ( $>75\%$  SiO<sub>2</sub>) до тоналита, гранодиорита и монцогранита. Обычны радиальные кислые дайки и небольшие трубки брекчий. Попутные минералы — пирит, шеелит, халькопирит, редко — касситерит, вольфрамит, тетраэдрит; жильные минералы представлены кварцем, калиевым полевым шпатом, биотитом, кальцитом и слюдой. Некоторые месторождения имеют высокое содержание F, большой тоннаж и более высокое среднее содержание, чем месторождения с низким содержанием F, содержащие кварцевый монцонит. Альтерации заключаются в переходе калиевых зон наружу к пропилитовым, иногда с филлитовыми и аргиллитовыми изменениями. Для богатых фтором месторождений характерны интенсивные кварцевые и кварц-полевошпатовые жилы. Под рудным телом могут встречаться небольшие грейзеновые жилы. В соответствии с минералогическими и тектоническими условиями

выделяются два подтипа: 1) рифтогенные месторождения, богатые фтором, с высококремнистыми щелочными риолитовыми параметрами; и 2) низкосортные месторождения, связанные с континентальной окраиной дугой, содержащиеся в бедных фтором, известково-щелочных штоках или плутонах дифференцированного монцогранитного комплекса. Месторождения с высоким содержанием фтора также связаны с внутриплитными щелочными изверженными породами. Среда рудообразования состояла из неглубоких эпизональных порфировых интрузий в тыловых зонах связанных с субдукцией под толстую континентальную кору. Примерами этого типа месторождений полезных ископаемых являются Биранджа, Мельгинское, Метрековское, Сорское (рис. 21) и Жирекенское, Россия; и Дахэйшань 2, провинция Цзилинь, Китай; и Ланьцзягоу, провинция Ляонин, Китай.

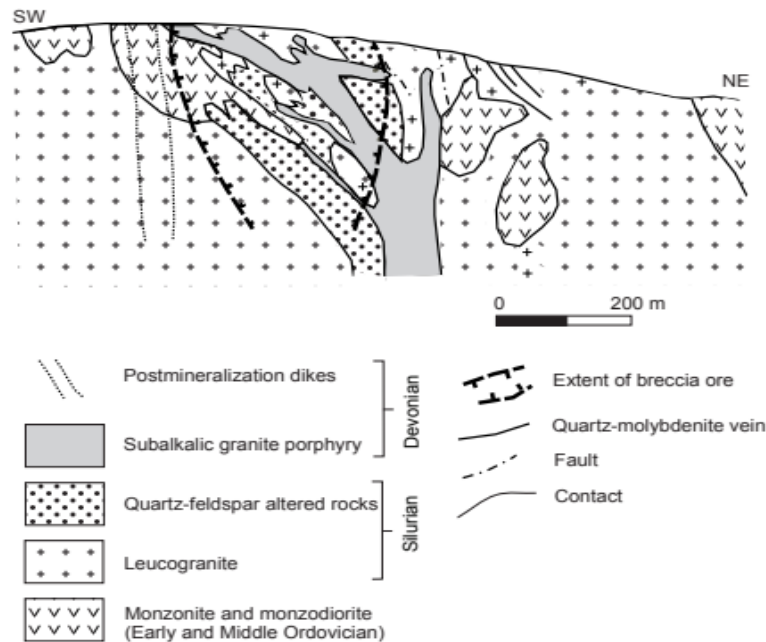


Рис. 21. Геологическая схема Сорского порфирового месторождения Mo ( $\pm$ W, Sn, Bi) раннего–среднего девона, Восточная Сибирь, Россия. Адаптировано из Сотников и Берзина (2000).

### ***Sn порфиры***

(Рид, 1986; Родионов, 1990; Ноклеберг и др., 1997)

Порфировые месторождения Sn состоят в основном из касситерита и сопутствующих минералов в штокверках, прожилках и вкраплениях, встречающихся в сложных, субвулканических, многофазных гранитных плутонах, штоках гранитных или кварцевых порфиров, а также в субвулканических и вулканических риолитовых брекчиях и окружающих обломочных породах. Состав субвулканических вмещающих пород варьирует от среднего до кислого (кварц-латит, дацит, риодацит); когенные вулканические породы состоят из известково-щелочных пирокластических пород и лав (кварц-латит до риодацита). Близкие интрузии в основном представлены сильно

измененными и брекчированными кварцевыми порфирами. Характерны магмато-гидротермальная брекчия и обширные метасоматические пропилитовые и филлитовые изменения, сопровождаемые кварцем, турмалином, сульфидами и серицитом. Рудные минералы: касситерит, кварц, пирротин, пирит, арсенопирит, халькопирит, сфалерит, галенит, станнит, вольфрамит, мусковит, серицит, хлорит, альбит, адуляр, сидерит, родохрозит, кальцит, топаз, флюорит, сульфостаннаты, минералы Ag и Bi. Зоны изменений от внутренней части к периферии представлены турмалином ( $\pm$ адуляром), филлитом, пропилитом и аргиллитом. Некоторые месторождения имеют кварц-турмалиновое ядро с периферической зоной серицита. Месторождения обычно связаны с Sn- и Ag-содержащими полиметаллическими жилами. Среда рудообразования состояла в основном из неглубоких субвулканических штоков, расположенных на глубинах от 1 до 3 км под или внутри жерл стратовулканов в тыловых зонах связанных с субдукцией континентальных окраинных дуг. Примерами этого типа месторождений полезных ископаемых являются Моховое, Мопану, Сурхо, Янтарное и Звездное, Россия.

### **3.4. Месторождения, связанные со щелочными интрузиями**

#### **3.4.1 Месторождения, связанные с карбонатитами**

##### ***Апатитовые карбонатиты***

*(Смирнов, 1982; Энтин и др., 1991)*

Апатит-карбонатитовые месторождения состоят из апатит-карбонатных, апатит-кварц-карбонатных, мартит-apatит-кварц-карбонатных ассоциаций, мартит-apatит-карбонатных и апатит-карбонатно-кварцевых ассоциаций в асимметричных ранне- и позднестадийных штоках. Раннестадийные карбонатиты образуют жилы, жильные зоны и штокверки в основных комплексах, внедренных в кристаллический фундамент. Жилы имеют ширину от нескольких сантиметров до 30-40 м и длину от нескольких метров до 500 м, редко до 1,5 км. Апатитовый карбонатит ранней стадии содержит апатит, карбонаты (кальцит, доломит), калиевый полевой шпат, флогопит, мартит и серпентин. Апатит представлен крупными (максимальный диаметр 20 см) игольчатыми кристаллами с крупными трещинами, заполненными продуктами распада, в том числе слюдой, серпентином и мартитом. Обычны сростки мартита, серпентина и флогопита, а также серпентин и мартит, окаймляют зерна апатита. Апатит также может содержать микрокристаллы монацита. Позднестадийные карбонатиты, встречающиеся в виде даек и штоков, прорывающих раннестадийные карбонатиты, состоят из доломита, ангидрита, апатита, кварца, хлорита, небольшого количества барита и мартита, а также редких турмалинов, флюорита и сульфат-apatита. Характерны сростки апатита и гематита,

внешне напоминающие джеспилит, замещенные апатитом, мартитом и карбонатами. Апатит в карбонатитах поздних стадий встречается в виде субпараллельных игольчатых кристаллов в карбонатной матрице, без крупных трещин, сростается с мартитом, серпентином и флогопитом; карбонатные включения незначительны. Среда рудоотложения состояла из генерации щелочных основных магм во время рифтогенеза кратонов или кратонных террейнов. Пример этого типа месторождений - Селигдар, Россия.

### ***Fe-REE карбонатиты***

*(Ким и др., 1965; Невский и др., 1972; Синяков, 1988; Park, Hwang, 1995)*

Месторождения Fe-REE карбонатитов состоят из магнетита, кальцита, гематита, лимонита, халькопирита, пирита, сидерита, родохрозита, апатита, минералов РЗЭ, флюорита, барита и сидерита. Месторождения встречаются в сложных перистых системах, связанных с крупными разломами. Вмещающие породы представляют собой щелочно-мафические магмы, прорывающие в основном гнейсово-сланцевые комплексы и терригенные осадочные породы. Локально встречаются горнблендитовые дайки (например, рудник Хунчхон, Корейский п-ов). Минералы представлены сидеритом, баритом, флюоритом, гематитом, магнетитом, бастнезитом, паризитом, минералами РЗЭ и сульфидами. Минералы РЗЭ встречаются также в сидерите, барите и флюорите. Обширные гидротермальные изменения состоят из анкерит-кальцит-сидеритовых метасоматитов. Рудоносные брекчиевые зоны образуют крутопадающие столбы. Минералы месторождений образуют сложные смеси магнетита, монацита, апатита и стронцианита, которые встречаются в карбонатах, в основном сложенных железистым доломитом, анкеритом и сидеритом с аномальными содержаниями P, Sr, Nb, La, Ce, Nd, Sm и Ba. Апатит ассоциирует с магнетитом, доломитом, стронцианитом и баритом. Встречается также редкоземельный монацит, образующий мирмекитовые сростания с доломитом и стронцианитом. Незначительные количества халькопиритов и молибденитов встречаются в виде вкрапленностей в углеродистых вмещающих породах. Магнетит и монацит обычно растрескиваются катакластической деформацией. Пирит является обычным сульфидом в зонах гидротермальных изменений. Структура руд варьируется от брекчиевых до массивных и местами полосчатых. Высокожелезистые минералы месторождений интерпретируются как формирующиеся при гидротермальном замещении глинистых осадочных пород. Среда рудоформирования состояла из образования щелочных основных магм во время рифтогенеза кратона или кратонных террейнов. Примерами этого типа месторождений являются Карасугское и Улатайское, Россия.

***Fe-Ti ( $\pm$ Ta, Nb, Fe, Cu, апатит) карбонатиты***

*(А.А. Фролов, В.Т. Покалове, 1984; Зингер, 1986а)*

Fe-Ti ( $\pm$ Ta, Nb, Fe, Cu, апатит) карбонатитовые месторождения состоят из железистых карбонатитов, пространственно и генетически связанных с щелочно-ультраосновными плутонами, которые, как правило, встречаются рядом с зонами глубинных разломов. Характерны зональные массивы, состоящие из дунитов, пироксенитов, якупирангитов, мельтейгитов, ийолитов, уртитов, нефелиновых сиенитов и карбонатитов. Определены два подтипа: перовскит-титаномагнетитовый и апатит-магнетитовый. Первый подтип представлен пироксенитами и дунитами с вкраплениями, ответвлениями, линзами и прожилками минералов, преимущественно титаномагнетита, перовскита, оливина и пироксена. Второй подтип представлен магнетитом, апатитом, бадделеитом, пирохлором, форстеритом, кальцитом, доломитом, флогопитом, клиногумитом, цирконом и медно-никелевыми сульфидами. Месторождения обычно залегают в линейных или кольцеобразных жилах, трубчатых телах и штокверках, встречающихся как в центральной, так и в периферийной частях плутонов. Среда рудоформирования состояла из генерации щелочных основных-ультраосновных магм во время рифтогенеза кратонов или кратонных террейнов. Примерами этого типа месторождений полезных ископаемых являются Ессей 1, Гулинское 1, Ириаас 1 и Кугда 1, Россия.

***Флогопитовые карбонатиты***

*(Eckstrand, 1984; Epstein, 1994)*

Месторождения флогопитовых карбонатитов состоят из флогопитовых тел и вкраплений, залегающих в щелочно-ультраосновных плутонах. Флогопит встречается в карбонатитах в ассоциации с автореакционными скарнами. Встречаются как эндоскарн, так и экзоскарн. Эндоскарн состоит из метасоматических ийолитов и нефелин-пироксеновых пород; а экзоскарн состоит из мелонито-пироксеновой, кальцит-диопсидовой, диопсид-волластонит-кальцитовой и кальцит-магнетитовой пегматитовой масс. Флогопит встречается: 1) в жилах и линзах граната, нефелина и пироксена; 2) в виде вкрапленности в карбонатно-диопсидовой породе; 3) в жилах в дуните. Месторождения зональные: 1) периферийная зона, сложенная гранат-пироксен-нефелиновыми пегматоидными породами; 2) жильная зона ядра, сложенная апатит-пироксеновой и кальцит-флогопитовой породой. Распространение флогопита неравномерное. Обстановка рудоформирования состояла из карбонатит-щелочно-ультрамафитовых комплексов, внедрившихся по крупным разломам во время внутрикратонного рифтогенеза. Этот тип

месторождений связан с месторождениями карбонатитов Fe-Ti и карбонатитов REE-Ta-Nb. Примерами этого типа месторождений являются Гулинское 3 и Одихинча 1, Россия.

***РЗЭ ( $\pm$ Ta, Nb, Fe) карбонатиты***

*(Смирнов, 1969; Невский и др., 1972; Самойлов, Коваленко, 1983; Экстранд, 1984; Синяков, 1988; Эпштейн, 1994; Коваленко, Ярмолюк, 1995).*

Месторождения РЗЭ карбонатитов ( $\pm$ Ta, Nb, Fe) состоят из штокверков, метасоматических жил, брекчий, столбчатых тел и линз различного размера, содержащих минералы РЗЭ, Ta-Nb и Fe, в сложнзональных щелочно-ультраосновных карбонатитовых магматических комплексах, встречающихся в 1) зональных пробкообразных штоках, 2) конических массивах лополитового типа, 3) кольцевых или полукруглых структурах и линейных дайках, залегающих в конических и радиальных разломах, 4) интрузиях сложной формы, объединяющих три предыдущие структуры. Комплексы, как правило, группируются вблизи крупных разломов. Зональные карбонатитовые комплексы и штоки обычно содержат два или более из следующих типов пород: пироксениты, габбро, уртиты, ийолиты, фойяиты, нефелиниты, щелочные сиениты, карбонатиты, меланфелиниты, мелалевцититы, фонолиты, трахиты, эруптивные трахитовые брекчии с карбонатитовой матрицей, латиты, трахибазальты и сиениты. Карбонатиты обычно состоят из различных ассоциаций авгита-диопсида-кальцита, форстерита-кальцита, эгирина-доломита, эгирина-анкерита, кальцита и анкерита. Зональность состоит из центральной зоны карбонатитов, средней зоны ультраосновных пород и периферической зоны ийолитов и нефелиновых сиенитов. Последовательность зонирования может быть локально обращенной или сложной. Магматические и близлежащие вмещающие породы обычно интенсивно изменены, а различие между магматическими и вмещающими породами стирается. Комплексы гидротермальных изменений включают сочетания пироксена, полевого шпата, нефелина, щелочного амфибола, анкерита, кальцита, сидерита, магнетита, апатита и бастнезита. Минералы, встречающиеся в щелочных метасоматитах: пироксенолор, бадделеит, перовскит, кнопит, дизаналит, синшизит, бастнезит, паризит, циркон, монацит, колумбит, апатит, иттриалит, меланокерит, иттротитанит, гидроторит, сидерит, барит, стронцианит, флюорит, гематит, магнетит, целестин, церрусит, апатит, монацит и сульфиды. РЗЭ встречаются также в сидерите, барите и флюорите. Среда рудоотложения состояла из внедрения щелочной основной магмы во время рифтогенеза кратонов или кратонных террейнов. Примерами этого типа месторождений являются Белозиминское, Горное Озеро (рис. 22) и Гулинское 2, Россия, и Мушгай Худаг, Монголия.

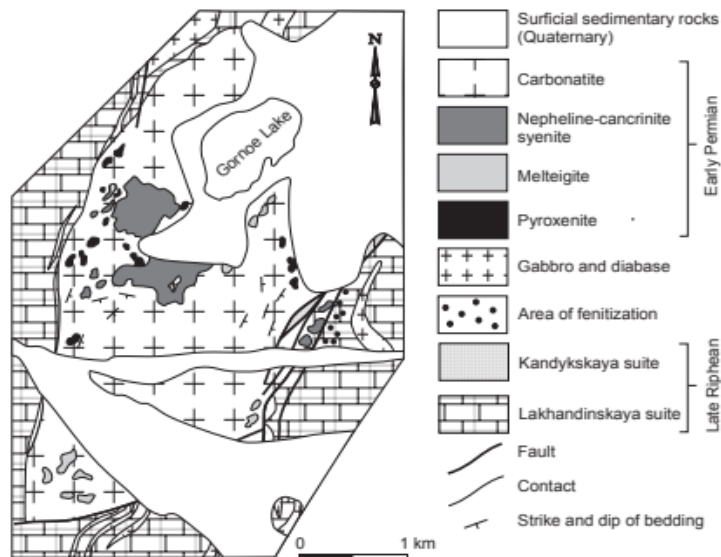


Рис. 22. Геологическая схема карбонатитового месторождения РЗЭ ( $\pm$ Ta, Nb, Fe) от среднего девона до раннего карбона Горное Озеро, Юго-Восток России. По материалам Коростылева (1982).

### 3.4.2 Щелочно-кремнистые месторождения.

#### *Au в щелочном комплексе*

(*Song et al., 1996; Shi and Xie, 1998*)

Месторождения золота встречаются в щелочных магматических комплексах и периферийных вмещающих породах. Определены три подтипа: 1) наиболее распространенные Au-содержащие калиевые и кремнеземистые породы; 2) чаще встречаются золото-кварцевые жилы, связанные с оболочкой калиевых изменений; и 3) менее распространенные жилы золотого кварца. Минералы, составляющие менее 3% вмещающих пород, представлены в основном золотом и пиритом, реже магнетитом, халькопиритом, галенитом, алтаитом и др.; жильные минералы представлены в основном кварцем и реже полевым шпатом, серицитом, хлоритом, эпидотом и др. Вмещающие породы изменены на калиевый полевой шпат, кремнезем, пирит и серицит. Вмещающий щелочной магматический комплекс (например, в Дунпине, провинция Хэбэй, Китай) состоит из щелочного полевошпатового сиенита, щелочного полевого шпата кварцевого сиенита, пироксен-роговообманково-щелочного полевошпатового сиенита, пироксен-роговообманкового сиенита и роговообманково-щелочно-полевошпатового сиенита. Щелочные комплексы встречаются в протяженных зонах, которые обычно прорывают архейские метаморфические гнейсы вдоль крупных разломов. Среда рудообразования состояла щелочной юрской контактно-основной магмы во время рифтогенеза или сдвигов по разломам в кратонах или кратонных террейнов. Примерами этого типа месторождений являются Акалахинское, Россия, Дунпин (рис. 23) и Хоугоу Чичэн, провинция Хэбэй, Китай.

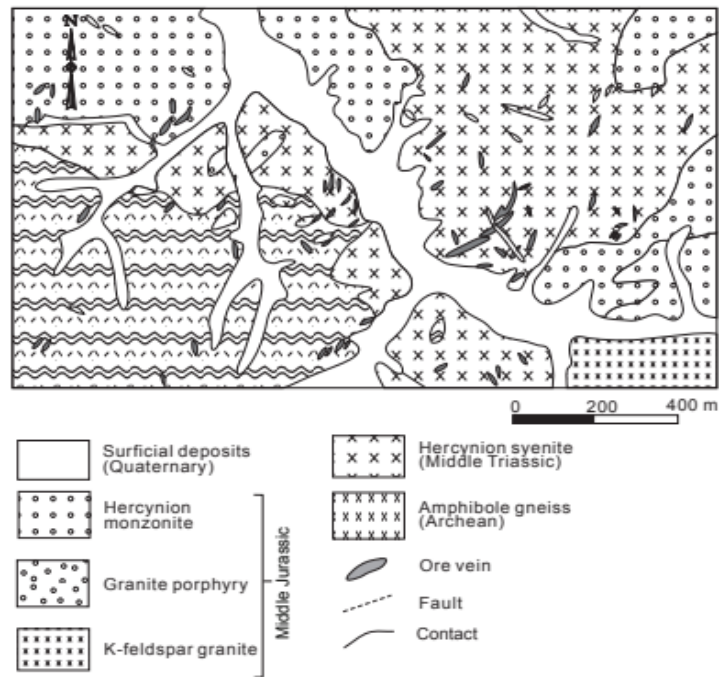


Рис. 23. Обобщенная геологическая карта среднеюрского месторождения золота Дунпин, вмещающего щелочной комплекс, северный Китай. Адаптировано из Сун и Чжао (1996).

### ***Суперщелочные гранитоидные Nb-Zr-PЗЭ***

(Владыкин, 1983; Коваленко и др., 1985, 1995)

Месторождения Nb-Zr-REE, связанные со щелочными гранитоидами, состоят из щелочных гранитных пород, содержащих минералы REE-Zr-Nb, которые обычно встречаются в апикальных частях куполов, как правило, в ассоциации с высокофракционированными магматическими фазами, включая щелочной пегматит. Вмещающий гранит состоит из калиевого полевого шпата, кварца, альбита, арфведсонита, эгирина, флюорита и различных минералов PЗЭ, таких как элпидит, гиттинзит, циркон, пироксенол, монацит, фторкарбонат и полилитихонит. Альтерация заключается в замещении эпидотом, ортоклазом и постмагматическим альбитом. Месторождения в основном залегают в микроклин-альбитовых гранитах и метасоматитах, сложенных кварцем, альбитом, пироксеном и микроклином. Кварц-эпидотовый метасоматит содержит циркон, фергусонит, алланит, чевкинит и титанит в жиллообразных зонах; также встречаются фергусонит и циркон с PЗЭ и Y. Акцессорные минералы представлены амфиболом, магнетитом, цирконом, эпидотом, ильменитом, флюоритом, бериллом, чевкинитом, пиритом, галенитом. Сопутствующими типами месторождений являются пегматитовые и кварц-флюоритовые жилы PЗЭ. Условия рудообразования - внедрение суперщелочных гранитных пород в миогеоклинальные или островодужные комплексы. Примерами этого типа месторождений являются Улантолгой, Монголия и Баерже, Внутренняя Монголия, Китай.



### ***Альбит-сиенитовые РЗЭ***

*(Андреев и др., 1994; Кемпе и др., 1994; Коваленко, Ярмолюк, 1995)*

Месторождения РЗЭ, связанные с альбитовыми сиенитами, встречаются: в 1) эндоконтактах щелочных плутонов, сложенных метасоматически измененными щелочными сиенитами (нордмаркит) и 2) в суперщелочных вулканитах (комендит, пантеллерит, суперщелочные трахидациты, трахириолиты и трахибазальты), прорванных редкоземельно-альбитовыми нефелиновыми сиенитами. Руды представляют собой различные минералы REE-Zr-Nb. Пример месторождения этого типа является Майхан-Уул, Монголия.

### ***Ta-Li онгонит***

*(Коваленко и др., 1971; Коваленко, Коваленко, 1986)*

Ta-литиевые месторождения онгонитов подразделяются на вулканогенные и плутонические. Магматические породы порфировидные с вкрапленниками альбита, кварца, калиевого полевого шпата, топаза, лифенгита в тонкозернистой матрице минералов РЗЭ. Основные минералы содержат Ta, Rb, Nb, Be, Li и Sn. Плутонический онгонит богат Ta (максимум 130 ppm при средней концентрации 88 ppm), Li (средняя концентрация 2780 ppm) и Rb (средняя концентрация 2380 ppm). Вулканический онгонит (например, Тег-Уул, Монголия) содержит меньше РЗЭ (среднее содержание 37 г/т Ta, 170 г/т Nb, 1040 г/т Rb и 90 г/т Be) и встречается в крупных телах, включая вулканические конусы, стратифицированные тела и пластины. Магматические породы содержат в среднем от 0,05 до 0,8% Li, от 0,5 до 5,0% Zr и от 0,3 до 4,5% РЗЭ. Характерны высокие содержания Li, Be, Sn, Zn. Месторождение Тег Уул, Монголия, крупное и состоит из туфовой пачки мощностью от 10 до 20 м. Ассоциирующими породами являются позднемезозойские риолиты и онгориолиты, залегающие в неках вулканов. Другими примерами этого типа месторождений являются Улканское, Россия, и Онгон Хайрхан, Монголия.

### ***3.4.3 Щелочно-габброидные месторождения***

#### ***Чароитовый метасоматит***

*(Конев и др., 1996)*

Месторождения метасоматитов чароита состоят из брекчиевидных жилообразных слоистых тел чароита, залегающих в архейских и протерозойских фенитизированных гнейсах, кварцевых песчаниках и доломитах. Чароит интерпретируется как образовавшийся на завершающей интрузивной стадии ультракалиевых щелочных сиенитов; однако интерпретации его происхождения различаются. Одна интерпретация -

метасоматическое происхождение, а другая - магматизм, приведший к метасоматическому замещению вмещающих пород чароитом. Минеральный состав разнообразен: от почти мономинерального чароита до сложных смесей эгирина, пектолита, калиевого полевого шпата, кварца, тинаксита, федорита, каназита и кальцита. Морфологически состоит из плотных монолитов с раковистыми изломами, пегматоидными, крупнокристаллическими, рассланцованными и гнейсовидными. Цвет чароита варьируется от пурпурного до коричневого и до бесцветного. Состав чароита подобен каназиту и имеет химическую формулу  $(\text{Na}, \text{K})_5\text{Ca}[(\text{OH}, \text{F})_3]\text{Si}_{10}\text{O}_{25}$  с Ba и Sr. Единственный пример этого типа месторождений - Мурунское, Россия.

### ***Магматические и метасоматические апатиты***

*(Архангельская, 1964; Литвиновский и др., 1998)*

Магматические и метасоматические месторождения апатита состоят из двух подтипов: магматические и метасоматические. Первый подтип встречается в расслоенных плутонических или стратиформных комплексах с чередованием согласных линз и даек, сложенных средне- и крупнозернистыми щелочными габбро, меланократовыми щелочными габбро или щелочно-полевошпатовыми сиенитами. Апатит концентрируется в щелочных габбро (в среднем 4%  $\text{P}_2\text{O}_5$ ) и образует равномерно расположенные таблитчатые зерна, короткие призмы, иглы, отдельные кумулятивные минералы, пойкилитовые включения в пироксенах и амфиболах, вкрапленники в дайках микрогаббро, линзы и гнезда с роговой обманкой и титаномagnetитом. Встречаются также роговообманково-полевошпатовые пегматиты с многочисленными включениями апатита. Вмещающими породами для интрузий обычно являются гнейсовидные граниты и гнейсы. Второй подтип представлен зонами метасоматитов в зональных массивах щелочных нефелиновых сиенитов и псевдолейцитовых сиенитов, содержащих до 19%  $\text{K}_2\text{O}$  и 23%  $\text{Al}_2\text{O}_3$ . Метасоматиты залегают вдоль сиенитовых контактов и в зонах разломов. Меланократовый метасоматит ранней стадии состоит из ийолита, фаялита и слюдистого шонкинита. Меланократовые тела метасоматитов имеют мощность от нескольких метров до десятков и сотен метров и длину от десятков до сотен километров. Меланократовые метасоматиты обогащены кальцием, магнием, железом и фосфором при высоком содержании апатита от 3 до 10%. Месторождения, богатые апатитом, состоят из пироксена, биотита, апатита, ортоклаза, нефелина, плагиоклаза, магнетита (местами до 10—20%), сфена. Содержание апатита колеблется от 5-10 до 80 процентов. Богатые апатитом участки площадью до нескольких десятков квадратных метров встречаются в сынныритах, содержащих в основном апатит с меньшим количеством ортоклаза, биотита,

пироксена и магнетита. Условия рудообразования обоих подтипов состояли из внедрения щелочной сиенитовой магмы во время рифтогенеза или сдвигового смещения кратонов или кратонных террейнов. Примерами этого типа месторождений полезных ископаемых являются Мурунское, Ошурковское и Сыннырское, Россия, и Фаньшань, провинция Хэбэй, Китай.

### ***Магматический графит***

*(Лобзова, 1975; Еремин, 1991)*

Месторождения магматического графита состоят из масс графита в щелочных плутонических породах, включая сиенит и нефелиновый сиенит. Графит встречается в нерегулярных линзах, штоках и прожилках. Известняки вмещающих пород образуют сложные ксенолиты в краевых частях щелочных плутонов. Измененная порода - это скарн и фенит, которые встречаются в контактных зонах или рядом с ними. Полосчатые руды состоят из чередующихся графитовых и графит-пироксен-кальцитовых слоев. Сопутствующие минералы включают полевой шпат, апатит и эгирин. Примерами этого типа месторождений являются Курейское 2, Россия, Гуаньши, Мулин и Янбишань, провинция Хэйлунцзян, Китай.

### ***Магматический нефелин***

*(А.Н. Сучарина, в кн. Кузнецов, 1982)*

Магматические месторождения нефелина состоят из нефелиновых минералов, содержащихся в щелочных габбро, прорывающих орогенные зоны и сросшиеся террейны. Руды и интрузивные вмещающие породы залегают вдоль или рядом с зонами крупных разломов. Вмещающими породами для рудоносных интрузий являются в основном карбонаты и углистые пирокластические породы. Руды: уртиты, содержащие до 90% нефелина, залегают в дайках и сложных плутонах щелочных габбро; попутными минералами являются титанавгит и в меньшей степени апатит, эгирин-авгит, титаномагнетит и пирротин. Примерами этого типа месторождений являются Дахуньинское и Харлинское, Россия, и Белтесин-Гол, Монголия.

#### 4. МЕСТОРОЖДЕНИЯ, СВЯЗАННЫЕ С МОРСКИМИ ЭКСТРУЗИВНЫМИ ПОРОДАМИ

##### *4.1 Массивные вулканические сульфиды (VMS)*

###### **Массивный сульфид *Besshi Cu-Zn-Ag***

*(Cox, 1986c; Slack, 1993, M. Ogasawara)*

Массивные сульфидные месторождения Бесши Cu-Zn-Ag состоят из тонких пластин массивного или хорошо слоистого пирита, пирротина, халькопирита и сфалерита, а также сульфидов с меньшим содержанием магнетита, галенита, борнита и тетраэдрита. Сопутствующие минералы представлены кварцем, карбонатами, альбитом, белой слюдой и хлоритом. Месторождения залегают в мощных толщах обломочных осадочных пород и переслаивающихся базальтов, объемно подчиненных осадочным породам. Местами встречаются тонкослоистые кремни и черные сланцы. Вмещающие породы могут включать серицитовые и хлоритовые сланцы, котиккулы, турмалинитовые и альбититовые линзы, которые обычно образуют слоисто-связанные тела или оболочки вокруг массивных сульфидов и могут простираются на 5-10 метров в соседние вмещающие породы. Линзы котиккула, турмалинита и альбитита могут встречаться в виде стратиформных слоев, простирающихся в латеральном направлении на сотни метров за пределами массивного сульфидного месторождения. Вмещающие породы демонстрируют гидротермальные изменения и (или) химическую седиментацию, совпадающую с отложением массивных сульфидов. Изменение иногда трудно распознать из-за последующего метаморфизма. Руды обычно состоят из стратиформных линз и пластообразных скоплений полумассивных и массивных сульфидов. Могут встречаться питающие зоны подошвы. Типичным примером является месторождение Бесши на юго-западе Японии, которое находится в метаморфическом террейне Самбагава. Среда рудообразования состояла из подводных горячих источников, связанных с более глубокими зонами подводного базальтового вулканизма вдоль спрединговых океанических хребтов или задуговых спрединговых центров, возможно, в районах, где спрединговый океанический хребет расположен вблизи континентальной окраины, поставляющей обломочный детрит. Примерами этого типа месторождений полезных ископаемых являются Бесши (рис. 24), Иимори, Кунэ, Макимине, Минэносава и Симокава, Япония.

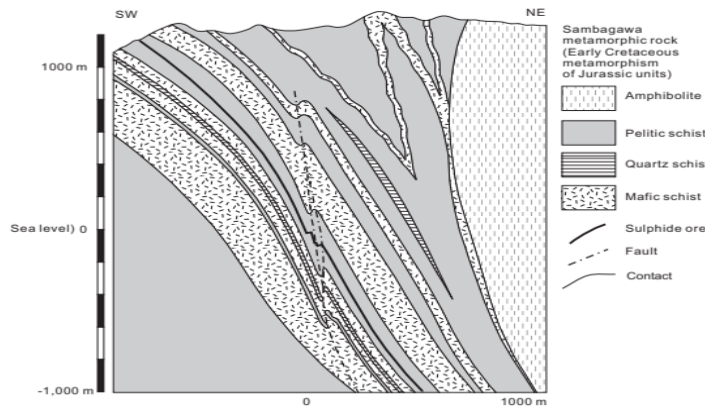


Рисунок 24. Геологическая схема ранней юры через кампанское Cu-Zn-Ag массивное сульфидное месторождение Бесши, Япония. Адаптировано из Sumitomo Metal Mining Co. (1981).

### ***Кипрский массивный сульфид Cu-Zn***

(Eckstrand, 1984; Singer, 1986)

Кипрские Cu-Zn массивные сульфидные месторождения состоят из массивных сульфидов в подводных, преимущественно основных толеитовых или известково-щелочных вулканических породах, встречающихся в офиолитовых толщах или зеленокаменных поясах. Руды в основном представлены пиритом, халькопиритом и сфалеритом, реже марказитом и пирротинном. Сульфиды встречаются в подушечном базальте, связанном с тектонизированными дунитами, гарцбургитами, габбро, пластинчатыми дайками диабазов и мелкозернистыми осадочными породами, которые частично или полностью образуют комплекс офиолитов. Местами под массивными сульфидными телами залегает штокверк, сложенный пиритом, пирротинном, в незначительном количестве халькопиритом и сфалеритом. Некоторые сульфиды могут подвергаться брекчированию и рецементации. Изменения в прожилковой зоне состоят из большого количества кварца, халцедона, хлорита и меньшего количества иллита и кальцита. Некоторые месторождения перекрыты богатой железом и бедной марганцем охрой. Среда рудоформирования состояла из подводных горячих источников вдоль осевого грабена в океанических или задуговых спрединговых хребтах или горячих источников, связанных с подводными вулканами. Примерами этого типа месторождений являются Майнское, Россия, Нергуй, Монголия и Оуки, Япония.

### ***Вулканогенный Cu-Zn массивный сульфид (уральский тип)***

(Бородаевская и др., 1985)

Вулканогенные Cu-Zn массивные сульфидные месторождения (уральского типа) состоят из массивных или вкрапленных Zn-Cu сульфидных минералов, залегающих в островодужных вулканических поясах. Вулканические породы состоят из бимодальных риолитов и базальтов, андезитов, дацитов и риолитов с подчиненными кислыми

породами. Рудоконтролирующими структурами являются вулканотектонические впадины, кальдеры, купола и синвулканические разломы. Наиболее распространены линзовидные отложения, конкордантные вмещающим породам. Реже встречаются отложения воронкообразной или Т-образной формы. Апофизы массивных сульфидов в линзах подошвенных стенок могут переходить вниз в дискордантные прожилки. Типичны многоуровневые отложения. Минералы в основном представлены пиритом, халькопиритом и сфалеритом с небольшим количеством галенита, теннантита, тетраэдрита и борнита; жильные минералы представлены кварцем, серицитом, хлоритом и карбонатом. Вулканогенно-осадочные вмещающие породы сильно изменены. Корневые зоны состоят из серицит-кварцевых метасоматитов, переходящих вверх и наружу на кварц-серицит-хлоритовые и кварц-карбонатно-серицит-хлоритовые с альбитовой и эпидотовой зонами. Над месторождениями широко распространены кремнистые, эпидотовые и гематитовые изменения. Сульфиды зональны с обогащением Cu и Zn от подошвы к висячему крылу и от ядра к периферии. Большинство минералов имеют массивную форму, но местами могут быть полосчатыми или брекчированными, или могут встречаться в прожилках на флангах месторождений. Характерно образование мощных тел в зонах выветривания месторождений. Среда рудоформирования состояла из энсиматической островной дуги, построенной на океанической коре, содержащей дифференцированный базальт и другие вулканиты. Тип месторождения представляет собой вариант кипрских Cu-Zn массивных сульфидных месторождений. Примерами этого типа месторождений являются Хариузихинское 1, Россия, и Борц Уул, Монголия.

***Вулканогенный Zn-Pb-Cu массивный сульфид (куроко, алтайский тип)***  
*(Ламберт, Сато, 1974; Яковлев, 1978; Зингер, 1986)*

Вулканогенные месторождения Zn-Pb-Cu массивных сульфидов (типы Куроко, Алтай) состоят из массивных Zn-Pb-Cu сульфидов, залегающих в морских кислых и вулканических, пирокластических и пластовых вулканических и осадочных породах среднего состава. Руды состоят, как правило, из массивных стратиформных и штокверковых типов. Массивная пластообразная часть обычно имеет в плане овальную форму и подстилается штокверковой частью; штокверковая часть обычно имеет форму воронки, обычно встречается в окремненных риолитах и интерпретируется как питающая зона для гидротермальных флюидов. Стратиграфически снизу вверх месторождения характеризуются следующими зонами: 1) кремнистая штокверковая рудная (пирит-халькопирит-кварцевая), 2) желтая рудная (стратиформная пирит-халькопиритовая), 3) черная рудная (стратиформная сфалерит-кварцевая), (галенит-халькопирит-пирит-барит),

4 – баритовая руда, 5 – маломощные прослои железистых кремней. Также могут встречаться линзовидные или неправильные массы гипса и (или) ангидрита. Руды: пирит, сфалерит, галенит, халькопирит, меньше теннантит, тетраэдрит, борнит, электрум, стромейерит, аргентит, самородное серебро, энаргит; и другие - барит, гипс, ангидрит, кальцит, доломит, кварц, хлорит и серицит. Стратиграфический подошвенный вал и местами стратиграфический висячий бок гидротермально изменены. Серицитовые, монтмориллонитовые и Mg-хлоритовые изменения охватывают стратиформные отложения. Со штокверком связаны кварцевые, серицитовые и Mg-хлоритовые изменения. Рудные тела типа Куроко в районе Хокуроку на северо-востоке Японии образовались в среднем миоцене в ходе задугового рифтогенеза. Среда рудоотложения состояла из выноса растворов из высокотемпературных подводных гидротермальных систем на морское дно или вблизи него вдоль континентальной окраины или островных дуг или задуговых бассейнов; места разгрузки контролировались разломами. Примерами этого типа месторождений являются Хотойдох и Корбалихинское (рис. 25), Россия.

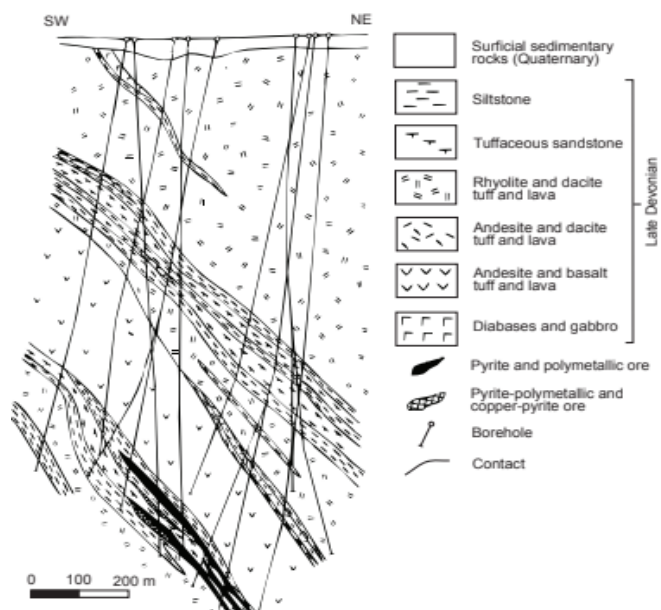


Рис. 25. Геологическая схема средне-позднедевонского Корбалихинского вулканогенного Zn-Pb-Cu массивного сульфидного месторождения, Восточная Сибирь, Россия. Адаптировано из Гасков и др. (1991).

## 4.2 Вулканогенно-осадочные месторождения

### ***Вулканогенно-гидротермально-осадочные Pb-Zn, ( $\pm$ Cu)***

*(Дистанов, 1977; Дистанов и др., 1982; Экстранд, 1984)*

Вулканогенно-гидротермально-осадочные Pb-Zn, ( $\pm$ Cu) месторождения девонского возраста залегают в бассейновых комплексах обломочных, вулканических и карбонатных пород, прорванных малоглубинными базальтовыми магмами. Сульфиды формируются в виде ритмичных многоярусных пластов или слоев, залегающих в туфогенных, обломочных, карбонатных и черных сланцах. Месторождения характеризуются

латеральной и концентрической зональностью, структурой от массивной до слоистой. Гидротермальные изменения вмещающих пород незначительны или отсутствуют. Минеральные агрегаты хорошо слоисты и состоят из тонкозернистого кварца и сульфидов или кварца, сидерита и сульфидов. Сульфиды богаты Pb-Zn, с небольшим количеством Cu или без нее. Основными минералами являются пирит, сфалерит, галенит, второстепенные халькопирит, арсенопирит, тетраэдрит, бурнонит и пирротин; жильные минералы представлены кварцем, сидеритом, кальцитом и анкеритом. Характерны ритмичные прослойки, местами распространена осадочная сульфидная брекчия. Выделены два подтипа: слабометаморфизованный (озерный тип) и сильно метаморфизованный (холоднинский тип). Метаморфизм привел к перекристаллизации и частичному перераспределению минералов, изменению гранулометрического состава и структуры, но существенно не повлиял на масштаб оруденения. Среда рудообразования состояла либо из континентальных окраинных рифтогенных, либо внутри островодужных бассейнов. Интерпретируется, что глубинные разломы образовали каналы основного магматизма и гидротермальных систем. Базальные депрессии являются контролем отложений и также привели к захоронению отложений. Примерами этого типа месторождений являются Холоднинское (рис. 26) и Озерное 2, Россия, и Сяоксилин, провинция Хэйлуцзян, Китай.

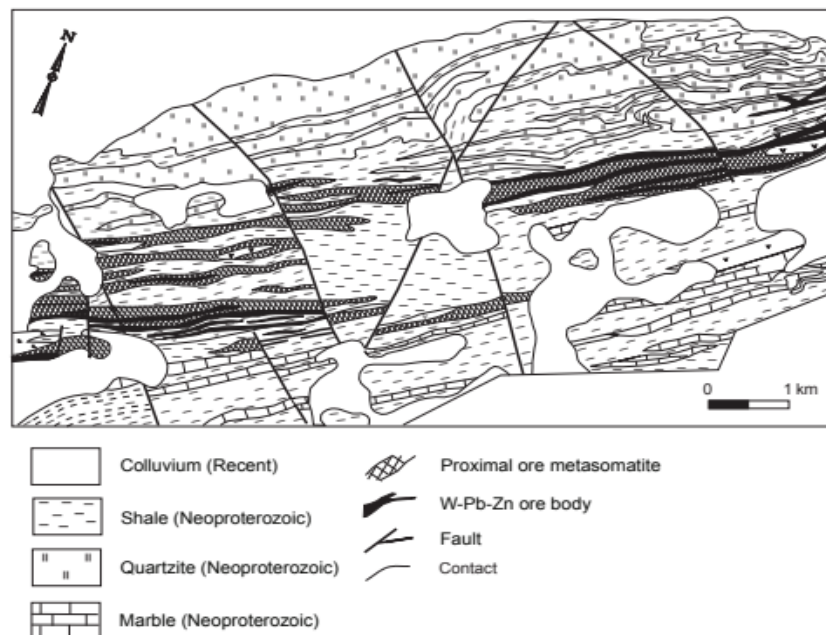


Рис. 26. Геологическая схема неопротерозойского Холоднинского вулканогенно-гидротермально-осадочного колчеданного Pb-Zn( $\pm$ Cu), Забайкалье, Россия. Адаптировано из Дистанов и др. (1982).

### ***Вулканогенно-осадочные Fe*** (Eckstrand, 1984; Синяков, 1988)

Вулканогенно-осадочные месторождения Fe состоят из пластовых скоплений магнетита-гематита в вулканогенных и осадочных толщах. Отложения стратиформные, пласты железистых пород переслаиваются с вулканитами, граувакками и сланцами.



Рудные тела залегают как вблизи, так и далеко от экструзивных центров в подводных вулканических поясах, связанных с системами глубинных разломов и рифтовыми зонами. Вулканические породы в основном кремнистые с меньшим количеством основных пород, включая риолиты, кремнистые порфиры, трахириолиты, трахиандезиты и базальты, которые прослоены пирокластическими, осадочными и кремнистыми эксгалационными породами и метаморфическими аналогами. Рудные минералы: магнетит, гематит, сидерит, Mn-сидерит, пирит, пирротин; сопутствующими минералами являются кремний, кварц, Fe-силикаты, Fe-карбонаты, хлорит, амфибол, биотит, полевой шпат и халькопирит. Распределение минералов зависит от первичных осадочных фаций. Оксидные, силикатные, карбонатные и сульфидные фации обычно состоят из тонких чередующихся слоев или пластов кремнезема и богатых железом минералов с прослоями обломочных осадочных и вулканических пород. Выделены два подтипа: неметаморфизованный гематит-магнетит и метаморфизованный актинолит-магнетит. Метаморфически-минеральные комплексы отражают минералогию первичных осадочных фаций. Некоторые исследования Fe-скарновых месторождений в Алтае-Саянах, России и других местах предполагают метаморфическое происхождение из вулканогенно-осадочных месторождений Fe. Среда рудоформирования состояла из извержений кремнистых с меньшим количеством основных вулканических пород в морских бассейнах, контролируемых разломами, связанных с островными дугами, тыловыми дугами или рифтами. Примерами этого типа месторождений полезных ископаемых являются Белокитатское, Елогуйское, Гарское, Холзунское, Туруханское и Удоронговское, Россия.

#### ***Вулканогенно-осадочные Mn***

*(Ватанабе и др., 1970; Варенцов, Рахманов, 1978; Коски, 1986)*

Вулканогенно-осадочные Mn месторождения состоят из пластин и линз браунита, хаусманита, родохрозита и окисленного браунита с прослоями сланцев, кремней, яшмы, известняков, морских базальтовых потоков, основных туфов, спилита и кремнистых кератофилов. Основные вулканические вмещающие породы отличаются от обычных толеитовых базальтов относительно более высоким содержанием калия, натрия и титана. Руды обычно встречаются в толщах с обильным содержанием кремней в осадочных породах. В толщах с преобладанием вулканических пород руды могут содержать сложные окисленные железомарганцевые минералы. Вторичные оксиды Mn (тодорокит, псиломелан, аморфный MnO<sub>2</sub>) обычно встречаются на поверхности и вдоль трещин. Месторождения Японии в основном залегают в кремнях юрского аккреционно-клинового комплекса и не содержат вулканических пород. Они интерпретируются как вулканогенно-

осадочного происхождения. Среда рудообразования состоит из краевых бассейнов, связанных с островными дугами или молодых внутриплитных рифтовых бассейнов. Примерами этого типа месторождений являются Биджанское (Кабалинское), Мазульское и Усинское в России и Сайхангол в Монголии.

### 4.3 Месторождения, связанные с субаэральными экструзивными породами

#### 4.3.1 Месторождения, связанные с основными экструзивными породами и дайковыми комплексами

##### *Ag-Sb жилы*

(Борисенко и др., 1992)

Жильные месторождения Ag-Sb состоят из сидеритовых и кварц-сидеритовых жил и систем жил, содержащих Ag-сульфосоли, залегающих в толщах углеродистых обломочных черных сланцев, которые обычно контактно-метаморфизованы. Основными рудными минералами являются сульфосоли Sb-, Cu-, Pb- и Ag, в том числе тетраэдрит, фрейбергит, швацит, халькостибит, цинкениит, джемсонит, буланжерит, а также сульфосоли Bi, халькопирит, сурьма, арсенопирит, пирит. Основными минералами вмещающих пород являются сидерит, кварц, кальцит, анкерит, барит и флюорит. Возможно, произошли сопутствующие карбонатные и аргиллитовые изменения. Среда рудоформирования состояла из накопления черных сланцев в разломо-контролируемых задуговых бассейнов и в межплитных рифтовых зонах. Тип месторождения обычно ассоциируется с эпитермальным жильным оруденением. Примерами этого типа месторождений являются Кючюс, Россия и Асгат, Монголия (рис. 27).

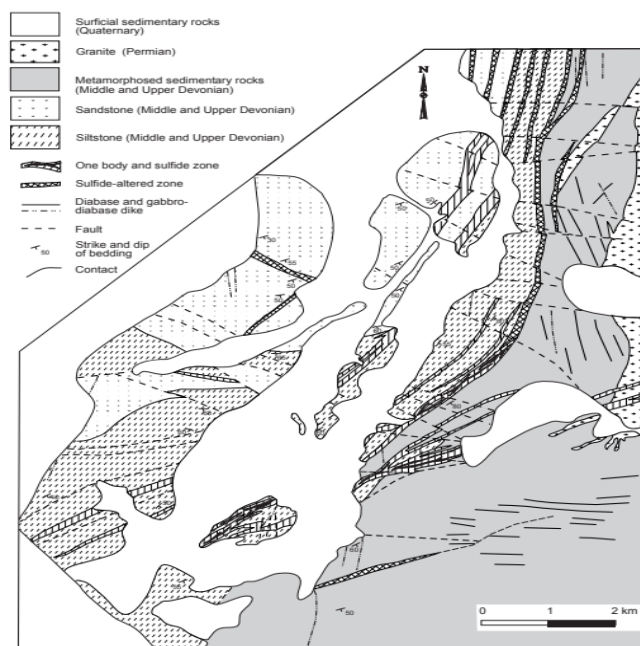


Рис. 27. Геологическая схема ранне- и среднеюрского жильного месторождения Асгат Ab-Sb, Монголия. Адаптировано из Борисенко и др. (1986).

***Базальтовая самородная медь (тип Верхнего озера)***

*(Ли, Ким, 1966; Экстранд, 1984; Кутырев, 1984; Кокс, 1986)*

Базальтовые месторождения самородной меди (тип Верхнего озера) состоят из пластовых вкрапленных минералов меди в базальтовой лаве, извергнутой в мелководные прибрежно-морские бассейны и, в меньшей степени, на субэральные океанические вулканические острова. Вулканические породы обычно переслаиваются с красными песчаниками, конгломератами и алевролитами. Базальт обычно калиевый или щелочной и может включать шошонит и трахибазальт. Основными минералами являются самородная медь, халькозин, борнит, халькопирит и самородное серебро как в матрице, так и в виде миндалин в пористых кровлях базальтовых потоков и в прожилках внутри базальтов. Минералы встречаются в виде вкраплений, прожилков, линз и неравномерных пятнистых скоплений. Вмещающие породы изменены в основном на эпидот, кальцит, хлорит и цеолит. Наиболее крупные рудные тела, как правило, конкордантные или пенеконкордантные и залегают вдоль конкретных типов пород, таких как миндалевидная брекчия кровли потока, пирокластический туф и брекчия, а также слоистые конгломераты, углеродистые песчаники и алевролиты. Более мелкие рудные тела встречаются в виде прожилков или неправильных прожилковых зон в трещинах и разломах, а также в разломных брекчиях. Условия рудоотложения состояли из континентальных, рифтогенных, базальтовых толщ континентальных окраин и островных дуг. Этот тип обычно ассоциируется с месторождениями меди в осадочных породах. Примерами являются - Арылахское, Россия, и Зуунтуруу-Гол, Монголия.

***Hg-Sb-W жилы и штокверки***

*(Щеглов, 1959; Боровков, Гайворонский, 1995)*

Hg-Sb-W жильные и штокверковые месторождения состоят из низкотемпературного гидротермального халцедоноподобного кварца, ферберит-шеелита, антимонита и киновари. Месторождения залегают в неопротерозойских и палеозойских метаморфических породах (сланцах и кварцитах) по крупным секущим разломам в сланцах. Месторождения залегают вдали от интрузивных тел и приурочены к глубинным разломам по окраинам позднемезозойских межгорных впадин или связаны с позднемеловым эксплозивным экстрезивным кремнистым вулканизмом. Руды: ферберит и местами антимонит, киноварь, шеелит, пирит, халькопирит, сфалерит, сидерит, флюорит, самородная сера, меньше пиролозит; жильные минералы представлены халцедоноподобным кварцем, тонкозернистым кварцем и гидрослюдой. Определены три подтипа: 1) ферберит, антимонит и киноварь; 2) шеелит; 3) антимонит и ферберит. Текстуры отложений брекчиевые, почковидные, коллоформные, полосчатые. Могут иметь

место незначительные гидрослюдистые изменения. Примерами этого типа месторождений являются Рюсёден и Яматосуигин, Япония.

### ***Гидротермальный исландский шпат***

*(Киевленко, 1974).*

Месторождения гидротермального исландского шпата выявлены в кристаллических массах в ловушках в подушечном базальте, миндалевидном базальте, туфогенных породах и субвулканических долеритах. Исландский шпат встречается в полостях, трещинах и трещинах в базальтах и долеритах, в трещинах туфов; сопутствующими минералами являются цеолит, анальцит, халцедон, хлорит, монтмориллонит и гидрослюда. Примерами этого типа месторождений являются Хрустальное и Скала Сулова, Россия.

### ***Ni-Co арсенидные жилы***

*(Крутов, 1978; Борисенко и др., 1984; Экстранд, 1984)*

Месторождения арсенидов Ni-Co состоят из карбонатных и кварц-карбонатно-хлоритовых жил, содержащих арсениды Ni-Co и сульфосоли Cu, Bi и Ag. Другое название - пятиметаллическая (Ag-Co-Ni-Bi-U) арсенидная рудная ассоциация. Месторождения залегают вдоль крутопадающих жил и систем жил в глубинных разломах и сопряженных разломах в ассоциации с дайками базальтов и щелочных базальтов. Вмещающие породы представлены в основном алевролитами, сланцами, основными и кислыми вулканическими породами, контактовыми метаморфическими породами и относительно более старыми основными и ультраосновными породами. Руды представляют собой Ni-Co-Cu-Ag-Bi арсениды, сульфоарсениды и сульфосоли, включая скуттерудит, смальтит, хлоантит, сафлорит, раммельсбергит, никелин, герсдорфит, аргентит и самородное серебро; жильные минералы представлены доломитом, кальцитом, анкеритом, кварцем, баритом, флюоритом и хлоритом. Определены два подтипа: арсенид Ni-Co и сульфоарсенид-сульфосоль Cu-Co. Для первого подтипа характерны коллоформные и инкрустированные структуры, а для второго — вкрапленные и полосчато-вкрапленные структуры. Во вмещающих породах встречаются небольшие зоны тальково-карбонатно-хлоритовых и кварц-карбонатно-гидрослюдистых метасоматических изменений. Среда рудоотложения состояла из гидротермальных флюидов, поднимающихся по глубинным разломам во внутриплитных областях, подвергающихся тектонической и магматической реактивации. Примерами этого типа месторождений являются Хову-Аксинское, Россия, и Тухт, Монголия.

***Кремнекисло-карбонатная (листвинитовая) Hg***

*(Кузнецов, 1974; Оболенский, 1985; Рытуба, 1986)*

Силикатно-карбонатные (листвинитовые) ртутные месторождения состоят из киновари и сопутствующих минералов вдоль контактов серпентинита, алевролитов, граувакков и известняков, встречающихся в основных зонах надвигов. Полезные ископаемые представлены в основном киноварью, антимонитом, пиритом, реальгаром, аурипигментом, арсенопиритом и некоторыми минералами Ni и Co; жильные минералы в основном представлены доломитом, брейнеритом и анкеритом в ассоциации с кварцем, кальцитом, дикитом, фукитом и тальком. Рудные тела представлены жилами и вкраплениями в неправильных линзах, в зонах раздробленной брекчии и милонитов, а также в прилегающих осадочных породах. Киноварь тесно связана с карбонатно-кремнеземными (листвинитовыми) и аргиллитовыми изменениями. Условия рудонакопления состояли из наличия зон надвигов, содержащих линзы серпентинитов, ультраосновных пород и граувакков. Оруденение обычно встречается в террейнах зоны субдукции и обычно реактивируются более молодыми межплитными движениями. Примерами этого типа месторождений полезных ископаемых являются Чаган-Узунское и Красногорское 1, Россия.

***Fe-скарн траппового происхождения (ангаро-илимский тип)***

*(Мазуров, Бондаренко, 1997)*

Трапповые Fe-скарновые (Ангаро-Илимский тип) месторождения состоят из магнезиально-магнетитовых скарнов, образовавшихся в ходе основного траппового магматизма. Месторождения формируются в связи с позднепалеозойской и раннемезозойской тектоно-магматической активизацией. Пространственное размещение оруденения контролируется глубинными разломами фундамента, трапповыми магматическими центрами и залеганием доломитовых и эвапорных толщ. Наличие эвапорита и рассолов Ca-Na имеет важное значение. Определены четыре подтипа: 1) крутопадающие рудные столбы, содержащие брекчированный скарн в диатреме, 2) пологопадающие пластообразные тела, залегающие под силлами долерита и прослоями силлов в известняковых породах, 3) крутопадающие жилы и 4) слоистые тела в кальдерах. Основные руды залегают в трубках взрыва, простирающихся на глубину от 1000 до 1200 м. Широко распространены известково-силикатные и магнезиально-силикатные скарны наряду с эпидотом, хлорит-амфиболом, серпентин-хлоритом и кальцитовым метасоматитом. Основная часть руд магнезиального магнетита связана с гидротермальными изменениями. Они содержат галит, ангидрит, оолитовый гематит и магнетит, залегающие линзами в массивных и полосчатых рудах. Условия

рудонакопления состояли в наличии траппов и эвапоритовых рассолов. Примерами месторождений этого типа являются Капаевское, Коршуновское, Нерюндинское и Рудногорское, Россия.

#### **4.3.2 Месторождения, связанные с кислыми экструзивными породами и дайковыми комплексами.**

##### ***Au-Ag эпитеpмальные жилы***

*(Berger, 1986; Mosier и др., 1986; Park и др., 1988; Sillitoe, 1993; Юргенсон, Грабеклис, 1995; Hedenquist и др., 1996; Nokleberg и др., 1997; Родионов, Ханчук, 1997; Ян др., 2000)*

Au-Ag эпитеpмальные жильные месторождения состоят из пологих до крутопадающих кварцевых жил, штокверков, залегающих в основном в вулканических породах. Рудовмещающими являются вулканические породы (обычно субаpральные, известково-щелочные андезиты, дациты и риолиты, а также порфиpовые шошонитовые дайки и щелочные магматические комплексы) континентально-коровых толщ (мощность > 20 км). Два подтипа: первый - эпитеpмальные Au-Ag жилы лоу-сульфидейшн и эпитеpмальные Au-жилы хай-сульфидейшн. Подтипы включают месторождения Comstock Au, Creede и Sado, которые содержат электрум, самородное золото, пирит, халькопирит, сфалерит, галенит, тетраэдрит, арсенопирит, теллуриды и пираргирит; жильные минералы представлены кварцем, адуляром, иллуитом, кальцитом и халцедоном. Мелкозернистый халцедоноподобный кварц, переходящий в халцедон, встречается в слоистых и тонкополосчатых коллоформных структурах. Гидротермальные изменения, прилегающие к жилам, состоят из иллита и смектита. Месторождения интерпретируются как образованные из гидротермальных растворов лоу сульфидейшн с нейтральным pH. Второй подтип содержит вкрапленное самородное золото, пирит и энаргит-лузонит, залегающие в окремненных (кавернозных) кварцевых телах и в зонах кварц-алунитовых (развитых аргиллитовых) изменений. Руды содержат теллуриды драгоценных металлов, ковеллит, теннантит, тетраэдрит, халькопирит, сфалерит и галенит. Этот подтип характеризуется наличием сульфосолей хай-сульфидейшн, таких как энаргит и лузонит, и относительно теннантита хай-сульфидейшн. Сопутствующие минералы представлены в основном кварцем, алунитом, каолинитом, пирофиллитом, диаспором, иллитом и баритом, которые также встречаются в периферийных зонах гидротермальных изменений. Месторождения интерпретируются как образовавшиеся из кислых и окисленных гидротермальных флюидов. Близкими типами месторождений полезных ископаемых являются эпитеpмальные кварц-алунитовые Au, кисло-сульфатные Au и энаргитовые Au.

Au-Ag эпитеpмальные жильные месторождения могут встречаться в вулканогенно-тектонических грабенах, связанных со сдвиговыми разломами. Могут встречаться

сопутствующие месторождения порфира. Руды могут перекрываться зонами кислотного выщелачивания, либо окремненными горизонтами. Месторождения связаны с кислыми вулканическими центрами или с более древними вулканическими и плутоническими породами. Среда рудоформирования состояла из континентальной окраины или островной дуги, связанной с субдукцией, обычно в пределах 100 км от активных вулканических фронтов. Связанный с субдукцией магматизм и связанная с ним гидротермальная активность имели тенденцию смещаться со временем в сторону желоба. Примерами этого типа месторождений являются Чаганбулаген и Эрентаолегаи, Внутренняя Монголия, Китай; и Хисикари (рис. 28), Кономай, Кушикино и Садо, Япония.

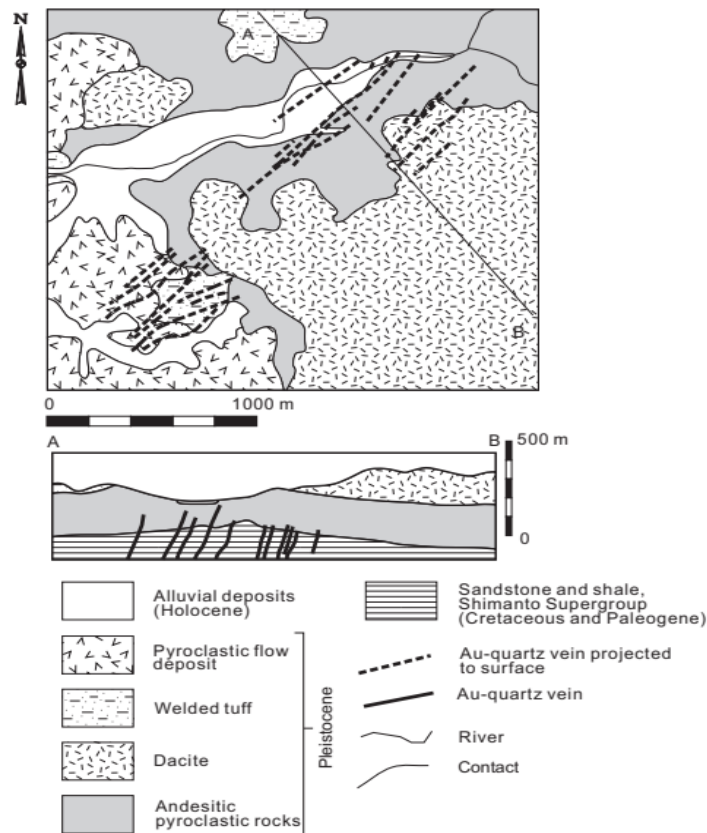


Рис. 28. Геологическая схема плиоценового четвертичного золото-серебряного эпитеpмального жильного месторождения Хишикари, Япония. Адаптировано из Ибараки и Судзуки (1993).

### **Эпитеpмальные жилы Ag-Pb**

(Батжаргал и др., 1997; Доржготов и др., 1997)

Ag-Pb месторождения состоят из кварц-сульфидных жил и минерализованных зон в различных типах пород, прорванных основными дайками. Рудные тела протягиваются по простиранию на несколько сотен метров, по падению - до 300 м и имеют мощность до нескольких десятков метров. Выделены два подтипа: кварц-карбонатно-сульфидный и карбонатно-сульфидный. Основными минералами являются галенит, арсенопирит, антимонит и минералы серебра с подчиненными халькопиритом, сфалеритом, киноварью и пиритом. Сопутствующие минералы представлены кварцем, сидеритом, халцедоном,

каолином, кальцитом, баритом и флюоритом. Выделяются три основные стадии: кварц-галенитовая, кварц-флюоритовая и кварц-карбонатная. Условия рудоотложения состояли из внедрения основных даек вдоль активных глубинных разломов в областях рифтогенеза дуг континентальной окраины. Примерами этого типа месторождений являются Бурч и Дулаан хар Уул, Монголия.

***Аи К-метасоматиты (куранахский тип)***

*(Казаринов, 1967; Борадоевская М.Б., Рожков И.С. в Смирнове, 1974; Фредериксен, 1998; Фредериксен и др., 1999)*

Месторождения золото-калиевого метасоматита залегают вдоль контактов лампрофировых даек, контролируемых разломами в пределах метаморфических известковистых пород и песчаников докембрийского возраста. Золото пространственно связано с дайками и может встречаться как на ранней, так и на поздней стадии. Руды состоят из нескольких субгоризонтальных покровно- или лентовидных тел мощностью до нескольких десятков метров, залегающих преимущественно вдоль и (или) местами выше или ниже контактов между известковистыми и обломочными породами вдоль протяженных зон разломов. Определены два подтипа: кварц-адуляр и кварц-адуляр-замещающий. Сопутствующими и рудными минералами являются кварц, пирит, марказит, самородное золото, серебро, висмут, пирротин, халькопирит, арсенопирит, галенит, сфалерит, карбонат и барит. Золото встречается с пиритом, арсенопиритом, сфалеритом и галенитом. Месторождения сильно окислены, встречаются только следы арсенопирита и пирита. Золото встречается в основном в виде зерен размером менее 5 микрон, обычно в рыхлых зернах пористого гетита. Исследования флюидных включений показывают температуры гомогенизации от 80° до 220°С, в среднем от 110° до 160°С. Оруденение контролировалось интерполяционно-рифтогенными структурами. Во многих местах месторождения осложнены карстообразованием, в результате которого образовались вторичные щебнистые руды. Среда рудообразования связана с внедрением лампрофиров в пассивные континентальные окраины во время рифтогенеза. Примерами этого типа месторождений являются Куранах, Россия, Хадаменгоу, Внутренняя Монголия и Улашань, Внутренняя Монголия, Китай.

***Баритовые жилы***

*(Маринов, Хасин, Хури, 1977 г.)*

Месторождения состоят из кварц-баритовых и баритовых жил и прожилков в штокверках в кварцевых порфирах, диабазах, туфах и биотитовых гранитах. Рудные тела залегают вдоль контактов вулканических и осадочных пород, обычно в ассоциации с



флюоритом. Примерами этого типа месторождений являются Чапсордаг и Таптан-Туразы, Россия и Баян Хошуу, Монголия.

***Be туфы***

*(Коваленко и Коваль, 1984)*

Беретиновые месторождения состоят из слоистых и ступенчато-слоистых туфов, содержащих обломки онгориолита, риолита, кварца, полевых шпатов, флюорита и бертрандита. Обстановка рудоформирования состояла из экструзивных центров с риолитом и онгориолитом. Примерами этого типа месторождений являются Дорвон Дерт и Тегуул, Монголия.

***As-Au Метасоматиты в карбонатах***

*(Смирнов, 1961, Заворотных, Титов, 1963)*

Месторождения As-Au метасоматитов в карбонатах, состоят из кварцевых жил, зон и линз, гнезд метасоматитовых тел в известняках, прорванных дайками гранит-порфиров, гранодиорит-порфиров, диорит-порфиров или лампрофиров. Рудные минералы: арсенопирит, пирит, второстепенные галенит, сфалерит, марказит, халькопирит. Золото в ассоциации с основными жильными минералами - кварц, кальцит и доломит. Сопровождающие изменения состоят из кварца, доломита, анкерита, серпентина, хлорита, серицита, талька и каолинита. Условия рудообразования представляли собой внедрение гранит-порфиров или лампрофиров в миогеоклинальные толщи во время континентальных коллизий. Примерами этого типа месторождений являются Гурулевское и Октябрьское, Россия.

***Карбонатный плавиковый шпат***

*(Иванова, 1974; Булнаев, 1995)*

Залежи плавикового шпата в карбонатах состоят из сокристаллизованного кварца и флюоритового метасоматита, который встречается в пластах, минерализованных зонах разломов или жилах в толщах сланцев, известняков и доломитов, образующих небольшие ксенолиты в гранитоидных плутонах. Рудные тела тяготеют к контактам с вмещающими породами и состоят из тонкозернистых полос, пятен и масс флюорита, кварца и кальцита с реликтовыми доломитами, известняками и углеродистыми породами. Слоистость месторождений согласуется со слоистостью вмещающих пород. Краевые части месторождений обычно содержит кварц, флюорит и друзы кальцита. Зоны брекчий располагаются вдоль контактов пород контрастного литологического состава. Месторождения связаны с гидротермальными жилами, прорывающими различные

алюмосиликатные породы. Среда рудообразования состояла из внедрения гранита в сланцы, известняки и доломиты в дугах континентальной окраины. Примерами этого типа месторождений Эгитинское (рис. 29) и Ургень 2, Россия.

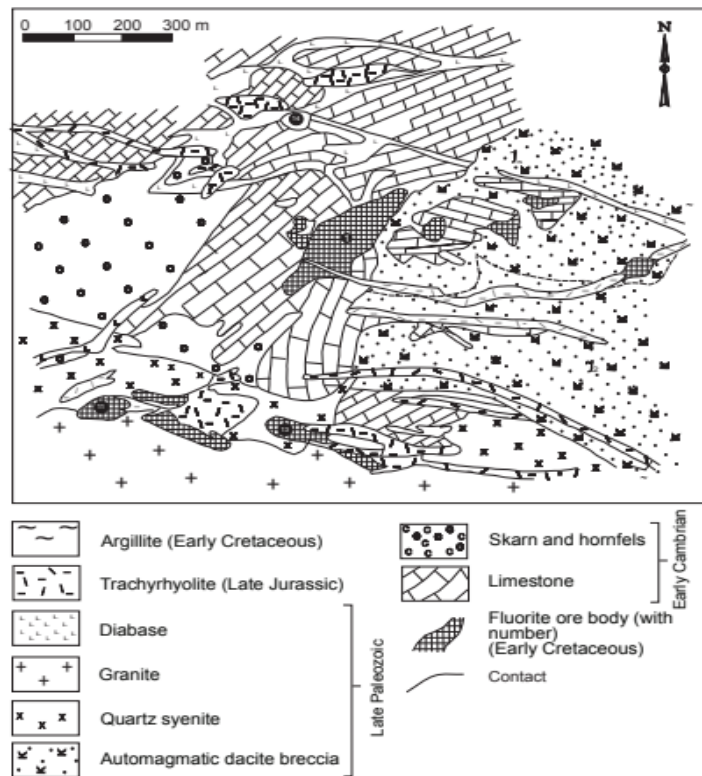


Рис. 29. Геологическая схема среднеюрского-раннемелового Эгитинского карбонатно-плавикового месторождения, Забайкалье, Россия. По материалам Булнаева (1995).

### **Карбонатные Hg-Sb**

(Смирнов и др., 1976; Оболенский, 1985)

Карбонатсодержащие Hg-Sb месторождения состоят из пластовых линз и гнезд в доломит-известняковых брекчиях и прослоях в кремнистых карбонатах, яшмовидных брекчиях прослоях глины и углеглинистых сланцев. Осадочные породы прорваны дайками кварцевых порфиров, диабазов и лампрофиров. Известковые вмещающие породы впоследствии превратились в доломиты и подверглись брекчированию во время диагенеза и карстообразования. Другие вмещающие породы состоят из джаспероидов с прожилками кварца и кальцита. Оруденение обычно приурочено к зонам надвигов и локализовано под непроницаемыми слоями глин. Рудные минералы: киноварь и антимонит, в меньшей степени пирит, марказит, сфалерит, антимонит, реальгар, аурипигмент, реже халькопирит, касситерит, арсенопирит, халькостибит, кермезит, сервенит, золото, швацит, актасцит, галхаит, флюорит. Условия рудообразования состояли из эпитермальной системы в зонах глубинных разломов на окраинах пассивного континентального шельфа и межплитных рифтах. Примерами этого типа месторождений являются Акташское и Келянское, Россия.

### ***Hg±Sb в обломочных породах***

*(Кузнецов, 1974; Смирнов, Кузнецов, Федорчук, 1976; Хасин, Супрунов, 1977)*

Месторождения Hg-Sb в терригенных отложениях состоят из простых и сложных лестничных и конкордантных карбонатно-кварцевых и кварцевых жил и прожилков, минерализованной брекчии. Вмещающие породы представлены терригенными и вулканогенно-терригенными породами аккреционно-клиновых террейнов, в том числе флишем, сложенным алевролитами, сланцами, песчаниками и конгломератами. Вмещающие породы изменены с образованием кварца, карбонатов, пирита, редко аргиллита и серицита. Рудные минералы представлены киноварью, пиритом, антимонитом, арсенопиритом, халькопиритом и редко встречающимися во вкраплениях, гнездах и прожилках золотом, галенитом, сфалеритом, тетраэдритом, реальгаром, аурипигментом, самородным мышьяком, самородной ртутью и оксидами сурьмы. Сопутствующие минералы в основном представлены кварцем, карбонатами и дикитом. Оруденение локализуется в штокверках, линзах, пластах, телах неправильной формы, брекчиях, простых и (или) сложных жилах в зонах разломов, связанных с региональными сдвигами и надвигами. В зонах надвигов развиты обширные изменения с образованием кварц-карбонатных жил с высоким содержанием Sb и средним содержанием золота. Месторождения структурно контролируются зонами трещин, оперяющих крупные разломы и обычно содержат несколько рудных горизонтов, залегающих в седловидных жилах и телах. Сопутствующие магматические породы представлены в основном редкими дайками щелочных базальтов. Среда рудообразования состояла из низкотемпературных гидротермальных флюидов, зародившихся в глубинных магматических очагах. Примерами этого типа месторождений полезных ископаемых являются Загадка и Звездочка, Россия.

### ***Эпитермальный кварц-алунит***

Эпитермальные кварц-алунитовые месторождения залегают в вулканических конусах, кольцевых разломах, кальдерах областей тектоно-магматической активности. Ассоциированные породы представляют собой кислые гипабиссальные интрузии и вулканические породы, включая дациты, кварцевые латиты, риодациты и риолиты. Крупные месторождения залегают в зонах интенсивно измененных вмещающих пород. Ранняя высокотемпературная минеральная ассоциация представлена кварц-алунит-пирофиллитом с корундом, диаспором, андалузитом и зуньитом. Тип месторождения тесно связан с эпитермальным золотом, медно-порфировым и полиметаллическим

вулканогенно-метасоматитовым оруденением. Примером этого типа месторождений является Искинское (Аскум), Россия.

***Плавикошпатовые жилы***

*(Иванова, 1974; Булнаев, 1976)*

Месторождения состоят из плавикового шпата в крутопадающих жилах и зонах брекчирования, реже из метасоматитов в карбонатах, гранитах, вулканогенных и вулканогенно-осадочных толщах. Основные минеральные ассоциации: кварц-флюоритовая, кварц-кальцит-флюоритовая, барит-кварц-кальцит-флюоритовая, пирит-марказит-флюоритовая. Аргиллитовые гидротермальные изменения распространены в алюмосиликатных вмещающих породах, а окварцевание распространено в известняках. Отложения структурно контролируются трещинами и брекчиями и образуют линейные пояса, связанные с внутриплитным рифтогенезом. Месторождения локализируются в вулканических поясах континентально-окраинных дуг, главным образом в трахириолитах и трахибазальтах субэразальных вулcano-плутонических поясов. Обстановка рудоотложения связана либо с бортами, либо с внутренними частями вулканических рифтовых впадин. Примерами этого типа месторождений являются Наранское, Россия и Анас, Берх 1, Бужгар, Билх-Уул и Чулуут цагаан дел, Монголия.

***Гидротермально-осадочный флюорит***

*(Ченг и др., 1994 г.)*

Гидротермально-осадочные месторождения флюорита состоят из многослойного флюорита и сопутствующих минералов, залегающих согласно в слоистых вулканических и осадочных породах, включая известняки, сланцы, риолиты и дациты. Минералы встречаются пластами, полосами и брекчиями. Основным минералом месторождения является флюорит с небольшим содержанием глины и карбонатов. Температура гомогенизации флюидных включений во флюорите составляет от 85 до 270°C. Зерна кварца имеют как угловатую, так и округлую форму, что позволяет предположить связь образования флюорита с вулканизмом. Условия осадконакопления состояли из позднепалеозойских вулканических островных дуг. Примерами этого типа месторождений полезных ископаемых являются Аобаоту и Сумочаганобао, Внутренняя Монголия, Китай.

***Гидрогенный лимонит***

*(Сискава, 1970)*

Месторождения состоят из пластового лимонита, образовавшегося на горных склонах и в долинах в районах вулканической активности, с осадждением железа из кислых

железистых вод, связанных с вулканической деятельностью. Месторождения сложены в основном агрегатами аморфного и (или) кристаллического гидратированного  $Fe_2O_3$ . Основной минерал — гетит с меньшим количеством гидрогематита, акаганеита, лепидокрокита, ксантосидерита; также могут встречаться ярозит, скородит и сидерит, а также глины, включая каолинит и гидратированный галлуазит. Руды имеют мегаскопические и микроскопические текстуры и структуры, являющиеся псевдоморфозами различных растений, что указывает на биохимический процесс, вызвавший осаждение  $Fe_2O_3$  из воды. Осадок образуется путем химического осаждения при нейтрализации кислой воды, содержащей сульфат железа. Примерами этого типа месторождений являются Гумма и Токушунбецу, Япония.

***Mn жилы***  
(Mosier, 1986a)

Месторождения марганца залегают в эпитермальных жилах, вдоль разломов и трещин в субаэральных вулканических породах. Вмещающими породами являются риолитовые, дацитовые, андезитовые и базальтовые потоки, туфы, брекчии и агломераты. Минералы представлены родохрозитом, манганокальцитом, кальцитом, кварцем, халцедоном, баритом и цеолитом, встречающимися в жилах, толщах, прожилках и вкраплениях. Наиболее распространены каолинитовые изменения. Среда рудоотложения состояла из систем проникающих трещин в вулканических центрах дуг континентальной окраины. Примерами этого типа месторождений являются Инакураиси, Джококу и Якумо, Япония.

***Полиметаллические (Pb, Zn ± Cu, Ba, Ag, Au) вулканогенные метасоматиты***  
(Дистанов, 1977)

Полиметаллические (Pb, Zn ± Cu, Ba, Ag, Au) вулканогенные метасоматитовые месторождения залегают в вулканических и осадочных породах. Месторождения состоят из сложных линз и штокверков, содержащих массивные, жильные и вкрапленные минералы. Вмещающие породы обычно представлены кислыми или основными экстрезивными породами, туфами и вулканитами, чаще всего гипабиссальными кварцевыми риолитовыми и дацит-порфиоровыми интрузиями и роями даек диабазовых порфиритов. Метасоматические изменения интенсивны и состоят из кварц-серицитовых, кварц-серицит-хлоритовых, кремнистых и баритовых ассоциаций. Выделены три подтипа: 1) барит-полиметаллический, 2) пирит-полиметаллический и 3) медно-сульфидный эпигенетический. Типичны раннестадийные пиритовые и барит-сульфидно-полиметаллические минералы, позднестадийные - кварц-карбонатные сульфиды. Руды содержат в основном пирит, сфалерит, галенит, теннантит, тетраэдрит, халькопирит и в

меньшей степени арсенопирит, борнит, электрум, аргентит, магнетит, гематит и самородное золото; жильные минералы представлены баритом, кварцем, карбонатом, альбитом, серицитом, хлоритом и редко флюоритом. Основными рудоконтролирующими структурами являются сдвиги в зонах глубинных разломов в фундаменте. Месторождения приурочены к небольшим порфировым интрузиям и дайкам основных пород. Среда рудоотложения состояла из активных дуг континентальной окраины, построенных на зонах сросшихся террейнов. Примерами этого типа месторождений являются Красногорское 2 (рис. 30), Салаирское и Урский р-н, Россия, и Джиавула, Внутренняя Монголия, Китай; и Саньмэнь, провинция Цзилинь, Китай.

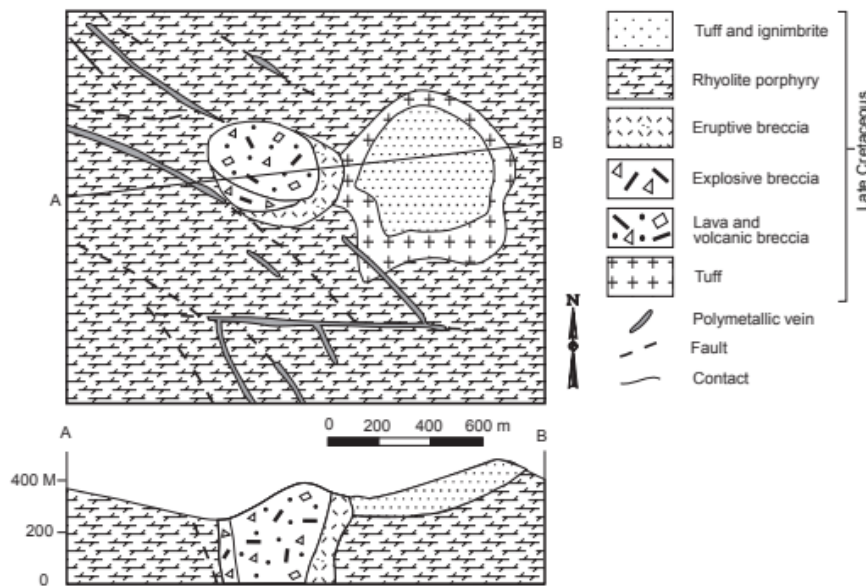


Рис. 30. Геологическая схема позднемелового-раннетретичного Красногорского 2 полиметаллического (Pb, Zn-Cu, Ba, Ag, Au) вулканогенного метасоматитового месторождения, Юго-Восток России. Адаптировано из Раткина и других (1990).

**Полиметаллические (Pb, Zn, Ag) карбонатные метасоматиты**  
(Горжевский и др., 1970; Моррис, 1986; Синяков, 1994)

Карбонатные месторождения состоят из гидротермально-метасоматических полиметаллических Pb-Zn минералов, содержащихся в основном в известняках и доломитах. Оруденение контролируется складками и трещинами, с крупными разломами, сопутствующими трещинами и зонами рассланцевания. Руды имеют сложное строение, включающее слоистые, линзовидные, жильные, штоковые или трубчатые тела. Основные минеральные ассоциации: галенит-сфалерит; буланжерит-галенит-арсенопирит; и сфалерит-пирит. Типичны обильные пирит и сульфиды Pb-Sb. Ассоциирующие магматические породы представлены небольшими интрузиями и дайками кварцевых порфиров, гранит-порфиров и лампрофиров. Среда рудоформирования состояла из активных дуг континентальной окраины, построенных на карбонатных толщах

континентальной коры. Примерами этого типа месторождений являются Лейба, Луговое и Воздвиженское, Россия.

***Sn в риолите***  
(Рид и др., 1986)

Месторождения олова в риолитах состоят из касситерита в прерывистых прожилках и штокверках, а также вкраплений. Сопутствующие минералы: гематит, кристобалит, флюорит, тридимит, опал, халцедон, адуляр, цеолит; аксессуарные минералы — топаз, флюорит, биксбиит, псевдобрукит, берилл. Сопутствующие изменения вмещающих пород в основном представлены кристобалитом, флюоритом, смектитом, каолинитом и алунитом. Рудовмещающий риолит обычно содержит более 75 процентов  $\text{SiO}_2$  и богат калием. Рудоконтролирующие трещины и зоны брекчий встречаются в наиболее проницаемых верхних частях купольных комплексов. Среда рудоотложения состояла из кислых вулканических пород в пределах континентальной коры. Пример этого типа месторождений - Джалинда, Россия.

***Серо-сульфидные (S,  $\text{FeS}_2$ )***  
(Власов, 1976; Мукаяма, 1970; М. Огасавара)

Серосульфидные месторождения состоят из трех подтипов: 1) сублимационные, состоящие из поверхностной серы; 2) осадочные, состоящие из озерных отложений, образовавшихся в кратерах вулканов; 3) наиболее ценный подтип, состоящий из замещающих метасоматических пластин и тел неправильной формы в пористых и трещиноватых породах. Все три подтипа генетически и пространственно связаны с андезитом. Рудные минералы, как правило, разнообразны и состоят в основном из серы и пирита, с меньшей изменчивостью реальгара, аурипигмента, метациннабара, антимонита, сфалерита и молибденита. Содержание массивных сульфидов увеличивается с глубиной. Вмещающие породы обычно гидротермально изменены до опала, пирита, алунита и каолинита. Примерами этого типа месторождений являются Кусацу-Сиране, Мацуо и Шодзингава, Япония.

***Золото-полиметаллический метасоматит в вулканах***  
(Кормилицын, Иванова, 1968; Санин, Зорина, 1980; Таусон, Гундобин, Зорина, 1987)

Месторождения Au-полиметаллических метасоматитов в вулканах, состоят из листовинит-березитовых зон, содержащих сульфиды. Зоны, залегают в пропицитизированных трахиандезитах и латитах, прорваны штокверками и дайками диорит-порфиров, гранодиорит-порфиров и гранит-порфиров. Имеют несколько

километров по простиранию, мощность до нескольких сотен метров. Руды встречаются в трубках, гнездах, линзах, жилах, кулисовидных трещинах; как в виде непрерывных жилок, так и вкраплений. Массивные месторождения содержат от 60 до 80% пирита, галенита и сфалерита, а также сульфосолей, кварца и доломита. Текстура руд варьируется от массивной до слоистой, густо вкрапленной и пятнистой до коллоформной. Прожилки и вкрапленности образуют ореолы вокруг массивных рудных тел. Выделяются следующие минеральные ассоциации: 1) турмалин и пирит, местами арсенопирит, халькопирит, золото; 2) пирит, галенит, сфалерит с золотом, кварцем и карбонатами; 3) сульфосоли (блеклая руда, тетраэдрит, швацит, теннантит, клейофан), золото, доломит; 4) реальгар-стибнит с золотом, Hg-баритом и антимонитом. Золото тонкодисперсно и встречается в сульфидах. Обстановка рудообразования состояла из внедрения кремнистых гранитоидов среднего состава в гипабиссальные части коллизионных зон и выдавливания сопутствующих андезитов и латитов. Примерами этого типа месторождений являются Широкинское (рис. 31), Россия; Бупён, Южная Корея; и Исинцзай, Фаньши, провинция Шаньси, Китай.

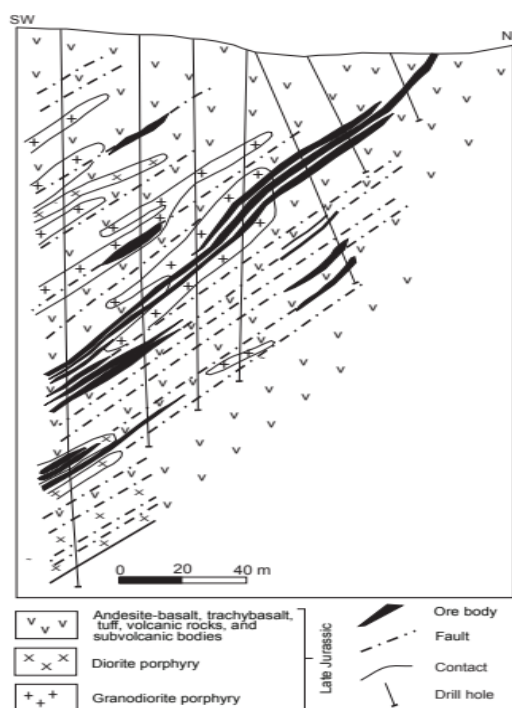


Рис. 31. Геологическая схема средней юры–раннемелового периода Широкинского золото-полиметаллического месторождения метасоматитов вулканического происхождения, Забайкалье, Россия. Адаптировано из Зорина (1980).

### **Вулканическая Hg**

(Кузнецов, 1974; Бабкин, 1975; Смирнов, Кузнецов, Федорчук, 1976)

Вулканические залежи ртути состоят из вкрапленных масс киновари в прожилках, брекчиях, линзах и телах неправильной формы. Месторождения приурочены к кислым,



реже среднего и основного состава вулканитам вдоль контактов между субвулканическими, интрузивными и вулканическими породами. Распространенные минералы: антимонит, пирит, марказит, в подчиненном количестве арсенопирит, гематит, свинец, сульфиды цинка и меди, тетраэдрит, швацит, сульфосоли серебра, золото, реальгар, самородная ртуть; жильные минералы в основном представлены кварцем, халцедоном, гидрослюдой, каолинитом, дикитом, алунитом, карбонатом, хлоритом и твердым битумом. Вмещающие породы могут быть изменены на пропилит и аргиллит с различными сочетаниями кварца, серицита, каолинита и эпидота. Ртуть отлагалась в основном при интенсивном метасоматическом замещении и в открытых трещинах и пустотах. Условия рудоотложения состояли из граничных разломов крупных вулканических впадин и кальдер, связанных с активными континентальными окраинными дугами и межплитными рифтами. Этот тип схож с Hg-модель Ryuba (1986) в горячих источниках. Примерами являются Догдо и Терлигхайское, Россия, и Итомука, Япония.

***Вулканический U***  
(Бэгби, 1986)

Месторождения в вулканических породах, состоят из минералов урана в разломах и брекчиях по периферии гипабиссальных интрузий. Распространенными минералами являются коффинит, уранинит и браннерит; другие минералы — пирит, реальгар-аурипигмент, лейкоксен, молибденит, флюорит, кварц, адуляр, барит. Уранинит обычно заключен в кремнезем. Обычными вмещающими породами являются щелочные риолиты с высоким содержанием кремния, калиевые трахиты, суперщелочные и суперглиноземистые риолиты, измененные до каолинитов, монтмориллонитов и алунитов. Вмещающие породы изменены на кремнезем и адуляр. Руды встречаются в субаэральных и субаквальных приповерхностных вулканических комплексах, связанных с неглубокими интрузивными породами. Среда рудоотложения состояла из континентальных рифтов и связанных с ними кальдер. Примерами этого типа месторождений являются Дорнод и Гурванбулаг, Монголия.

***Вулканический цеолит***  
(Готтарди и Галли, 1985; Жамойцина и др., 1992)

Месторождения в вулканах, состоят из пластов и линз цеолитовых туфов в эпиконтинентальных бассейнах и озерных толщах среди вулканических и осадочных пород. Рудные минералы представлены клиноптилолитом, морденитом и малым гейландитом, анальцитом, монтмориллонитом, кварцем, кальцитом, адуляром, гидрослюдой. Клиноптилолит и морденит встречаются в кремнистых туфах, а филлипсит

и анальцим - в основных туфах. Широко распространены диагенетические и осадочные цеолиты. Цеолиты образовались при изохимическом изменении пористых туфов, пропитанных низкотемпературными водами нормальной солености и щелочности. Слои цеолитов однородны и зональны в зависимости от температурного градиента. Среда рудоотложения состояла из вулканических депрессий в эпиконтинентальных вулканических поясах или дугах континентальной окраины. Примерами этого типа месторождений являются Пезасское, Россия, и Цагаанцав, Монголия.

## 5. МЕСТОРОЖДЕНИЯ, СВЯЗАННЫЕ С ГИДРОТЕРМАЛЬНО-ОСАДОЧНЫМИ ПРОЦЕССАМИ

### 5.1. Стратиформные и пластовые месторождения.

#### ***Слоистый барит*** (Orris, 1986)

Залежи барита состоят из слоистых, массивных и желваковых баритов с прослоями кремней и известковистых осадочных пород, в основном сланцев, аргиллитов и доломитов. Месторождения обычно связаны с Zn-Pb осадочными эксгальционными (SEDEX) массивными сульфидными месторождениями. Изменения состоят из вторичных прожилков барита и локального замещения серицитом. Сопутствующие минералы представлены витеритом, пиритом, галенитом, сфалеритом, кварцем и карбонатом. Среда рудоотложения состояла из эпикратонных морских бассейнов или заливов. Примерами этого типа месторождений являются Мартюхинское, Сорминское и Толчеинское, Россия.

#### ***Карбонатные Pb-Zn (тип долины Миссисипи)*** (Экстранд, 1984; Бриски, 1986б; Пономарев, Забиров, 1988)

Свинцово-цинковые месторождения в карбонатах, состоят из пластовых сульфидов свинца и цинка, заключенных в карбонатах как с первичной, так и со вторичной пористостью, которые обычно образуются на рифах на палеотопографических поднятиях. Месторождения приурочены в основном к доломитам и известнякам, но местами встречаются в песчаниках, конгломератах и известняковых сланцах. Рудные минералы в основном представлены галенитом, сфалеритом, пиритом, марказитом, доломитом, кальцитом и баритом, с небольшим количеством халькопиритов, зигенитов, борнитов, теннантитов, bravoитов, дигенитов, ковеллитов и арсенопиритов. Изменения заключаются в региональной доломитизации. Руды встречаются в основном в сильно брекчированных доломитах. Сфалерит обычно имеет коллоформную текстуру. Месторождения обычно формируются на окраинах обломочных бассейнов, как правило, на орогенных

карбонатных платформах форланда. Некоторые месторождения залегают в карбонатных толщах форландовых надвиговых поясов, окаймляющих краевые прогибы платформ. Некоторые связаны с рифтовыми зонами. Среда рудоформирования состояла из участков мелководных морских карбонатов с выраженными фациями, контролируемые рифами, растущими на склонах палеотопографических выступов фундамента. Месторождения также могут быть связаны с осадочно-эксталяционным Pb-Zn (SEDEX) типом. Примерами являются Майское 1 и Сардана, Россия, и Чайхэ, провинция Ляонин, Китай.

### ***Медь в осадках***

*(Наркелун и др., 1977; Яковлев, 1977; Экстранд, 1984; Сотников и др., 1985; Кокс, Д.П., 1986i; Лурье, 1988)*

Месторождения состоят из слоистых вкрапленных сульфидов меди в восстановленных красноцветных толщах с зелеными или серыми сланцами, алевролитами и песчаниками, тонкослоистыми карбонатами, а также локальными русловыми конгломератами. Основными минералами являются халькоцит, борнит, халькопирит, пирит, галенит и сфалерит, а в меньшей степени - карроллит, копирит, бетехтинит, самородная медь, минералы Ag и Ge. Сульфиды обычно располагаются как по вертикали, так и по латерали в следующей последовательности вверх и наружу от основания рудного тела: 1) халькоцит и борнит; 2) борнит-халькопирит; 3) халькопирит и пирит; 4) галенит и сфалерит. Сульфиды могут подвергаться выветриванию до малахита, азурита, хризоколлы и атакамита. Вторичное обогащение халькоцитом вниз по падению является обычным явлением. Генетическая модель представляет собой осадочную концентрацию минералов в толщах красноцветных пластов с извлечением меди из пород фундамента или нижележащих осадочных пород подземными рассолами, вероятно образовавшимися в результате испарений, с последующим переносом через окисленные пласты и осаждением в бескислородных условиях. Среда рудоотложения состояла из эпиконтинентальных мелководно-морских бассейнов или внутриконтинентальных рифтов вдоль окраинных континентальных платформ. Примерами этого типа месторождений являются Право-Ингамакитское, Сакинское и Удоканское (рис. 32), Россия.

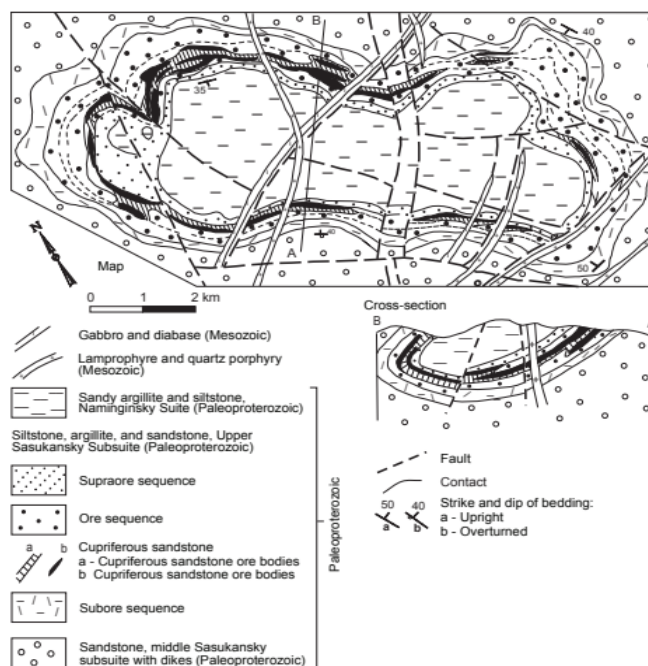


Рис. 32. Геологическая схема палеопротерозойского Удоканского медного месторождения в отложениях, Забайкалье, Россия. Адаптировано из Четкина и др. (1995).

### **Осадочно-экспляционные Pb-Zn (SEDEX)**

(Бриски, 1986а; Пономарев, 1987)

Осадочно-экспляционные Pb-Zn (SEDEX) месторождения состоят из стратиформных массивных или вкрапленных сульфидов, залегающих в пластах или линзах, согласных с вмещающими породами, состоящими из карбонатов, обломочных карбонатов и кремнистых карбонатов, включая известняки и доломиты, а также в меньшей степени мергелей, известняков, сланцев, алевролитов, песчаников и кремней. Рудные минералы в основном представлены галенитом, сфалеритом, пирротинном, пиритом, карбонатами Mg-Fe, и сульфосолями, баритом и флюоритом. Метаморфизованные отложения крупнокристаллические и массивные. Минералы встречаются полосами, пластинками, массами, брекчиями, прожилками и вкраплениями. SEDEX кремнезем-сидерит и кремнезем-анкерит-сидероплезит связаны с сульфидными прослоями, также распространены диагенетические доломиты. Участки рудоотложения интерпретируются как локальные синседиментационные депрессии, синклинали и палеоуклоны. Слабая связь минералов с вулканизмом очевидна в большинстве районов. Незначительные вулканические породы, в основном туфы и брекчии, встречаются во вмещающих породах некоторых месторождений. Вблизи жерл могут происходить обширные гидротермальные изменения, кремнезем, альбит и хлорит. Гидротермальная активность интерпретируется как связанная с разломами между основными блоками земной коры. Среда рудоотложения состояла из богатых карбонатами тонкозернистых обломочных осадочных пород от позднего протерозоя до позднего палеозоя, образовавшихся в мелководных морских

бассейнах, подвергшихся перикратональному опусканию вдоль окраин микроконтинентов. Примерами этого типа месторождений являются Горевское (рис. 33), Россия; Dongshengmiao, Huogeqi, Jiashengpan и Tanyaokou, Внутренняя Монголия, Китай.

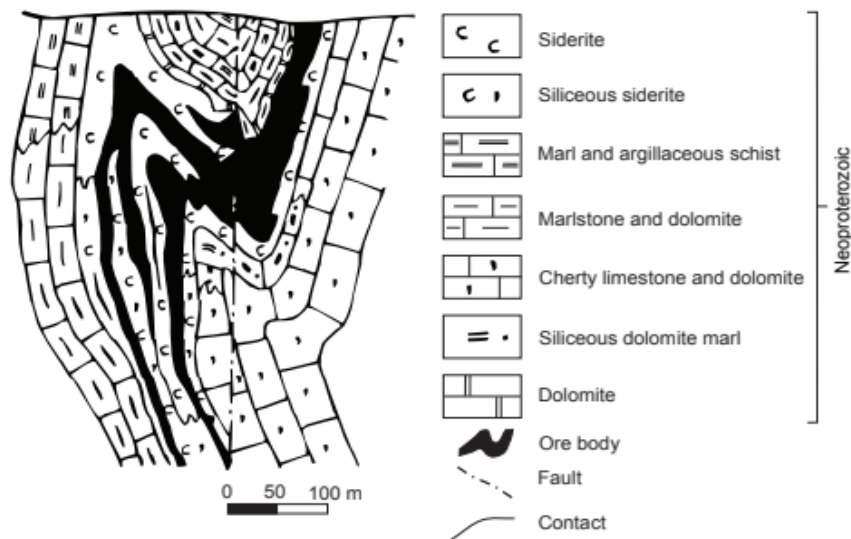


Рис. 33. Геологическая схема раннепротерозойского Горевского осадочного эксгальтивного (SEDEX) Pb-Zn месторождения, Восточная Сибирь. По материалам Сараев (1999).

### ***Pb-Zn массивные сульфиды (Корейский тип)***

*(В.В. Раткин в Ноклеберге и др., 1997)*

Корейские месторождения состоят из Pb- и Zn-сульфидов в карбонатах, известняках, доломитах и мергелях. Минералы представлены пиритом, галенитом, сфалеритом, флюоритом и магнетитом, главным образом в линзах и пластах, согласных с залеганием вмещающих пород; магнетит также переслаивается с сульфидами, флюоритом и карбонатом. Гидротермальные изменения практически отсутствуют; в основном диагенетические изменения в карбонатах и сопутствующих породах. Этот тип месторождений относится к промежуточным типам месторождений SEDEX и карбонатным Pb-Zn (долина Миссисипи). Примеры - Вознесенское и Чернышевское Юго-Восток России. Среда рудоформирования состояла из типично позднепротерозойских – раннепалеозойских богатых карбонатами осадочных пород в бассейнах, перекрывающих складчатые метаморфические комплексы. Примерами этого типа месторождений являются Вознесенка-I, Россия (рис. 34) и Хуангоушань, провинция Цзилинь; и Цинчэнцзы, провинция Ляонин, Китай.

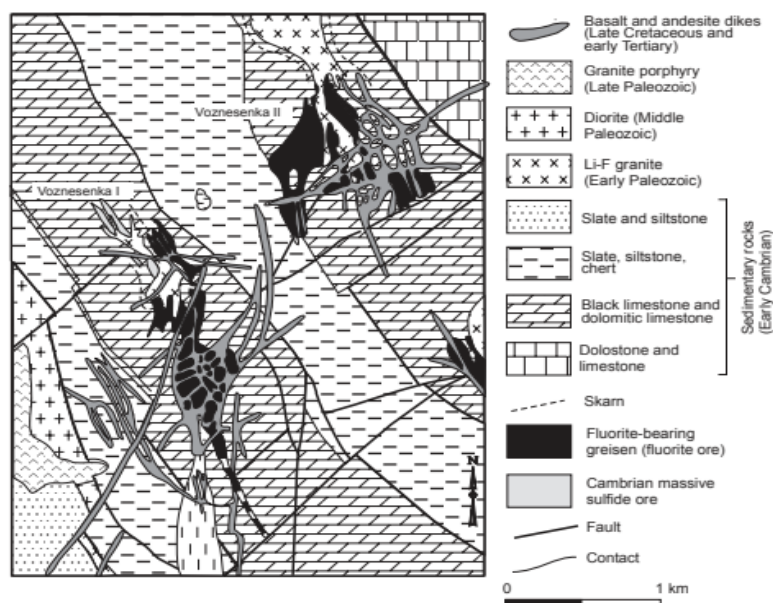


Рис. 34. Геологическая схема кембрийского Вознесенского I Корейского колчеданного месторождения Pb-Zn, Юго-Восток России. Адаптировано из Раткина (1995).

## 5.2 Осадочные месторождения

### *Химико-осадочные Fe-Mn*

(Хван, Ридман, 1975; Филиппова, Выдрин, 1977; Зайцев и др., 1984; Чжун, Яо, 1987; Е и др., 1994)

Химико-осадочные месторождения состоят из пластов и линз массивных и вкрапленных оксидов Fe и Mn и карбонатов в осадочных и обломочных карбонатах, в том числе известняках и доломитах. Минералы представлены магнетитом, гематитом, сидеритом, пиролюзитом, хаусманнитом, браунитом и родохрозитом (включая Са-родохрозит и Fe-родохрозит). Рудные пласты состоят из осадочных кремней, кварцитов, кварц-серицит-хлоритовых сланцев и обломочных карбонатов. По минералогическому составу и содержаниям Fe и Mn выделяют три подтипа: 1) Fe, 2) Fe-Mn и 3) Mn. Пласты марганца обычно залегают в средней и верхней части прогрессивной толщи в переходной зоне между обломочными породами и химическими отложениями. Карбонат, содержащий марганец, обычно встречается в сланцах или аргиллитах. Однако некоторое количество карбоната Mn встречается в песчанике и красном сланце. На Северо-Китайской платформе группа В-Mn месторождений третьего Mn подтипа характеризуется Mn-борацитами; минералы в основном представлены Mn-борацитом, родохрозитом, Са-родохрозитом и анкеритом. В Северо-Восточном Китае группа месторождений, содержащихся в аргиллитах, доломитах и доломитовых известняках, которые являются частью мезопротерозойской системы Цзисянь, названа месторождением Цзисянь В-Mn типа, включая: 1) группу позднепалеопротерозойских оксидов железа (Fe сидерит) месторождения (железные месторождения типа Сюаньлун); 2) группа позднемезопротерозойских Fe-Mn месторождений (марганцевый тип Вафанжи) на

Северо-Китайской платформе. Другим примером является карбонатный бассейн Хубсугул, расположенный в северной Монголии, где проявления Fe, Fe-Mn и Mn связаны с осадочными месторождениями фосфатов, аллюнитов и V на том же стратиграфическом уровне, но без регулярного пространственного распределения. С обширными месторождениями фосфатов связаны также низкосортные осадочные месторождения Fe, Mn и Al. Условия рудоотложения состояли из образования пластов и линз от массивных до вкрапленных оксидов и карбонатов Fe и Mn в эпиконтинентальной морской среде. Тип месторождения может быть связан и с осадочными гипсовыми, и с алуниновыми, и с редкими баритовыми и бокситовыми месторождениями. Примерами этого типа месторождений являются Дуншиучан, провинция Тецзинь, Китай; Панцзяпу, провинция Хэбэй, Китай; и Вафангзи, провинция Ляонин, Китай.

### ***Эвапоритовый галит***

*(Кляйнер и др., 1977)*

Залежи эвапорированного галита встречаются в основном в рифовых известняках среднего и позднего девона, доломитах, известняковых брекчиях, аркозах, алевролитах, диабазах, агломератах и туфах. Руды представлены гипсом, галитом, ангидритом и карбонатами, вантгофитом и сильвинитом. Отложения залегают в пластах мощностью от 9 до 50 м. Галит обычно дымчатый, блестяще-розовый и крупнозернистый. Галитсодержащие пласты мощностью от 100 до 600 м залегают в основном в антиклиналях. Крупнейшие известные месторождения Шуден-Уул и Давст-Уул в северной части Монгольского Алтая. Среда осадконакопления состояла из образования во время рифтогенеза континентальной окраины или вдоль границ трансформной континентальной окраины. Примерами этого типа месторождений являются Давст-уул и Шуден-уул, Монголия.

### ***Эвапоритовый осадочный гипс***

*(Кляйнер и др., 1977; Юань и др., 1982; Ганбаатар, 1999)*

Эвапоритовые осадочные гипсовые месторождения залегают в карбонатных толщах супратидальной (сабхинской) фации в полузамкнутых осадочных бассейнах. Встречаются два основных типа эвапоритовой толщи: карбонатная и катакластическая. Отложения многослойные и варьируют по форме от слоистых до линзовидных. Отложения постепенно утолщаются от окраин к центру котловины. Рудные минералы — гипс, ангидрит и в меньшей степени браниартин, калий и магнезиальный галит, самородная сера; жильные минералы представлены кальцитом, доломитом, магнезитом, самородной серой, глиной и в незначительном количестве галитом, аутигенным кварцем и

халцедоном. Содержание гипса достигает 98 процентов. Текстуры руд обычно идиоморфные, мозаичные и зернистые. Они залегают в толщах, полосах, пластах, прослоях, штокверках, брекчиях и зонах биотурбации. От окраины к центру бассейна распространены фации песчаника (конгломерата), аргиллита, гипса, галита, К- и Mg-галита, которые встречаются в кольцевых зонах. Оруденение образуется в результате выветривания окружающих пород, растворения древних месторождений галита или глубинных рассолов, вулканических гидротермальных флюидов или морской воды. Индикаторами оруденения являются мелководные отложения аргиллитов и мергелей в трещинах. На Северо-Китайской платформе месторождения в основном приурочены к кембрийским и позднеордовикским эпиконтинентальным породам. Среда рудоотложения состояла из интенсивного испарения рассола в закрытых или полузамкнутых опускающихся бассейнах в условиях сухого климата. Примерами этого типа месторождений являются Баруун-Церд, Монголия и Тайюань, провинция Шаньси, Китай.

#### ***Осадочные бокситы***

*(Сучарина А.Н., Кузнецов, 1982)*

Осадочные месторождения состоят из пластов бокситов, залегающих в углеродистых и обломочных породах, которые формируются в морской или континентальной среде. Выделены два подтипа: углеродистые и обломочные. Первый подтип, встречающийся в неритовых морских отложениях вдоль пассивных континентальных окраин, характеризуется мощными рифтогенными карбонатами с межформационными стратиграфическими перерывами, прослоенными маломощными (до первых метров) горизонтами бокситов. Метаморфизованный аналог состоит из диаспоры, формирующейся на андалузит-силлиманитовой фации. Второй подтип встречается в обломочных толщах в результате выветривания алюмосиликатных пород и минералов и переотложения в среде пенеплена. Основными минералами являются гиббсит и гиббсит-каолинит. Отложения мощностью от десятков до примерно 100 м обычно плоско залегают, могут быть линейными или линзовидными и могут образовываться в карстах под слоистыми отложениями. Примерами этого типа месторождений являются Кеэр, Реэр, Шигун и Сяойи, провинция Шаньси, Китай.

#### ***Осадочный целестин***

*(Яковлев, 1986)*

Осадочные залежи состоят из тонких слоев и конкреций целестина в песчанике и аргиллите. Основным минералом является целестин. Условия рудоотложения заключались в формировании континентальных озерных осадочных пород в грабенах в



ходе поздней стадии континентального рифтогенеза. Примерами этого типа месторождений Дугших худаг и Хорго уул, Монголия.

### **Осадочные фосфаты**

*(Eckstrand, 1984; Mosier, 1986; В.Л. Лубрович, in Rundqvist, 1986)*

Осадочные месторождения состоят из фосфоритов в обломочных, вулканических, карбонатных и кремнистых породах. Фосфатные слои могут быть мономинеральными. Основные текстуры тонкослоистые (местами афанитовые), оолитовые, прожилково-вкрапленные и брекчированные; сопутствующие породы - мергель, сланцы, кремнистый известняк и доломит. Также могут встречаться вулканические породы. Среда рудоотложения состояла из морского осадочного бассейна, соединенного с открытым морем, с локальными зонами апвеллинга над породами континентального шельфа вдоль пассивных или активных континентальных окраин. Примерами этого типа месторождений полезных ископаемых являются Белкинское и Сейбинское 2, Россия, а также Буренхан и Хубсугул, Монголия.

### **Осадочные Fe-V**

*(Oh, Hwang, 1968; Eckstrand, 1984; Сияяков, 1988; Познайкин, Шпиликов, 1990)*

Осадочные Fe-V месторождения состоят из химико-осадочных толщ, содержащих слоисто-оолитовый бурый железняк и (или) V-содержащие кремни, углистые сланцы и кремнистые горизонты. Месторождения Fe встречаются в аргиллитах, черных сланцах, железистых песчаниках, глауконитовых песчаниках, известняках, марганцевых и фосфатных сланцах. Месторождения V залегают в кремнисто-углистых сланцах с прослоями кремнистых сланцев, углистых и известняковых сланцев, аргиллитов, алевролитов, кремней и редко известняков. Кремнистые горизонты могут содержать осадочные кварциты. Массивные пласты обычно имеют мощность от 2 до 25-30 м и переслаиваются со сланцами, песчаниками и гравелитами. Минералы в основном представлены гематитом, гетитом, сидеритом и шамозитом; сопутствующими минералами являются кальцит, анкерит, различные глинистые минералы, обломочный кварц, пирит и фосфатные ископаемые остатки. Содержание Fe в рудных пластах неравномерно и колеблется от 20 до 45%. Месторождения богаты  $P_2O_5$  и  $V_2O_5$ . V класс колеблется от 0,01 до 1,0 процента. Среда рудоотложения состояла из железняка в неритовых бассейнах, лагунах и эстуариях в условиях насыщения кислородом. Примерами этого типа месторождений являются Колпашевское, Россия, и Хитагийн-гол, Монголия.

### ***Осадочный Fe сидерит***

*(Rundqvist, 1986)*

Осадочные месторождения Fe состоят из прослоев и линз сидерита в верхней части угольной толщи. Месторождения залегают в песчаниках и аргиллитах, содержащих сидеритовые оолиты и конкреции. Содержание сидерита достигает 80-90%. Сопутствующие минералы матрицы представлены хлоритом, гидрослюдой, кварцем и полевым шпатом. Мощность рудных пластов колеблется от 0,1 до 2 м. Этот тип месторождений не имеет большого экономического значения. Примерами этого типа месторождений являются Барандатское, Ишимбинское, Нижне-Ангарское и Парабель-Чузикское, Россия.

### ***Стратиформный Zr (альгамский тип)***

*(Багдасаров и др., 1990; Некрасов, Коржинская, 1991; Залищак и др., 1991)*

Стратиформные месторождения Zr состоят из гидроциркона и бадделеита в линзах и жилах, которые залегают в основном в слое кавернозного доломитового мрамора мощностью до 40 м. Руда представлена брекчией, состоящей из обломков метаморфического кварца и доломита, сцементированных гидроцирконом и агрегатом бадделеита; бадделеит также встречается в виде рыхлых агрегатов, образованных выветриванием первичной руды. Некоторые каверны в доломите содержат коллоформные, натечные агрегаты гидроциркона и бадделеита, но преобладает структура брекчии. Вмещающий доломит гидротермально не изменен. Крупное месторождение находится на севере Хабаровской области, Россия, и залегает в субгоризонтальных доломитовых мраморах, которые вместе с другими миогеоклинальными осадочными породами составляют неопротерозойский и раннепалеозойский осадочный чехол Станового блока Северо-Азиатского кратона. Месторождение Алгама в России образовалось в результате разгрузки гидротермального раствора по пласту пористого доломита; внезапное падение давления привело к взрыву. U-Pb изотопный возраст около 100 млн лет был получен по гидроциркону.

## ***5.3 Полигенетические карбонатные месторождения***

### ***Полигенные P3Э-Fe-Nb (тип Баян-Обо)***

*(Ким и др., 1959; Чао и др., 1992; Цао, 1994; Лин и др., 1994; Жэнь и др., 1994; Чжан, Тан, 1994; Бай и др., 1996; Пань, 1996; Ту Гуанчжи, 1996, 1998)*

Основным примером полигенного месторождения P3Э-Fe-Nb является сверхкрупное месторождение P3Э-Fe-Nb Баян-Обо в Китае (рис. 35), запасы которого составляют до 70% мировых запасов P3Э.

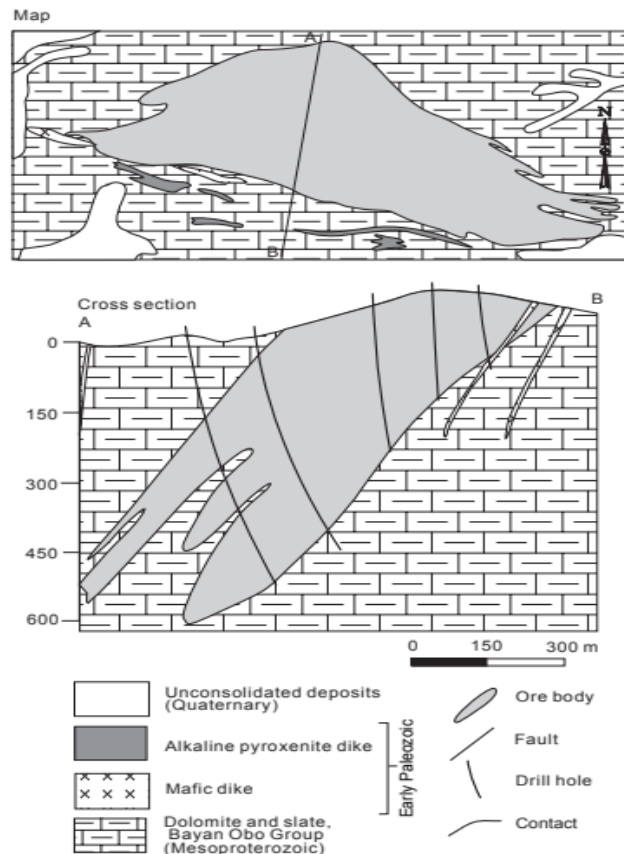


Рис. 35. Геологическая схема мезопротерозойского полигенного редкоземельно-железо-ниобиевого месторождения Байян-Обо, Северный Китай. Адаптировано из Ли (1993).

Месторождение, залегающее в мезопротерозойских обломочных породах и магнезиальных карбонатах, состоит из слоистых или линзовидных тел, обычно согласующихся с вмещающими доломитами. Месторождение содержит около 170 полезных ископаемых, в том числе 60 минералов Nb, РЗЭ, Ti, Th, Fe, а основными минералами Fe являются гематит, магнетит и сидерит. Основными минералами РЗЭ являются монацит, паризит, хуангоит и церрапатит; основными минералами Nb-Ta являются ниобит, эшинит, ферсмит и пироклор. Два подтипа: d Nb-редкоземельно-железистый подтип А и Nb-редкоземельный подтип В. Разновидности руд подтипа А бывают массивными, полосчатыми, прожилково-вкрапленными (эгириновый тип), вкрапленно-слоистыми (рибекитовый тип) и массивно-вкрапленными (биотитовый тип). Разновидности руд подтипа В представлены вкрапленным мусковитом, эгирином и богаты диопсидом. Месторождение состоит из нескольких блоков с обильными железистыми минералами, блоков с обильными минералами РЗЭ и меньшим содержанием железа и блоков как с железистыми, так и с РЗЭ. Тип месторождения содержит хорошо развитые гидротермальные изменения, в том числе рибекитовые, эгириновые, флюоритовые и биотитовые, особенно магнезиальные скарновые в зоне контакта между доломитом и гранитом.

Существует несколько генетических интерпретаций. Tu (1998) сообщил об изотопных составах Rb-Sr- и Sm-Nd и соотношениях Nb/Ta, указывающих на то, что REE и Nb происходят из мантии. В настоящее время ведутся споры о времени и механизме образования руды; исследования купола предполагают связь с карбонатитовой магмой (Bai, 1996), в то время как другие исследования предполагают, что в результате метасоматоза образовались минералы REE, Nb, Th и Fe и что месторождение является эпигенетическим (Chao, 1992). Недавние изотопные исследования вмещающих пород и рудных и пустых минералов (Cao, 1994, Ren, 1994, Zhang, 1994) указывают в основном на мезопротерозойский и каледонский возрасты, предполагая образование в мезопротерозое и сильную переработку в раннем палеозое, возможно, с частичным внедрением новых минералов РЗЭ (Ren, 1994, Cao, 1994, Pan, 1996). Tu Guangzhi (1996, PaleozoicContact1998) интерпретировал мезопротерозойское событие SEDEX, при котором метасоматическая активность, диагенез и изменение доломита были синхронными, а минералы впоследствии обогащались во время каледонской деформации. Общая интерпретация состоит в том, что месторождение образовалось в рифтовой зоне вдоль северной окраины Северо-Китайского кратона.

Другой пример полигенного месторождения РЗЭ-Fe-Nb находится в Яньяне, Корея. Он состоит из магнетита в полиметаморфизованном контактном месторождении, залегающем в докембрийских биотитовых гнейсах и более молодой сиенитовой интрузии. В западной части сиенитов много линзовидных ксенолитов известково-силикатных пород, тактитов и амфиболитов, образовавшихся из метасоматизированных известняков. Магнетит встречается в сиенитах в тесной ассоциации с тактитом или амфиболитом и местами в линзовидных массах в виде ксенолитов или прорван дайками сиенитов. Основной минерал — магнетит в пластинах или зонах трещиноватости; жильные минералы включают роговую обманку, эпидот и биотит. Это месторождение интерпретируется как полиметаморфизованное контактное месторождение, в котором первичный контактно-метасоматический магнетит был прорван сиенитом.

## 6. МЕСТОРОЖДЕНИЯ, СВЯЗАННЫЕ С МЕТАМОРФИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ

### 6.1. Осадочно-метаморфические месторождения

#### *Полосчатая железистая формация (тип Алгомы)*

*(Zhang и др., 1984; Yan, 1985; Zhang и др., 1985; Cannon, 1986)*

Месторождения полосчатой железной формации (тип Алгомы) состоят из минералов Fe, содержащихся в основном в архейских пластах железистых кварцитов и богатых

железом вулканических, вулканокластических и обломочных породах основного или кислого состава. Отложения обычно переслаиваются в сантиметровом масштабе с кварцитами и прослоями, богатыми железом. Месторождения могут быть метаморфизованы в разной степени. При более низкой степени метаморфизма основными минералами являются в основном магнетит, гематит, ильменит, маггематит, мелкозернистый кварц, амфибол и биотит; Минеральный состав, текстура и структура варьируются в зависимости от степени метаморфизма. По мере усиления метаморфизма происходит укрупнение минералов и увеличение содержания железа; минералами гранулитовой фации являются магнетит, кварц, гиперстен, диопсид, амфибол, ильменит, плагиоклаз, гранат, биотит. Месторождения широко распространены в раннедокембрийском фундаменте Сино-Корейского кратона и являются основным источником железа в Северном Китае. Локальное обогащение, связанное с региональным или контактовым метаморфизмом, связано с внедрением гранитоидов. По сравнению с месторождениями типа Супериор, обстановка рудообразования месторождений алгоминского типа состояла из тектонически подвижных морских вулканических поясов в небольших вулканогенно-осадочных бассейнах. Часть месторождений пространственно приурочена к вулканогенным Zn-Cu массивным сульфидам, Homestake Au и Au в зоне расланцевания и окварцевания. Примерами этого типа месторождений являются Наньфэнь, провинция Ляонин, Китай; Сиджаин, провинция Хэбэй, Китай; Гунчанлин, Аньшань, провинция Ляонин, Шаньянпин и Янчаопин, уезд Дайсянь, провинция Шаньси, Китай.

***Полосчатая железистая формация (высший тип)***

*(Экстранд, 1984; Кэннон, 1986; Синяков, 1988)*

Месторождения полосчатой формации (тип Superior) состоят из железистых минералов в кварцитовых пластах преимущественно палеопротерозойского возраста. Месторождения состоят в основном из полосчатых, богатых железом осадочных пород, обычно имеющих большую латеральную протяженность, которые, как правило, переслаиваются в сантиметровом масштабе с кремнистыми и богатыми железом слоями. Железная формация и вмещающие породы обычно имеют осадочные текстуры, типичные для мелководных отложений в тектонически стабильных регионах. Основными рудными минералами являются магнетит, гематит, мелкозернистый кварц, силикаты железа и карбонаты железа.

Многие месторождения изоклинально складчатые и надвиговые. Месторождения обычно метаморфизованы в разной степени или выветрелы и обогащены гипергенными

процессами. Гипергенные отложения могут локализоваться в неровностях вдоль палеоэрозионных поверхностей. Конечным продуктом выветривания являются гидроксиды железа и высокосортный супергенный гематит. Среда рудоотложения состояла из устойчивых мелководных морских бассейнов, обычно на стабильном континентальном шельфе или внутрикратонных бассейнов, образовавшихся на древних кратонах и микроконтинентах. Примерами этого типа месторождений полезных ископаемых являются Бакчарское, Костенгинское, Нелюки, Олимпийское, Сутарское и Тарыннахское (рис. 36) в России и Юаньцзячунь, провинция Шаньси, Китай.

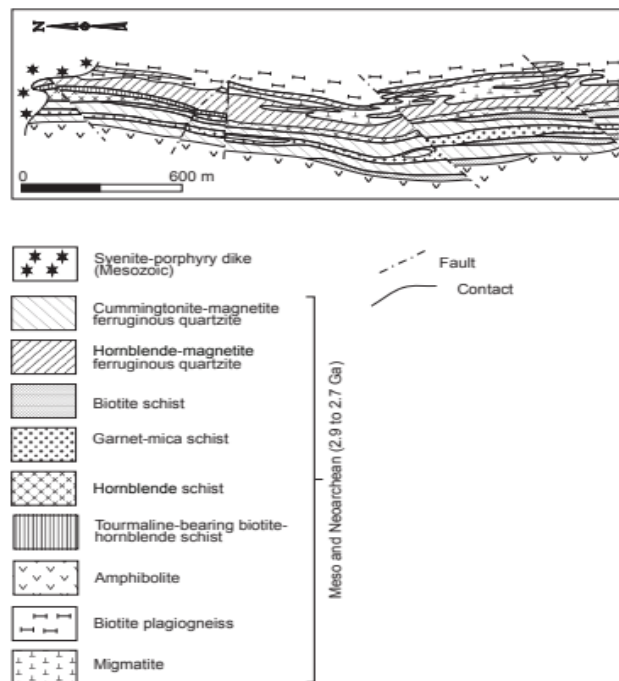


Рис. 36. Обобщенная геологическая карта архейско-палеопротерозойского Тарыннахского месторождения полосчатой железной формации, Якутия, Россия. Адаптировано из Горелова и др. (1984).

### ***Homestake Au***

(Бергер, 1985b)

Месторождения Homestake Au в основном залегают в метаморфизованной полосчатой железистой формации. Оруденение обычно встречается в тонких пластинках, согласных линзах или жилах в богатых железом, кремнистых и карбонатных породах.

Основные рудные минералы: самородное золото, пирит, пирротин, арсенопирит, магнетит, сфалерит и халькопирит, встречаются тетраэдрит, шеелит, вольфрамит, молибденит, флюорит и актинолит. Полосчатые оксиды Fe обычно замещаются пиритом и пирротинном. Основными гидротермальными минералами являются хлорит и турмалин. Сопутствующие руды представлены вулканогенными массивными сульфидами (Куроко), алгомской полосчатой железной формацией, золотом в зоне рассланцевания и жильно-кварцевыми образованиями. Этот тип месторождений обычно интерпретируется как образовавшийся во время морского вулканизма или гидротермальной активности на

поздних стадиях. Пример этого типа месторождений - Дунфэншане, провинция Хэйлунцзян, Китай.

### **Осадочно-метаморфический борат**

(Пэн и др., 1993 г.)

Осадочно-метаморфические боратные месторождения состоят из двух подтипов: метаосадочного и гидротермального. Первый подтип конформно залегает в стратиформных карбонатах Mg (в основном магнезит), с суанитом  $[Mg_2(B_2O_5)]$  в качестве основного рудного минерала, наряду с магнезитом. Второй подтип состоит из стратиформных силикатов Mg в брекчиях или деформированных полосах и является более важным из двух подтипов. Брекчии содержат слоистую мелкозернистую структуру форстерита и диопсида в матрице суанила и магнезита. Людвигит  $((MgFe)_2Fe_3+(BO_3)O_2)$  встречается в основном во втором подтипе, богатом железом. Оба подтипа, особенно второй, могут видоизменяться с замещением форстерита серпентинитом, флогопитом и другими минералами, а суанита — шайбелиитом  $[MgBO_2(OH)]$ . Гидротермальные изменения тесно связаны с внедрением гранитных пород и пегматитов. Месторождения второго подтипа в восточном Ляонине, северо-восточный Китай, залегают в палеопротерозойской вулканогенно-осадочной толще, метаморфизованной в амфиболитовую фацию, которая содержит турмалин, альбит и микроклин и демонстрирует пространственное распределение, свидетельствующее об эвапоритовом рифтогенном генезисе. Примерами этого типа месторождений являются Вэнцюаньгоу (рис. 37) и Чжуаньяо, провинция Ляонин, Китай.

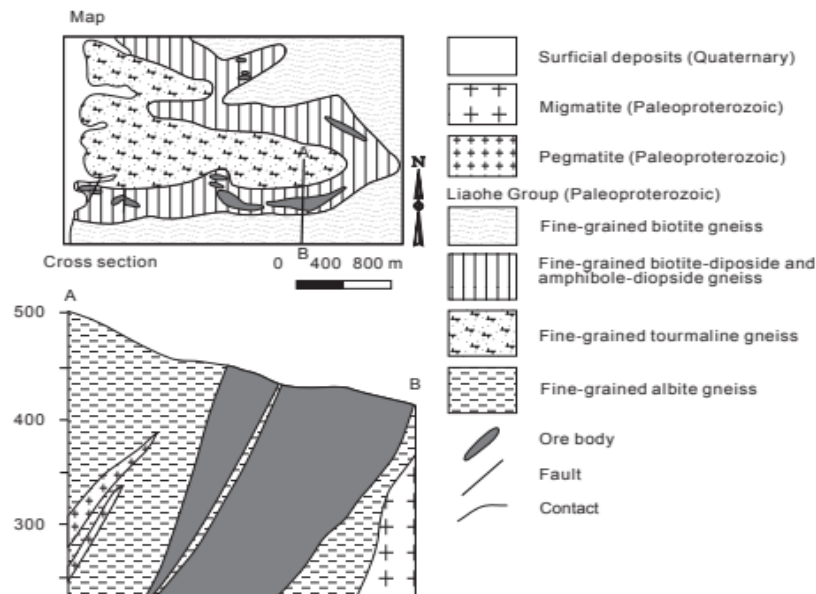


Рис. 37. Геологическая схема позднепалеопротерозойского осадочно-метаморфического боратного месторождения Вэнцюаньгоу, Северный Китай. Адаптировано из Jiang and others (1994).

### ***Осадочно-метаморфический магнезит***

*(Чжан и др., 1984; Ли и Чжу, 1992)*

Осадочно-метаморфические месторождения представлены пластами магнезита длиной от 200 до 2000 м и шириной от 30 до 300 м. Месторождения в основном состоят из палеопротерозойских карбонатов и, как правило, из доломитового мрамора. Руды содержат осадочные текстуры, в том числе следы ряби и грязевые трещины, а также локальные метасоматические текстуры. Основным минералом является средне- и крупнозернистый магнезит, а также тальк, тремолит, доломит, хлорит и редкие кальцит, Fe-доломит, родохрозит, Fe-магнезит, сидерит, гранат, пирит, серпентинит, сфалерит, халькопирит, магнетит, апатит и гематит. Максимальное содержание MgO в магнезите составляет 47 процентов. Условия осадконакопления состояли из палеопротерозойского рифтогенеза в прибрежном мелководно-морском осадочном бассейне. Возможный последующий метаморфизм от нижнезеленосланцевой до амфиболитовой фации и интенсивная деформация могли привести к перекристаллизации минералов, кристаллизации сидерита и образованию линзообразных метасоматических рудных залежей. Примерами этого типа месторождений являются Бидерин-гол, Монголия, Сяфаншэнь и Сяошэншуиси, провинция Ляонин, Китай.

### **6.2 Месторождения, связанные с регионально метаморфизованными породами.**

#### ***Au в черных сланцах***

*(Казакевич, 1972; Буряк, 1980, Кановалов, 1985)*

Золото в черносланцевых отложениях состоит из прожилков, вкраплений и жил, встречающихся в рифейских толщах, состоящих из чередующихся слоев филлитов или сланцев, песчаников, известняков, алевролитов и аргиллитов. Микроскладки и зоны продольного сдвига в антиклиналях являются важным фактором контроля. Золото встречается в согласных зонах в виде вкраплений. Наибольшее содержание Au отмечается в горизонтах и линзах углистых сланцев. Золото-кварцевые жилы залегают в верхних горизонтах в виде относительно маломощных тел, выклинивающихся вниз по падению. Оруденение представлено малосульфидной кварцевой ассоциацией, состоящей в основном из пирита и арсенопирита с редкими примесями сфалерита, галенита и халькопирита. Могут встречаться редкие минералы ЭПГ. Периферийные ореолы с низким содержанием золота содержат вкрапления пирита и арсенопирита. Месторождения полигенны и полихронны. Первоначально золото накапливалось при отложении вмещающих пород, перераспределялось и концентрировалось в процессе динамического



метаморфизма и инфильтрации рудоносного флюида. Примерами месторождений этого типа являются Мангазейка 2, Олимпиада и Сухой Лог (рис. 38), Россия.

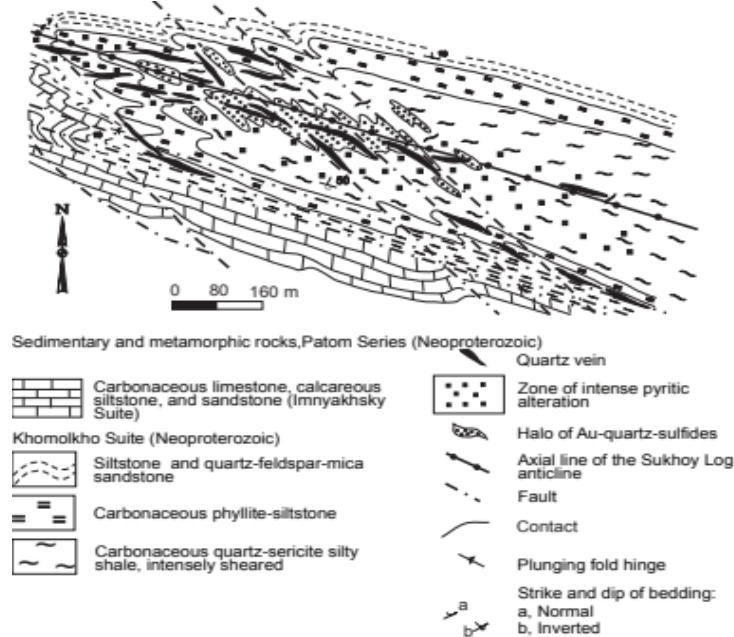


Рис. 38. Геологическая схема Сухого Лога от девона до раннего карбона Au в черносланцевом месторождении, Забайкалье, Россия. Адаптировано из Буряк (1982).

***Золото в зонах рассланцевания и в кварцевых жилах***  
(Бергер, 1986)

Месторождения включают малосульфидные Au кварцевые жилы, месторождения Au в турбидитах, конкордантных жилах и зонах рассланцевания. Месторождения состоят из золота в массивных стойких кварцевых жилах, которые залегают в метаморфизованных вулканических породах, а также в метаморфизованных граувакках, кремнях и сланцах. Жилы обычно представляют собой поздние синметаморфические до постметаморфических и местами измененные гранитоидные породы. Сопутствующие минералы: пирит, галенит, сфалерит, халькопирит, арсенопирит, пирротин, сульфосоли; гидротермальные минералы включают кварц, сидерит, альбит и карбонаты. Среда рудоформирования состояла из низкометаморфических поясов, связанных с континентальными окраинными дугами или коллизионными (анатектическими) зонами. Примерами этого типа месторождений являются Нежданinka и Зун-Хольба (рис. 39) в России и Цзяпигоу, провинция Цзилинь, Китай; Цзиньчаньюй, провинция Хэбэй, Китай; и Пайшаньлоу, провинция Ляонин, Китай.

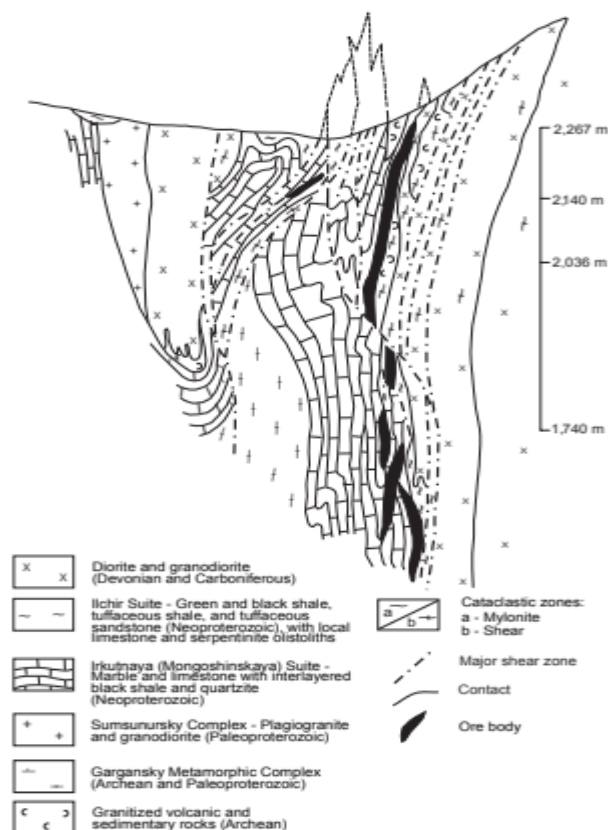


Рис. 39. Схематический разрез неопротерозой - силурийского м-ния Зун-Холба в зоне расланцевания и кварцевых жил, Забайкалье, Россия. из Миронова и др. (1995).

### ***Sb-Au в обломочных породах***

(Дистанов и др., 1977; Бергер, 1978, 1993; Индолев и др., 1980)

Sb-Au месторождения, в обломочных породах, состоят из антимонита и связанных с ним минералов, встречающихся в простых, линзообразных и лестничных жилах, а также в сетчатых жилах и прожилках, иногда с субогласной вкрапленностью. Основные рудные минералы — антимонит, бертиерит, пирит, арсенопирит, золото, в подчиненном количестве — сфалерит, галенит, халькопирит, тетраэдрит, халькостибит, шеелит, пирротин, марказит, гудмундит, герсдорфит, самородная сурьма, самородное серебро; жильные минералы в основном представлены кварцем и в меньшей степени анкеритом, кальцитом, доломитом, сидеритом, донбасситом, серицитом и гипсом. Вмещающие породы изменены - различные комбинации кварца, карбонатов, серицита и пирита. Вмещающими породами для этих месторождений являются 1) протерозойские и палеозойские зеленые сланцы, образовавшиеся из основных вулканических и вулканогенно-обломочных пород; 2) переслаивание углистых черносланцевых и вулканокластических пород; 3) в меньшей степени, регрессивно-метаморфизованные гранитоиды. Обстановка рудоформирования состояла из складчатых поясов, образовавшихся вдоль внутрикратонно-рифтовых прогибов или в перикратонно-платформенных опусканиях на пассивной континентальной окраине. Тип месторождения

контролируется линейными зонами складок и милонитов, которые связаны с региональными сдвиговыми разломами и с региональным метаморфизмом зеленосланцевой фации, что предполагает гидротермально-метаморфическое происхождение. Примерами этого типа месторождений являются Сентачан, Россия (рис. 40), и Ичинокава, Япония.

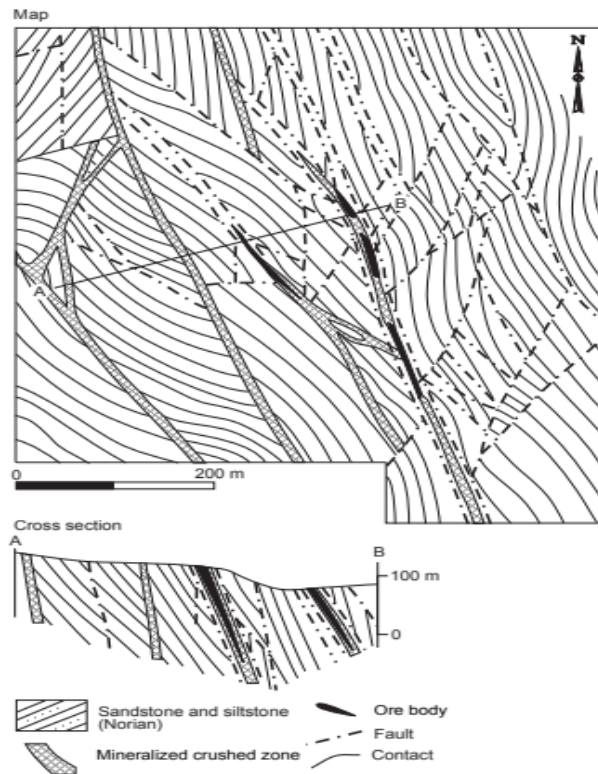


Рис. 40. Геологическая схема аптско-позднемилового Сентачанского месторождения Sb-Au, содержащего обломочные отложения, Якутия, Россия. Адаптировано из Шура (1985).

### ***Cu-Ag жилы***

*(Ноклеберг и др., 1997)*

Жильные месторождения состоят в основном из сульфидов Cu и аксессуарных минералов Ag в кварцевых жилах и прожилках, залегающих либо в слабо, регионально метаморфизованных базальтах, андезито-базальтах, либо в обломочных осадочных породах. Месторождения могут встречаться в структурных пластинах ультраосновных пород, которые встречаются вдоль региональных разломов в терригенных осадочных породах. Проявления в метаморфизованных основных вулканических породах более низкого качества состоят в основном из широко распространенных зон сульфидсодержащих кварцевых жил; также могут встречаться хорошо сформированные кварцевые прожилки и жилы сульфида меди. Минералы: халькопирит, борнит, халькоцит, ковеллит, пирит, пирротин, малахит, азурит, редко самородная медь; гидротермальные минералы представлены эпидотом, хлоритом, актинолитом, альбитом, карбонатами и кварцем. Особенности: 1) кварцевые жилы и прожилки, залегающие в обширных

линейных зонах; 2 проявления минералов во вкраплениях, прожилках, пластах и редко в брекчиях; и (3) локально высокие содержания Ag, Au и Zn. В Северо-Восточной Азии многие проявления находятся в основных вулканических породах среднего рифея, от венда до нижнего кембрия и от ордовика до силура. Среда рудообразования состояла из метаморфических поясов, содержащих основные вулканические или обломочные осадочные породы в дугах континентальной окраины или коллизионных (анатектических) зонах. Примерами этого типа месторождений являются Косеонг и Янгудон, Южная Корея.

***Пьезокварц***  
(Архипов, 1979)

Месторождения пьезокварца встречаются в докембрийских кварцитах, связанных с высокоглиноземистыми гнейсами и основными сланцами. Кристаллический кварц обычно залегает в местах пересечения разрывов во флексурах и периклиналях складок, образуя одиночные жилы (мощностью 0,5–2 м и длиной 20–30 м) и жильные зоны (мощностью 1–30 м, в среднем 5–15 м и от нескольких десятков метров до 400 м, в среднем от 100 до 200 м). Большинство месторождений залегает в трубках, жилах и штокверках диаметром несколько десятков метров. Жилы состоят из кристаллического или дымчатого кварца, глины, заполняющей пустоты, калиевого полевого шпата и редких гематита, хлорита, серицита, турмалина, альбита, эпидота и адуляра. Кристаллы встречаются на стенках пустот среди глины; пустоты возникают внутри кварцевых жил, на контактах жил и вмещающих пород или во вмещающих породах, прилегающих к жилам. Вмещающие породы изменены на серицит, хлорит и эпидот. Примерами этого типа месторождений являются Бугарыкта и Перекатное, Россия.

***Родусит Асбест***  
(Андреев, 1962; Романович и др., 1982)

Месторождения родусит-асбеста состоят из родусит-асбеста и неволокнистого родусита в пестрых прослоях с солью и гипсом. Пестрые породы состоят из ритмичных слоев мергелей, аргиллитов, алевролитов и песчаников; преобладает агиллит. Толщина отложений достигает десятков метров. Родусит-асбестовый и неволокнистый родусит встречаются также в прожилках и вкраплениях. Обстановка осадконакопления заключалась в формировании эпигенетического замещения краснопластовых обломочных пород и пестрых вмещающих пород при начальном метаморфизме в межгорных впадинах аридных районов с высокоминерализованными водами в осадочных бассейнах. Пример этого типа месторождений полезных ископаемых находится в Азкискском, Россия.

***Метасоматический тальк (магнезит)***

*(Ким, 1972; Романович, 1973; Романович и др., 1982)*

Месторождения талька (магнезита) состоят из метасоматического талька, который замещает ультраосновные и магнезиальные осадочные и магматические породы во время регионального или контактового метаморфизма. Определены два подтипа: 1) метасоматический железистый тальк, тальк-брейнерит и тальк-хлорит, встречающиеся в ультраосновных породах, преимущественно дунитах и гарцбургитах в жилах, штоках и линзах; 2) маложелезистые тальковые минералы, образующиеся в доломитовых углеродистых породах. Этот второй подтип состоит из: 1) месторождений, связанных с региональным метаморфизмом со стеатитом, талькосланцами и талькокарбонатами; и 2) месторождения талька, карбоната и тремолита, связанные с контактовым метаморфизмом и родственными гранитоидными интрузиями. Вмещающие породы представлены доломитами, прослоями доломитизированных известняков и алюмосиликатов (сланцев, амфиболитов, кварцитов). Месторождения пластовые и, как правило, крупные. Поверхностные тела могут образовывать кору выветривания с высококачественным порошкообразным маложелезистым тальком. Попутными полезными ископаемыми являются магнезит, маршаллит и карстовые бокситы. Основной контроль за отложениями осуществляется вмещающими ультраосновными породами, которые на региональном уровне метаморфизованы в зеленосланцевой фации и интенсивно прорваны гранитоидами. Условия рудоотложения состояли из доломитовых и ультраосновных пород в орогенных поясах вдоль континентальных окраинных коллизионных зон, а также в перикратонально-платформенных опусканиях. Примерами этого типа месторождений являются Алгуйское, Савинское, Светлый Ключ и Тогуленское, Россия, и Фаньцзяпузи, провинция Ляонин, Китай.

***Метаморфический графит***

*(Ли, 1960; Еремин, 1991)*

Месторождения метаморфического графита состоят из двух подтипов: 1) месторождения в региональных высокометаморфизованных породах, включающих гнейсы и сланцы с крупнокристаллическим графитом; 2) месторождения, образовавшиеся при контактном метаморфизме угольных пластов при внедрении траппов, например, Тунгусская графитовая провинция в Северо-Азиатском кратоне, где месторождения образовались при термическом метаморфизме угольных пластов при внедрении мощных триасовых диабазовых силлов. Месторождения имеют сложный состав и состоят из слоев аморфного графита и многочисленных обломков и линз осадочных пород. Основной минерал — мелкозернистый и чешуйчатый графит; сопутствующими минералами

являются пирит, кальцит, апатит, циркон, магнетит, рутил и гидросиликаты. Примерами этого типа месторождений являются Ногинское, Россия, Итгель Найдвар, Монголия, и Люмао, провинция Хэйлунцзян, Китай.

### **Метаморфический силлиманит**

(Чжан, 1984; Цзян, 1994)

Метаморфические месторождения состоят из нескольких согласующихся слоев, содержащих от 25 до 50 процентов силлиманита в графит-гранат-силлиманитовых сланцах, биотит-гранат-силлиманитовых сланцах, плагиоклаз-кордиерит-силлиманитовых сланцах и гнейсах, а также в меньшем количестве гранатовых сланцев и фосфористых мраморах. Главный минерал — силлиманит; акцессорные минералы: кварц, гранат, биотит, кордиерит, калиевый полевой шпат, графит, пирит, пирротин, турмалин, флогопит. Степень метаморфизма колеблется от амфиболитовой до гранулитовой фации. Месторождения обычно пространственно связаны с месторождениями метаморфического графита. Пример этого типа месторождений находится в Сандаогу, провинция Хэйлунцзян, Китай.

### **Флогопитовый скарн**

(Мурзаев, 1974; Архипов, 1979)

Месторождения состоят из флогопита в диопсидовых и флогопит-диопсидовых сланцах, мраморах и известкового гранофеля, метасоматизированного в крупнозернистый флогопит-диопсидовый скарн. Некоторые рудные тела контролируются синформами и залегают вдоль шарниров складок, на осевых плоскостях и в ядрах наложенных поперечных складок. Они имеют длину от 0,7 до 2,5 км и ширину от 0,2 до 0,5 км; флогопитовый скарн имеет ширину от нескольких метров до нескольких десятков метров, от 10-20 м до нескольких сотен метров в длину. Минералы представлены флогопитом, диопсидом, роговой обманкой, скаполитом, апатитом и актинолитом. Флогопит встречается в гнездах шириной от 0,5 до 1,5–6 м (в среднем от 1 до 2 м); редко встречается флогопит в тонких жилах. Кристаллы флогопита неправильной формы, от коричнево-зеленого до коричневого цвета, размером от 8 до 15 см. Диопсид- и диопсид-скаполит-плагиоклазовые скарны могут содержать молибденит. Обстановка рудообразования состояла из постколлизивной стадии докембрийских орогенов. Примерами этого типа месторождений являются Федоровское, Мегюсканское и Надёжное Россия.

## 7. МЕСТОРОЖДЕНИЯ, СВЯЗАННЫЕ С ПОВЕРХНОСТНЫМИ ПРОЦЕССАМИ

### 7.1 Месторождения кор выветривания

#### ***Бокситы (карстовый тип)***

*(Паттерсон, 1986)*

Месторождения (карстового типа) состоят из осадочных бокситов, встречающихся в основном во впадинах карстовых поверхностей в мощных карбонатных толщах. Месторождения приурочены к межформационным разломам в карбонатах. Характерны деформация и метаморфизм. Основные минералы — диаспор и бемит; сопутствующие минералы - гематит, гетит, каолинит и незначительное количество кварца. Структуры месторождения включают пизолитовые, желваковые, массивные и землистые. Примерами этого типа месторождений являются Новогоднее и Октябрьское 4, Россия,

#### ***Латерит Ni***

*(Певец, 1986b)*

Месторождения латеритного никеля состоят из минералов никеля и силикатов в корях выветривания, образованных из ультраосновных пород, особенно перидотитов, дунитов и серпентинизированных перидотитов. Морфологические типы: площадной, линейный и контактный карст. Основными минералами являются сложные силикаты или оксиды Fe-Co-Ni. Основные минералы — гарниерит, непуит, ревденскит; сопутствующие минералы: серпентин, нонтронит, гетит, оксид марганца и кварц. Гетит обычно содержит много никеля. Силикатные минералы встречаются в нижней части остаточных кор выветривания. Оксиды состоят из Ni-содержащих гидроксидов Fe и асболана. Зональность сверху вниз: 1) верхняя лимонитовая зона с Ni в оксидах железа и 2) нижняя сапролитовая и коробчатая зона с Ni в гидросиликатах. Обстановка рудоотложения состояла из конвергентных окраин с обдукцией офиолитовых комплексов; требовалось поднятие, чтобы подвергнуть ультраосновные породы выветриванию. Примерами этого типа месторождений являются Александровское 2 и Белининское, Россия.

#### ***Кора выветривания Mn ( $\pm$ Fe)***

*(Ким, Ким, 1962; Варенцов, Рахманов, 1978)*

Месторождения связаны с Mn-содержащими корами выветривания, образовавшимися на богатых Mn известняках и метаморфических породах. Содержание марганца является результатом выщелачивания и удаления карбонатов и кремнезема. Марганцевая корка состоит из песчано-глинистых масс, содержащих гипергенные концентрации оксидов марганца. Основными минералами являются пиролюзит, псиломелан, манганит, вернадит и местные гидроксиды Fe. Минералы залегают пластами, линзами, разветвлениями,

иногда карстовыми полостями. Параметры рудных тел достигают километров в длину и десятков метров в толщину; демонстрируют четкую зональность, при этом минералы марганца в нижней части перекрываются минералами, содержащими чистый марганец и гидроксид железа. Среда рудоотложения состояла из субаэральных обнажений Mn-содержащих известняковых пород во влажном климате. Примерами этого типа месторождений являются Караульная Горка и Сейбинское 1, Россия.

***Кора выветривания и карстовый фосфат***

*(Рундквист, 1986)*

Кора выветривания и карстовые месторождения фосфатов состоят из фосфоритных минералов в корах выветривания и карстах в ассоциации с фосфатными породами и фосфоритсодержащими карбонатами. Отложения сформировались в линейных и карстовых структурах в приповерхностных условиях. Возможно вторичное гипергенное обогащение фосфоритами. При растворении и переотложении фосфатного вещества могут образовываться рыхлые и каменистые фосфориты с зернистой и обломочной структурой. Месторождения залегают в режимах растяжения, содержащих бедные фосфаты. Пример этого типа месторождений - Телекское, Россия.

***Карбонатиты коры выветривания P3Э-Zr-Nb-Li***

*(Лапин, 1996)*

Наиболее продуктивными являются коры выветривания, развитые на меланократовых полевошпатовых карбонатах, содержащие сидерит, доломит, кальцит, пироксен, амфибол, нефелин, апатит, монацит, флюорит, циркон, ториацит, лопарит, паризит, эвдиалит, лепидомелан, а также Cu, Zn и сульфиды свинца. Кора выветривания представлена гидрослюдистым и ферригаллуазитовым типами. Основными минералами P3Э являются бастнезит, стаффелит, рабдофанит и мелантерит с ассоциированными пиролозитом и лимонитом. Месторождения имеют сложный состав и содержат P3Э и Nb наряду с Li и Zr. Примерами этого типа месторождений являются Кийское и Томтор, Россия.

## **7.2 Россыпи**

***Россыпь и палеороссыпь Au***

*(Хван и Чой, 1961; Йенд, 1986)*

Россыпные и палеороссыпные месторождения состоят из зерен золота и редких самородков в гравии, песке, иле и глине, а также их консолидированных эквивалентов в аллювиальных, пляжных, эоловых и редко ледниковых отложениях. Основные минералы — золото, иногда с примесью кварца, магнетита или ильменита; также могут встречаться редкие минералы ЭПГ. Среда рудоформирования состояла из высокоэнергетических



аллювиальных бассейнов, где уклоны выравниваются, а скорость рек уменьшается, как, например, внутри меандров, ниже порогов и водопадов, под валунами и в прибрежных районах, где веяние прибоя концентрирует золото на современных или в приподнятых или затопленных пляжах; многочисленные крупные россыпные районы встречаются в России, Монголии и Китае.

***Алмазная россыпь***

*(Орлов, 1973; Лампиетти и Сазерленд, 1978; Кокс, 1986)*

Россыпные месторождения состоят из алмазов в аллювиальных и пляжных осадочных отложениях, а также в песчаниках и конгломератах. В пластах конгломератов могут присутствовать палеороссыпи. Возраст отложений обычно варьируется от третичного до четвертичного, а тектоническая обстановка обычно представляет собой стабильные кратоны. Попутным типом является алмазоносный кимберлит. Основными полезными компонентами являются алмаз (борт или карбонадо) и баллас. Алмазы, полученные из древних россыпей в осадочных породах, обычно содержат песчинки, сцементированные с канавками или углублениями в кристаллах. Обстановка рудоотложения состояла из концентраций в низкоэнергетических частях водотоковых систем с другими тяжелыми минералами. Алмазы обычно уменьшаются в размерах и улучшаются в качестве по мере удаления от источника. Пример месторождения этого типа - Хуансондианчжи, город Хуньчунь, провинция Цзилинь, Китай.

***Россыпь PGE***

*(Yeend and Page, 1986)*

Россыпные месторождения состоят из минералов и сплавов ЭПГ в гравии, песке, иле, глине и их консолидированных эквивалентов в аллювиальных, пляжных, эоловых и, реже, в ледниковых отложениях. В некоторых районах россыпные и палеороссыпные месторождения золота и россыпных месторождений платиноидов встречаются вместе. Основными минералами являются сплавы ЭПГ, сплавы Os-Ir, магнетит, хромит и ильменит. Среда рудоформирования состояла из высокоэнергетических аллювиальных бассейнов, где уклоны выравниваются, а скорость рек уменьшается, как, например, внутри меандров, ниже порогов и водопадов, под валунами и на участках береговой линии, где действие прибоя концентрирует ЭПГ и золото в поднятых, существующих или затопленных пляжах. Пример месторождения этого типа - Кондёр, Россия.

***Россыпь Sn****(Ноклеберг и др., 1997)*

Россыпные месторождения олова состоят в основном из касситерита и элементарного золота в гравии, песке, иле, глине и их консолидированных эквивалентах. Условия осадконакопления были аналогичны условиям россыпных и палероссыпных месторождений золота. Примерами этого типа месторождений являются Верхнегиллой в России и Джанчивлан, Хар Морит, Модот и Зуунтарц в Монголии.

***Россыпь Ti-Zr****(Юн и др., 1959; Force, 1986б; Росляков, Свиридов, 1998)*

Россыпные месторождения Ti-Zr состоят из циркон-ильменитовых россыпей, сконцентрированных в результате морских пляжных процессов и в континентальных поверхностных средах. Вмещающие отложения хорошо отсортированы, мелкий или средний песок с илом. Среда рудоотложения состояла из стабильных прибрежных районов. Морфология отложений состоит из линз и вытянутых «узких» отложений, которые залегают параллельно пляжам, иногда многослойными пачками. Основными минералами являются ильменит с низким содержанием железа, циркон, лейкоксен, анатаз, рутил, ставролит, дистен, турмалин и монацит. Примерами этого типа месторождений являются Коппи-Нельман и Саш-Юлар, Россия.

## 8. ЭКЗОТИЧЕСКИЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ

***Импактные алмазы****(Масаитис и др., 1975, 1998)*

Импактные месторождения алмазов залегают в кольцевой структуре Попигай, Россия, которая описывается как импактная структура в округлой поверхностной депрессии диаметром несколько десятков километров. В котловине залегают сложное разнообразие импактных пород вулканического происхождения с разным содержанием 1) стекла андезито-дацитового состава; 2) горных пород и обломков минералов; 3) взрывных аллогенных брекчий, отложившиеся после удара в пределах или за пределами депрессии; 4) аутигенные брекчии, образовавшиеся на дне кратера, подвергшиеся сильному ударному метаморфизму, плавлению и образованию псевдотахилитов. Импактит также включает массивный лавообразный тагамит и стекловидно-обломочный свевит. Алмаз встречается в графито-гнейсах и тагамитах, подвергшихся ударному метаморфизму. Кристаллы алмаза имеют размеры от 0,05 до 20 мм в диаметре; сопутствующие россыпные месторождения содержат алмазы диаметром от 8 до 10 мм. Наиболее распространенные алмазы желтого цвета; прозрачные, серые или черные кристаллы встречаются редко. Алмазы из гнейса

сохраняют морфологические и структурные черты, унаследованные от кристаллического графита. Обычны таблитчатые кристаллы с характерной исчерченностью базисных плоскостей за счет многократного двойникования, параллельных сростков, неправильных сростков и агрегатов. Для происхождения Попигайской кольцевой структуры преобладает интерпретация удара гигантского метеорита; подтверждающими данными являются многочисленные признаки ударного метаморфизма с частичным плавлением пород, образовавшихся из кристаллических коренных пород раннего докембрия. Пример месторождения этого типа находится в Попиге, Россия.

## ИСТОЧНИК:

Alexander A. Obolenskiy, Sergei M. Rodionov, Sodov Ariunbileg, Gunchin Dejidmaa, Elimir G. Distanov, Dangindorjiin Dorjgotov, Ochir Gerel, Duk Hw an Hwang, Fengyue Sun, Ayurzana Gotovsuren, Sergei N. Letunov, Xujun Li, Warren J. Nokleberg, Masatsugu Ogasawara, Zhan V. Seminsky, Akexander P. Smelov, Vitaly I. Sotnikov, Alexander A. Spiridonov, Lydia V. Zorina and Hongquan Yan. «METALLOGENESIS AND TECTONICS OF NORTHEAST ASIA». U.S. Geological Survey. 2021 г.

## ССЫЛКИ:

- Albers, J.P., 1986, *Descriptive model of podiform Cr*, in Cox, D.P., and Singer, D.A., eds., *Mineral deposit models: U.S. Geological Survey Bulletin 1693*, p. 34.
- Andreev, G.V., Ripp, G.S., Sharakshinov, A.O. and Minin, A.D., 1994, *REE mineralization of alkaline granitoids from western Mongolia: Ulan-Ude, Institute of Geology, Russian Academy of Sciences*, 138 p. (in Russian).
- Andreev, Ju.K., 1962, *Genetic types of alkali-amphibole (blue) asbestos deposits as a basis of prospecting*, in *Distribution Regularities of Mineral Deposits: U.S.S.R. Academy of Sciences, Moscow*, v. 4, p. 258-267 (in Russian)
- Androsoy, D.V. and Ratkin, V.V., 1990, *Pre-folding massive zinc-sulfide ore in the Voznesenka greisen deposit (Primorye): Geologiya Rudnykh Mestorozhdeniy*, no 5, p. 46-58 (in Russian).
- Ariunbileg, Sodov, Biryul'kin, G.V., Byamba, Jamba, Davydov, Y.V., Dejidmaa, Gunchin, Distanov, E.G., Dorjgotov, Gamyamin, G.N., Gerel, Ochir, Fridovskiy, V.Yu., Gotovsuren, Ayurzana, Hwang, Duk Hwan, Kochnev, A.P., Kostin, A.V., Kuzmin, M.I., Letunov, S.A., Li, Jiliang, Li, Xujun, Malceva, G.D., Melnikov, V.D., Nikitin, V.M., Obolenskiy, A.A., Ogasawara, Masatsugu, Orolmaa, Demberel, Parfenov, L. M., Popov, N.V., Prokopiev, A.V., Ratkin, V.V., Rodionov, S.M., Seminskiy, Z.V., Shpikerman, V.I., Smelov, A.P., Sotnikov, V.I., Spiridonov, A.V., Stogniy, V.V., Sudo, Sadahisa, Sun, Fengyue, Sun, Jiapeng, Sun, Weizhi, Supletsov, V.M., Timofeev, V.F., Tyan, O.A., Vetluzhskikh, V.G., Xi, Aihua, Yakovlev, Y.V., Yan, Hongquan, Zhizhin, V.I., Zinchuk, N.N., and Zorina, L.M., 2003, *Significant metalliferous and selected non-metalliferous lode deposits, and selected placer districts of Northeast Asia: U.S. Geological Survey Open-File Report 03-220 [CD-ROM]*.
- Arkhangelskaya, V.V., 1963, *Lead-zinc deposits of Klichkinsky ore region, Eastern Transbaikalia*, in Volfson, F.I., ed., *Problems of Geology and Genesis of Lead-Zinc Deposits: U.S.S.R. Academy of Sciences, Institute of Geology of Ore Deposits, Moscow, Proceedings*, no. 83, p. 94-140 (in Russian).
- Arkhangelskaya, V.V., 1964, *Synnyrskiy massif of alkaline rocks and associated apatites: U.S.S.R. Academy of Sciences, Transactions*, v.158, no. 3, p. 625-628 (in Russian).
- Arhipov, Yu.V., ed., 1979, *Geology of the USSR, v. XVIII, Yakutia, Minerals: Moscow, Nedra*, 411 p. (in Russian).
- Babkin, P.V., 1975, *Mercury provinces of the U.S.S.R. Northeast: Nauka, Novosibirsk*, 168 p. (in Russian).
- Bagby, W.C., 1986, *Descriptive model of volcanogenic U*, in Cox, D.P., and Singer, D.A., eds., *Mineral Deposit Models: U.S. Geological Survey Bulletin 1693*, p. 162.
- Bagdasarov, Yu.A., Pototsky, Yu.P., and Zinkova, O.N., 1990, *Baddeleyite-bearing beds among old carbonate sequences — a possible new genetic type of zirconium deposits: U.S.S.R. Academy of Sciences Transactions*, v. 315, p. 630-673 (in Russian).
- Bai, Ge, Yuan, Zhongxin, Wu, Chengyu, and others, 1996, *Demonstration on the geological features and genesis of the Bayan Obo ore deposit: Beijing, Geological Publishing House*, p. 104 (in Chinese).
- Bakharev, A.G., Gamyamin, G.N., Goryachev, N.A., and Polovinkin, V.L., 1988, *Magmatic and ore formations of Ulukhan-Tas ridge, Northeast Yakutiya: U.S.S.R. Academy of Sciences, Yakutsk*, 199 p. (in Russian).
- Bakhteev, R.Kh., and Chijova, I.A., 1984, *Iron-ore formations of Mongolia and regularities of spatial distribution, in Endogenic Ore-Bearing Formations of Mongolia: Moscow, Joint Soviet-Mongolian Scientific-Research Geological Expedition, Transactions*, v. 38. p. 115-123 (in Russian).
- Baskina, V.A. and Volchanskaya, I.K., 1976, *A new type of rare earth mineralization in south Mongolia associated with alkaline volcanics: U.S.S.R. Academy of Sciences, Transactions*, v. 228, no. 3, p. 670-672 (in Russian).
- Batjargal, Sh., Lkhamsuren, J., and Dorjgotov, D., 1997, *Lead-zinc ore deposits in Mongolia: Mongolian Geoscientist, Special Issue no. 2*, p. 2-15.
- Berger, B.R., 1986a, *Descriptive model of epithermal quartz-alunite Au*, in Cox, D.P., and Singer, D.A., eds., *Mineral deposit models: U.S. Geological Survey Bulletin 1693*, p. 158.
- Berger, B.R., 1986b, *Descriptive model of Homestake type Au deposits*, in Cox, D.P., and Singer, D.A., eds., *Mineral Deposit Models: U.S. Geological Survey Bulletin 1693*, p. 239.
- Berger, B.R., 1986c, *Descriptive model of low-sulfide Au quartz veins*, in Cox, D.P., and Singer, D.A., eds., *Mineral deposit models: U.S. Geological Survey Bulletin 1693*, p. 239.
- Berger, V.I., 1978, *Antimony deposits (regularities of distribution and criteria for prediction): Leningrad, Nedra*, 296 p (in Russian).
- Berger, V.I., 1993, *Descriptive model of gold-antimony deposits: U.S. Geological Survey Open-File Report 93-194*, 24 p.
- Beus, A.A., 1960, *Geochemistry of beryllium and genetic types of beryllium ore deposits: U.S.S.R. Academy of Sciences, Moscow*, 329 p. (in Russian).
- Borisenko, A.S., Bortnikov, N.S., and Pavlova, G.G., 1986, *Bismuth-containing minerals in siderite-sulphosalt veins of Justid depression: Geology and Geophysics*, v. 27, no. 10, p. 70-77 (in Russian).
- Borisenko, A.S., Lebedev, V.I., and Tulkin, V.G., 1984, *Composition and origin of hydrothermal cobalt: Nauka, Novosibirsk*, 172 p. (in Russian).
- Borisenko, A.S., Pavlova, G.G., and Obolenskiy, A.A., 1992, *Silver-antimony ore formation, v. 1: Nauka, Novosibirsk*, 189 p. (in Russian).
- Borodaevskaja, M.B., Volodin, R.N., Krivtsov, A.J., Lichachev, A.P., Samoilov, J.Z., 1985, *Prospecting of copper deposits: Nedra, Moscow*, 219 p. (in Russian).
- Borovkov, V.K., and Gaivoronsky, B.A., 1995, *Barun-Shiveinsky deposit in Deposits of Transbaikalia: GeoInformMark, Chita-Moscow*, v. 1, book 1: p. 142-145 (in Russian).
- Briskey, J.A., 1986a, *Descriptive model of sedimentary exhalitive Zn-Pb*, in Cox, D.P., and Singer, D.A., eds., *Mineral Deposit Models: U.S. Geological Survey Bulletin 1693*, p. 211.
- Briskey, J.A., 1986b, *Descriptive model of southeast Missouri Pb-Zn*, in Cox, D.P., and Singer, D.A., eds., *Mineral Deposit Models: U.S. Geological Survey Bulletin 1693*, p. 220.
- Bulnaev, K.B., 1976, *Fluorite deposits of Western Transbaikalia: Nauka, Novosibirsk*, 128 p. (in Russian).
- Bulnaev, K.B., 1995, *Egitinsky deposit, in Laverov N.P., ed., Deposits of Transbaikalia: GeoInformMark, Chita-Moscow*, v.1, no. 2, p. 204-210 (in Russian).
- Bulnaev, K.B., 1995, *Naransky deposit, in Deposits of Transbaikalia: GeoInformMark, Chita-Moscow*, v. 1, book 2, p. 197-203 (in Russian).
- Buryak V.A., 1975, *Metamorphic-hydrothermal type of economic gold mineralization, Novosibirsk: Nauka*, p. 144 (in Russian).
- Buryak, V.A., 1982, *Metamorphism and ore-formation: Nedra, Moscow*, 256 p. (in Russian).

- Bushuev, V.P., 1985, *Morphological convergence in geology and interpretation of genesis of pyrite deposits*, in Andreev, G.V., ed., *Problems of Metasomatism and Ore-Formation in Transbaikalia*: Novosibirsk, Nauka, p.59-65 (in Russian).
- Cannon, W.F., 1986, *Descriptive model of Superior Fe*, in Cox, D.P., and Singer, D.A., eds., *Mineral Deposit Models: U.S. Geological Survey Bulletin 1693*, p. 228.
- Cao, Ronglong, 1994, *A unique mantle fluid metasomatic REE ore deposit in the World—the Bayan Obo deposit, Inner Mongolian, China*: Abstracts, 9th IAGOD Symposium, Beijing, v. 2, p. 446-447.
- Chao, E.C.T., Back, J.M., and Minkin, J.A., 1992, *Host rock controlled epigenetic hydrothermal metasomatic origin of the Bayan Obo REE-Fe-Nb ore deposit, Inner Mongolia, People's Republic of China: Applied Geochemistry*, v. 7, p. 48.
- Chechetkin, V.S., Volodin, R.N., Narkeljun, L.F., and others, 1995, *Udakan deposit of cupriferous sandstones*, in Laverov, N.P., ed., *Deposits of Transbaikalia: GeoInformMark, Chita-Moscow*, v. 1, no. 1, p. 10-19 (in Russian).
- Cheng, Xianpei, Gao, Jiyuan, and Cao, Junchen, 1994, *Barite and fluorite deposits of China*, in Editorial Committee, *Mineral Deposits of China: Geological Publishing House, Beijing*, v. 3, p. 327-330 (in Chinese).
- Cherezov, A.M., Shirokih, I.N., and Vaskov, A.S., 1992, *Structure and zonation of lode hydrothermal deposits in the tensional zones*: Nauka, Novosibirsk, 103 p. (in Russian).
- Chesnokov, V.N., 1975, *Conditions of pegmatite formation in the Mama muscovite region*, in *Muscovite Pegmatites of the USSR: Russian Academy of Sciences, Leningrad*, p. 182-191 (in Russian).
- Cho, K.B., Brewer, L.J., and Russel, B.E., 1970, *Hanbook of asbestos mines*, in *Ore Deposits of Korea*, v. 3: Korea Mining Promotion Corporation (KMPC), 277 p.
- Choi, C.I., and Kim, K.B., 1963, *Drilling report on investigation of Kumma-chon placer: Geological Survey of Korea Bulletin no. 6*, p. 121-154 (in Korean).
- Cox D.P., 1986a, *Descriptive model of Algoma Fe deposits*, in Cox, D.P., and Singer, D.A., eds., *Mineral Deposit Models: U.S. Geological Survey Bulletin 1693*, p. 191.
- Cox, D.P. and Singer, D.A., eds., 1986, *Mineral deposit models: U.S. Geological Survey Bulletin 1693*, 379 p.
- Cox, D.P., 1986b, *Descriptive model of basaltic Cu*, in Cox, D.P., and Singer, D.A., eds., *Mineral deposit models: U.S. Geological Survey Bulletin 1693*, p. 130.
- Cox, D.P., 1986c, *Descriptive model of Besshi massive sulfide*, in Cox, D.P., and Singer, D.A., eds., *Mineral deposit models: U.S. Geological Survey Bulletin 1693*, p. 136.
- Cox, D.P., 1986d, *Descriptive model of Fe skarn deposits*, in Cox, D.P., and Singer, D.A., eds., *Mineral deposit models: U.S. Geological Survey Bulletin 1693*, p. 94.
- Cox, D.P., 1986e, *Descriptive model of polymetallic veins*, in Cox, D.P., and Singer, D.A., eds., *Mineral deposit models: U.S. Geological Survey Bulletin 1693*, p. 125.
- Cox, D.P., 1986f, *Descriptive model of diamond placers*, in Cox, D.P., and Singer, D.A., eds., *Mineral deposit models: U.S. Geological Survey Bulletin 1693*, p. 274.
- Cox, D.P., 1986g, *Descriptive model of porphyry Cu-Au*, in Cox, D.P., and Singer, D.A., eds., *Mineral deposit models: U.S. Geological Survey Bulletin 1693*, p. 110.
- Cox, D.P., 1986h, *Descriptive model of porphyry Cu-Mo*, in Cox, D.P., and Singer, D.A., eds., *Mineral deposit models: U.S. Geological Survey Bulletin 1693*, p. 115.
- Cox, D.P., 1986i, *Descriptive model of sediment-hosted Cu*, in Cox, D.P., and Singer, D.A., eds., *Mineral deposit models: U.S. Geological Survey Bulletin 1693*, p. 205.
- Cox, D.P., 1986j, *Descriptive model of W skarn deposits*, in Cox, D.P., and Singer, D.A., eds., *Mineral deposit models: U.S. Geological Survey Bulletin 1693*, p. 55.
- Cox, D.P., 1986k, *Descriptive model of Zn-Pb skarn deposits*, in Cox, D.P., and Singer, D.A., eds., *Mineral deposit models: U.S. Geological Survey Bulletin 1693*, p. 90.
- Cox, D.P., and Bagby, W.C., 1986, *Descriptive model of W veins*, in Cox, D.P., and Singer, D.A., eds., *Mineral deposit models: U.S. Geological Survey Bulletin 1693*, p. 64.
- Cox, D.P., and Theodore, T.G., 1986, *Descriptive model of Cu skarn deposits*, in Cox, D.P., and Singer, D.A., eds., *Mineral deposit models: U.S. Geological Survey Bulletin 1693*, p. 86.
- Dejidmaa, G., 1996, *Gold metallogeny of Mongolia: Mongolian Geoscientist, Project Report of Institute of Geology and Mineral Resources*, no. 1, p. 6-29.
- Distanov, E.G., 1977, *Pyrite-polymetallic deposits of Siberia: Nauka, Novosibirsk*, 351 p. (in Russian).
- Distanov, E.G., Kovalev, K.P., and Tarasova, R.S., 1982a, *Kholodinskiy pyrite-polymetallic deposit in Precambrian of Pribaikalia: Nauka, Novosibirsk*, 208 p. (in Russian).
- Distanov, E.G., Kovalev, K.R., and Tarasova, R.S., 1982b, *Kholodninskoje pyrite-polymetallic deposit in Precambrian rocks of Transbaikal: Nauka, Novosibirsk*, 208 p. (in Russian).
- Distanov, E.G., Obolensky, A.A., Kochetkova, K.V., and Borisenko, A.S., 1977, *Uderey antimony deposit in Enisey Kryazh. Transaction of Institute of Geology and Geophysycs*, V.364, Novosibirsk, p. 5-32 (in Russian)
- Distanov, E.G., Stebleva, A.T., Obolenskiy, A.A., and Borisenko, A.S., 1975, *Genesis of Uderei gold-antimony deposit in Enisei Ridge: Geology and Geophysics*, no. 8, p. 19-27 (in Russian).
- Dorjgotov, D., Murao, S., Nakajima, T., and Batjargal, SH., 1997, *Genetic types of Mesozoic lead-zinc deposits in the Dornod metallogenic zone of Mongolia: Mongolian Geoscientist, Special Issue no. 2*, p. 15-22.
- Dyuzhikov, O.A., Distler, V.V., Strunin, V.I., and others, 1988, *Geology and ore mineralization of Norilsk region: Nauka, Moscow*, 279 p. (in Russian)
- Eckstrand, O.R., 1984, *Canadian mineral-deposit models—A geological synopsis: Geological Survey of Canada, Economic Geology Report 36*, 86 p.
- Entin, A.R., Zaitsev, A.I., Lazebnik, K.A., Nenashev, N.I., Marshintsev, V.K., and Tyan, O.A., 1991, *Carbonatites of Yakutia (composition and mineralogy): Institute of Geology, U.S.S.R. Academy of Sciences, Yakutsk*, 240 p. (in Russian).
- Epstein, E.M., 1994, *Geological-petrological model and genetical peculiarities of ore-bearing carbonatite complexes: Nedra, Moscow*, 256 p. (in Russian).
- Eremín, N.I., 1991, *Non-metallic mineral resources: Moscow University Press*, 284 p. (in Russian).
- Evastrakhin, V.A., 1988, *Porphyry deposits - genetic and commercial types: Soviet Geology*, no. 3, p. 9-18 (in Russian).
- Firsov, L.V., 1985, *Gold-quartz formations of Yana-Kolymsk belt: Nauka, Novosibirsk*, 216 p. (in Russian).
- Fogelman, N.A., 1964, *Explosive-injectional gold-bearing breccias of the Ilinsky deposit in Transbaikalia: Bulletin of Society of Researchers of Nature, Geological Survey, Moscow*, v. 34, p. 90-100 (in Russian).
- Fogelman, N.A., 1965, *New data for connection of near-surface gold deposits of Transbaikal associated with Lower Cretaceous volcanism, in Presence of Ore in Volcanogenic Formations: Nedra, Moscow*, p. 171-180, (in Russian).
- Force, E.R., 1986a, *Descriptive model of anorthositic Ti*, in Cox, D.P., and Singer, D.A., eds., *Mineral Deposit Models: U.S. Geological Survey Bulletin 1693*, p. 32-33.

- Force, E.R., 1986b, *Descriptive model of shoreline placer Ti*, in Cox, D.P., and Singer, D.A., eds., *Mineral Deposit Models: U.S. Geological Survey Bulletin 1693*, p. 270.
- Fredericksen, R.S., 1998, *Geology of Kuranakh deposit ore field, Russia: Alaska Miners Association 1998 Annual Convention Abstracts, Anchorage*, p. 60-62.
- Fredericksen, R.S., Rodionov, S.M., and Berdnikov, N.V., 1999, *Geological structure and fluid inclusion study of the Kuranakh epithermal gold deposit (Aldan shield, eastern Russia): International Symposium on Epithermal (Low-Temperature) Mineralization, 1999, Guiyang, China*, p. 187-188.
- Gal'chenko, V.I., Ginzburg, A.I., and Zabolotnaya, N.P., 1967, *Genetic features of fluorite-phenakite-bertrandite deposits: Materials from Geology Conference Devoted to 50th anniversary of USSR and 10th Anniversary of Buryat Geological Survey, Ulan-Ude*, p. 205-208 (in Russian).
- Gamyaniin, G.N., and Goryachev, N.A., 1990, *Systematics of bismuth mineralization in the northeastern U.S.S.R.*, in Pavlov, G.F., Goryachev, N.A. and Palymsky, B.F., eds., *Mineral Assemblages in Northeastern U.S.S.R.: U.S.S.R. Academy of Sciences, Northeastern Interdisciplinary Research Institute, Magadan*, p. 94-99 (in Russian).
- Gamyaniin, G.N., and Goryachev, N.A., 1991, *Gold mineral-magmatic systems of the granitoid range in the northeastern U.S.S.R.*, in Gamyaniin, G.N., Surnin, A.A., Trunilina, V.A., and Yakovlev, Ya.B., eds., *Ore magmatic systems of the eastern U.S.S.R.: U.S.S.R. Academy of Sciences, Siberian Branch, Institute of Geology, Yakutsk*, p. 37-48 (in Russian).
- Ganbaatar, T., 1999, *Gypsum deposits in Mongolia: Mongolian Geoscientist*, no. 3, p. 40-52 (in Mongolian).
- Gaskov, I.V., Distanov, E.G., Mironova, N.Yu., and Chekalin, V.M., 1991, *Pyrite-polymetallic deposits of Late Devonian of northwest Rudny Altai: Novosibirsk, Nauka*, 120 p. (in Russian).
- Gavrilova, S.P., Maximyk, I.E., and Orolmaa, D., 1989, *Erdenetiin Ovoo copper-molybdenium porphyritic deposit: Institute of Mineralogy and Geochemistry of Rare Elements, Russian Academy of Sciences, Moscow*, 40 p. (in Russian).
- Ginzburg, A.I., Zabolotnaya, N.P., and Getmanskaya, T.I., 1974, *Zonation of hydrothermal beryl deposits // Zonation of hydrothermal ore deposits*, v. 1., Moscow, Nedra, p. 239-266 (in Russian).
- Gongalsky, B.I., and Sergeev, A.D., 1995, *Khapcheranga tin ore deposit, in Metallogeny of Transbaikal*, v. 1, book 1, GeoInformMark, Chita-Moscow: p. 101-105 (in Russian).
- Gorelov, G.F., Guzman, A.G., and Kalugin, I.A., 1984, *Chara-Tokko siliceous-iron ore formation: Nauka, Novosibirsk*, 160 p. (in Russian).
- Gorzhevskiy, D.I., Fogelman, N.A., and Alektorova, E.A., 1970, *Geology and location regularities of endogenous ore deposits in Transbaikal: Nedra, Moscow*, 232 p. (in Russian).
- Gottardi, G., Galli, E., 1985, *Natural zeolites: Springer, New York*, 409 p.
- Govorov, I.N., 1977, *Geochemistry of Primorye ore districts: Nauka, Moscow*, 251 p. (in Russian).
- Grechishchev, O.K., Obolenskiy, A.A., Borisenko, A.S., and Shcherbakov, Yu.G., 1997, *Problems of formation of the Ulug-Tanzez rare-metal deposit, Tuva: Mineral Deposits, Balkema, Rotterdam*, p. 629-632.
- Hedenquist, J.W., Izawa, Eiji, Arribas, A., Jr., and White, N.C., 1996, *Epithermal gold deposits: styles, characteristics, and exploration: Resource Geology Special Publication*, v. 1, 16 p.
- Hwang, D.H., and Reedman, A.J., 1975, *Report on the Samhan Janggun mine: Geological and Mineral Institute of Korea, Report on Geological and Mineral Exploration, part I*, v. 3, p. 187-216.
- Hwang, D.H., 1997, *Metallogeny, geochemistry and mineral exploration of Wondong mine area, Taebaegsan mineralized province, Korea: Kyungpook National University*, p. 1-17.
- Hwang, D.H., Kim, M.S., Oh, M.S., and Park, N.Y., 1989, *A Study on Geology, Metallic Mineral Deposits of the Masan-Youngsan Regionally Mineralized Area: Korea Institute of Energy and Resources. KR-89-2A-1*, p. 5-93.
- Hwang, I. C., 1963, *Report on the Iron Mine: Geological Survey of Korea. Bulletin no. 6*, p. 25-54 (in Korean).
- Hwang, I.C., and Choi, C.I., 1961, *A Report on the Investigation of the Sungnam Placer Deposit (Volume 2): Geological Survey of Korea. Bulletin No. 4*, p. 78-115.
- Hwang, I.C., and Kim, S.Y., 1963, *Report on the Sejom Mine: Geological Survey of Korea. Bulletin No. 6*, p. 73-88.
- Hwang, I.J., and Kim, K.W., 1962, *Report on the Mulkum Iron Mine: Geological Survey of Korea. Bulletin no. 5*, p. 3-42 (in Korean).
- Ibaraki, K., and Suzuki, R., 1993, *Gold-silver-quartz-adularia veins of the Main, Yamada, and Sanjin deposits, Hishikari gold mine; a comparative study of their geology and ore deposits // Resources Geology Special Issue*, v. 14, 1-11.
- Ignatovich, V.I., 1961, *Structure of the Dzhiba ore field, in Materials on Geology and Useful Minerals of Buriatia: Buryatian Geological Survey, Ulan-Ude*, no. 7, p. 3-22 (in Russian).
- Indolev, L.N., Zhdanov, Y.J., and Supletsov, V.M., 1980, *Antimony mineralization of Verhojano-Kolymsk province: Nauka, Novosibirsk*, 232 p. (in Russian).
- Ischukova, L.P. 1995, *Streletsov ore field, in Deposits of Transbaikal. Chita-Moscow*, v.1, book 2, p. 130-156 (in Russian).
- Ivanova, A.A., 1974, *Fluorite deposits of Eastern Transbaikal: Nedra, Moscow*, 208 p. (in Russian).
- Jakovlev, G.F., ed., 1978, *Volcanogenic pyrite-polymetallic deposits: Moscow University*, 278 p. (in Russian).
- Jargalsaihan, D., Kaziner, M., Baras, Z., and Sanjaadorj, D., 1996, *Guide to the mineral resources of Mongolia: Geological Exploration, Consulting and Services Co. Ltd., Ulaanbaatar*, 329 p.
- Jeong, J.G., Kim, W.S., Kim, S.Y., and So, J.R., 1998, *53rd Scientific Communique and Regular General Meeting of the Geological Society of Korea, Special Abstracts Issue*, p. 30 (in Korean).
- Jiang Jisheng, 1994, *Sillimanite Deposit in Khondalite series of China*, in Zhang, Yixia, and Liu, Liandeng, eds., *Precambrian Ore Deposits and Tectonics in China: IGCP Project 247 (China Working Group): Seismological Press, Beijing*, p. 202-212 (in Chinese).
- Jiang, Chunchao, Deng, Jinping, Wang, Peijun, and others, 1994, *Boron deposits of China*, in *Committee of Mineral Deposits of China: Geological Publishing House, Beijing*, v. 3 of 3, p. 60-107 (in Chinese).
- Kaneda, H., Shoji, T., and Imai, H., 1978, *Kamaishi Mine, Iwate Prefecture*, in Imai, H., ed., *Geological Studies on the Mineral Deposits in Japan and East Asia: University of Tokyo Press, Tokyo*, p. 183-190.
- Kazakevich Yu.P., and Sher S.D. 1972, *Lenskiy gold-bearing region, in TSNIGRI Proceedings*, v. 1-2, issue 88: Nedra, Moscow, 152 p. (in Russian).
- Kazarinov, A.I., 1967, *Displacement features of the main types of gold mineralization in Aldan Region, in Geology and Exploration Methods of Some Gold-Bearing Provinces and Gold Deposits, Nedra, Moscow*, p. 5-30 (in Russian).
- Kempe, U., Wolf, D., Leeder, O., and Dandar, S., 1994, *Metasomatic genesis of Zr-Nb-REE mineralization of the von Tsachir and Chaldzan Buregtei area (Mongolian Altai): Problems of Altai Geology*, no. 2, Ulaanbaatar, p. 23-24.
- Khar'kiv, A.D., Zinchuk, N.N., and Zuev, V.M., 1997, *The history of diamonds: Nedra, Moscow*, 601 p. (in Russian).
- Khasin, R.A., and Suprunov, E.A., 1977, *Geology of the Mongolian Peoples' Republic*, v. 3: *Mineral Resources: Nedra, Moscow*, p. 403-426 (in Russian).
- Kievlenko, E.J., 1974, *Geology and valuation of island-spar deposits: Nedra, Moscow*, 158 p. (in Russian).
- Kim, J.T., and Shin, J.B., 1966, *Investigation Report on the Wangpiri cassiterite mine: Geological Survey of Korea Bulletin no. 9*, p. 115-133 (in Korean).
- Kim, K.B., 1972, *Talc deposits of South Korea: Geological Survey of Korea Bulletin no. 14*, p. 5-121 (in Korean).

- Kim, K.W., and Kim, Y.Y., 1962, *Report on the Susan limonite and manganese deposits: Geological Survey of Korea Bulletin no. 5*, p. 43-73 (in Korean).
- Kim, O.J., Yoon, S.K., and Park, N.Y., 1959, *Preliminary Report on the Yangyang iron deposit: Geological Survey of Korea Bulletin no. 2*, p. 47-74 (in Korean).
- Kim, S.E., Oh, I.S., and Lee, I.Y., 1965, *Report on Investigation of Yomisan (Shinyemi) zinc deposit: Geological Survey of Korea Bulletin no. 8*, p. 159-204 (in Korean).
- Kim, S.K., and Koh, I.S., 1963, *Geology and ore deposits of the Wolak tungsten mine: Geological Survey of Korea Bulletin no. 6*, p. 89-120 (in Korean).
- Kim, S.Y., and Park, N.Y., 1986, *A study on tin mineralization and diamond drilling exploration, Soonkyong mine: Korea Institute of Energy and Resources, KR-86-10*, p. 185-230 (in Korean).
- Kim, S.Y., Kim, S.E., Lim, M.T., Cho, D.H., Koo, S.B., and Choi, C.H., 1983, *Wondong Mine Pb-Zn-Fe-Mo mineralization in Taebaegsan mineralized zone: Korea Institute of Energy and Resources*, no. 2-12, p. 20-258 (in Korean).
- Kim, W.J., Park, N.Y., Kim, S.E., Oh, I.S., and Lee, I.Y., 1965, *Investigation Report on the Hongchon-Jaun iron ore deposit: Geological Survey of Korea Bulletin no. 8*, p. 41-78 (in Korean).
- Kirkham, R.V., ed., 1993, *Mineral deposit modeling: Geological Association of Canada Special Paper 40*, 770 p.
- Kleiner, Yu.M., Borodyaev, G.Ya., Budkov, L.M., and Mrinov, N.A., 1977, in *Marinov, N.A., Hasin, P.A., and Hurts, Ch., eds., Chemical Raw Materials, Halite: Geology of the Mongolian Peoples' Republic*, v. 3: *Mineral Resources, Nedra, Moscow*, p. 588-589 (in Russian).
- Kleiner, Yu.M., Budkov, L.M., and Konstantinov N.F., 1977, in *Marinov, N.A., Hasin, P.A., and Hurts, Ch., eds., Chemical Raw Materials, Gypsum: Geology of the Mongolian Peoples' Republic*, v. 3: *Mineral Resources, Nedra, Moscow*, p. 633-634 (in Russian).
- Kolonin, G.R., ed., 1992, *Geologic, genetic, and physico-chemical foundation of greisen ore formation's model: Nauka, Novosibirsk*, 319 p. (in Russian).
- Konev, A.A., Vorob'yov, E.I., and Lazebnik, K.A., 1996, *Mineralogy of Murun alkaline massif: Publishing Housing, Institute of Geology, Geophysics, and Mineralogy, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences, Novosibirsk*, 200 p. (in Russian).
- Konovalev, I.V., 1985, *Formational conditions of gold metamorphic-hydrothermal mineralization: Nauka, Novosibirsk*, 97 p. (in Russian).
- Kormilitsyn, V.S., Ivanova, A.A., 1968, *Shirokinskoe ore field and metallogeny of the Eastern Transbaikalia: Nedra, Moscow*, 176 p. (in Russian).
- Kormilitsyn, V.S., and Ivanova, A.A., 1968, *Shirokinsky ore field and Metallogeny of Trans-Baikalia: Nedra, Moscow*, 176 p. Sanin, B.P., and Zorina, L.D., 1980, *Formations of lead-zinc deposits of eastern Transbaikalia: Nauka, Moscow*, p. 185 (in Russian).
- Korostylov V.I., 1982, *The geology and tectonics of the southern Verkhoian area: Nauka, Novosibirsk*, 217 p. (in Russian).
- Koski, R.A., 1986, *Descriptive model of volcanogenic Mn*, in *Cox, D.P., and Singer, D.A., eds., Mineral Deposit Models: U.S. Geological Survey Bulletin 1693*, p. 139.
- Kosygin, Yu.A., and Kulish, E.A., eds, 1984, *Main types of ore formations, in Terminological Hand-Book: Nauka, Moscow*, 316 p. (in Russian).
- Kosygin, Yu.A., and Prikhod'ko, V.S., eds., 1994, *Geology, petrology, and ore-bearing capacity of Kondyor massif: Nauka, Moscow*, 170 p. (in Russian).
- Kovalenko, V.I., and Koval, P.V., 1984, *Endogenous rare-earth and rare-metal ore formations of Mongolia, in Endogenous Ore Formations of Mongolia: Nauka, Moscow*, p. 50-75 (in Russian).
- Kovalenko, V.I., and Kovalenko, N.V., 1986, *Ongonites: Nauka, Moscow*, 127 p. (in Russian).
- Kovalenko, V.I., and Yarmolyuk, V.V., 1995, *Endogenous REE ore formations and REE metallogeny of Mongolia: Economic Geology*, v. 90, p. 520-529.
- Kovalenko, V.I., Goreglyad, A.V., and Tsareva, G.M., 1985, *Khalzan-Buregtei massif: New occurrence of REE alkaline granitoids in Mongolia: U.S.S.R. Academy of Sciences Transactions*, v. 280, no. 4, p. 954-959 (in Russian).
- Kovalenko, V.I., Koval, P.V., Yakimov, V.M., and Sherchan, O., 1986, *Metallogeny of the Mongolian People's Republic - tungsten, tin, rare and rare-earth elements: U.S.S.R. Academy of Sciences, Siberian Branch*, 52 p. (in Russian).
- Kovalenko, V.I., Kuzmin, M.I., Zonenshain, L.P. and others, 1971, *REE granitoids of Mongolia - petrology, trace element distribution and genesis: Nauka, Moscow*, 196 p. (in Russian).
- Krutov, G.A., 1978, *Cobalt deposits, in Smirnov, V.I., Mineral Deposits of U.S.S.R.*, v. 2: *Nedra, Moscow*, p. 77-168 (in Russian).
- Kutyrev, E.I., 1984, *Geology and prediction of conformable copper, lead and zinc deposits, Nedra, Leningrad*, 248 p. (in Russian).
- Kuznetsov, V.A., Distanov, E.G., Obolenskiy, A.A., Sotnikov, V.I., and Tichinskiy, A.A., 1966, *Basis of formational analysis of endogenous metallogeny of Altai-Sayan region: Nauka, Novosibirsk*, 155 p. (in Russian).
- Kuznetsov, V.A., ed., 1982, *Geology of U.S.S.R.*, v. XIV, *West Siberia, Mineral Resources, Book 1: Nedra, Moscow*, 319 p. (in Russian).
- Kuznetsov, V.V., Ponomarev, V.G., Akimov, V.A., Babkin, E.S., Konkin, V.D., Kuznetsova, T.P., and Saraev, S.V., 1999, *Gorevskoye zinc-lead deposit: Geology of Ore Deposits*, no 5, p. 3-18 (in Russian).
- Kuznetsov, V.A., 1974, *Mercury deposits, in Ore deposits of the U.S.S.R.: Nedra, Moscow*, v. 2, p. 274-318 (in Russian).
- Lampietti, F.M.J., and Sutherland, D.G., 1978, *Prospecting for diamonds, some current aspects: Mining Magazine*, v. 132, p. 117-123.
- Lapin, A.V., 1996, *Classification and prediction of ore deposits in weathering crust of carbonatites: Geology of Ore Deposits*, v. 38, no. 2, p. 172-186 (in Russian).
- Lebedev, V.I., 1986, *Cobalt ore formations of South Siberia, in V.I. Smirnov, ed., Endogenous Ore Formations of Siberia and Ore-Genesis Problems: Nauka, Novosibirsk*, p. 76-83 (in Russian).
- Lee, C.H., 1959, *Report on the Investigation of Soonkyong cassiterite deposits: Geological Survey of Korea Bulletin no. 2*, p. 75-90 (in Korean).
- Lee, C.H., 1960, *Report on the Oryu-dong crystalline graphite mine: Geological Survey of Korea Bulletin no. 3*, p. 66-77 (in Korean).
- Lee, C.H., 1962, *Report on the graphite deposits in Koksung, Cholla-namdo: Geological Survey of Korea Bulletin no. 5*, p. 92-105 (in Korean).
- Lee, J.H., and Kim, J.H., 1966, *Native copper in basalt, Yongyang area: Geological Survey of Korea Bulletin no. 9*, p. 5-30 (in Korean).
- Lee, J.H., Park, N.Y., and Oh, I.S., 1965, *Report on the Soyonyong-do titaniferous magnetite deposits: Geological Survey of Korea Bulletin no. 8*, p. 5-40 (in Korean).
- Lee, J.K., and Yoon, Y.D., 1970, *Preliminary Drilling Report on the gold placer of Asan Bay: Geological Survey of Korea Bulletin no. 12*, p. 133-145 (in Korean).
- Li, Xujun, and Zhu, Guolin, 1992, *Superlarge magnesite deposits in Haicheng-Dashiqiao area, Liaoning Province, in Editorial. Committee of Journal of Changchun College of Geology, Collection of 40th Anniversary of Changchun College of Geology, V. Mineral Deposits: Jilin Science and Technology Press, Changchun*, p. 120-127 (in Chinese).
- Li, Yyongdao, 1993, *Baiyan Obo iron deposit, in Yao, Peihui, ed., Iron Deposits in China: Beijing Metallurgic Industry Press*, p. 219-226 (in Chinese).
- Librovich, V.L., 1986, *Phosphorites, in Rundqvist, D.V., ed., Criteria of Predicting Valuation of the Territories for Solid Useful Minerals: Nedra, Leningrad*, p. 667-676 (in Russian).
- Lin, Chuanxian, Liu, Yimao, and Wang, Zhonggang, 1994, *Deposits of rare-earth elements of China, in Committee of Mineral Deposits of China, Mineral Deposits of China: Geological Publishing House, Beijing*, v.2 of 3, p. 267-328 (in Chinese).

- Lisitsin, A.E., 1984, *Boron deposits*, in Pokalov, V.T., ed., *Principles of prognosis and estimation of mineral resource deposits: Nedra*, Moscow, p. 360-377 (in Russian).
- Litvinovsky, B.A., Zavrilevich, A.N., Posokhov, V.F., and others, 1998, *New data on the structure and age of the alkali gabbro-syenite: Geology and Geophysics*, v. 39, no. 6, p. 730-743 (in Russian).
- Lobzova, R.V., 1975, *Graphite and alkali rocks of Botogol massive: Nauka*, Moscow, 124 p. (in Russian).
- Ludington, S.D., 1986, *Descriptive model of Climax Mo deposits*. in Cox, D.P., and Singer, D.A., eds., *Mineral Deposit Models: U.S. Geological Survey Bulletin 1693*, p. 73.
- Lugov, S.F., Makeev, B.V., and Potapova, T.M., 1972, *Regularities of formation and distribution of tin deposits in the U.S.S.R. Northeast: Nedra*, Moscow, 358 p. (in Russian).
- Lurie, A.M., 1988, *Genesis of copper-sandstones and slates: Nauka*, Moscow, 182 p. (in Russian).
- Malich, K.N., 1999, *Platinum-group elements in clinopyroxenite-dunite massifs of Eastern Siberia—geochemistry, mineralogy, and genesis: VSEGEI, Saint Petersburg*, 293 p.
- Malinovskiy, E.P., 1965, *Structural environment of formation of tungsten lode deposits: Moscow, Nauka*, 163 p. (in Russian).
- Marinov, N.A., Khasin, R.A., and Khurts, Ch., eds., 1977, *Geology of Mongolian People's Republic*, v. 3 (Mineral deposits): *Nedra*, Moscow, 703 p. (in Russian).
- Markov, P.I., 1937, *Mica deposits of the Mama pegmatite field: Mica fields, Information Department, Leningrad-Moscow*, p. 370-437 (in Russian).
- Masaitis, V.L., Mashchak, M.S., Raikhlin, A.I., Selivanovskaya, T.V., and Shafranovsky, G.I., 1998, *Diamond-bearing impactites of the Popigay astrobleme: VSEGEI Publishing House, St. Petersburg*, 179 p. (in Russian).
- Masaitis, V.L., Mikhailov, M.V., and Selivanovskaya, T.V., 1975, *Popigay meteorite crater: Nauka*, Moscow, 124 p. (in Russian).
- Mazurov, M.P., 1985, *Genetic models of iron-skarn formations: Nauka*, Novosibirsk, 183 p. (in Russian).
- Mazurov, M.P., and Bondarenko, P.M., 1997, *Structural-genetical model of the ore-forming system of Angara-Ilim deposit type: Geology and Geophysics*, v. 38, no. 10, p. 1584-1593 (in Russian).
- Mikhailov, V.M., and Zeleny, E.N., 1995, *Egitskiy deposit*, in Laverov, N.P., ed., *Deposits of Transbaikalia: GeoInformMark, Chita-Moscow*, v. 1, no. 2, p. 204-210 (in Russian).
- Mironov, A.G., Roschektaev, P.A., Zhmodik, S.M., and others, 1995, *Zun-Kholba gold deposit*, in *Geology of Ore Deposits of Transbaikalia: GeoInformMark, Chita-Moscow*, v. 1, p. 56-66 (in Russian).
- Mironov, Yu.B., Soloviev, N.S., Lyvov, V.K., and Pecherkin, Yu.N., 1989, *Special features of geological structure and presence of ore of Dornot volcano-tectonic structure, eastern Mongolia: Geology and Geophysics*, no. 9, p. 22-32 (in Russian).
- Moon, C.U., 1966, *Report of investigation of Eungok Lead-Zinc Mine: Geological Survey of Korea. Bulletin No. 9*, p. 79-97.
- Moon, K.J., 1991, *Review of skarn ore deposits at the southern limb of the Baegunsan syncline in the Taebaeg basin of South Korea: Journal of Geological Society of Korea*, v. 27, No. 3, p. 271-292.
- Morris, H.T., 1986, *Descriptive model of polymetallic replacement deposits*, in Cox, D.P., and Singer, D.A., eds., *Mineral Deposit Models: U.S. Geological Survey Bulletin 1693*, p. 99.
- Mosier, D.L., 1986a, *Descriptive model of epithermal Mn*, in Cox, D.P., and Singer, D.A., eds., *Mineral Deposit Models: U.S. Geological Survey Bulletin 1693*, p. 165.
- Mosier, D.L., 1986b, *Descriptive model of upwelling type phosphate deposits*, in Cox, D.P., and Singer, D.A., eds., *Mineral Deposit Models: U.S. Geological Survey Bulletin 1693*, p. 234.
- Mosier, D.L., 1986c, *Descriptive model of warm-current type phosphate deposits*, in Cox, D.P., and Singer, D.A., eds., *Mineral Deposit Models: U.S. Geological Survey Bulletin 1693*, p. 237.
- Mosier, D.L., Sato, Takeo, Page, N. J., Singer, D.A., and Berger, B.R., 1986, *Descriptive model of Creede and Comstock epithermal veins*, in Cox, D.P., and Singer, D.A., eds., *Mineral Deposit Models: U.S. Geological Survey Bulletin 1693*, p. 145 and 150.
- Mukaiyama, H., 1970, *Volcanic sulphur deposits in Japan*, in Tatsumi, T., ed., *Volcanism and Ore Genesis: University of Tokyo Press, Tokyo*, p.285-294.
- Murzaev, S.P., 1974, *Petrology of phlogopite magnesian skarns*, Yakutsk: Yakutian Publishing House, 179 p. (in Russian).
- Naito, K., Matsuhisa, Y., Izawa, E., and Takaoka, H., 1993, *Oxygen isotopic zonation of hydrothermally altered rocks in the Hishikari gold deposit, southern Kyushu, Japan; implications for mineral prospecting: Resources Geology Special Issue*, v. 14, 71-84.
- Narkelun, L.F., Bezrodnykh, I.P., Trubachev, A.I., and Salichov, V.S., 1977, *Copper sandstones and slates in southern part of Siberian Platform: Moscow, Nedra*, 223 p. (in Russian)
- Nekrasov, I.Ya., and Korzhinskaya, V.S., 1991, *New genetic type of tungsten-zirconium mineralization: Mineralogy Journal*, v. 13, p. 7-17 (in Russian).
- Nekrasov, I.Ya., and Gamyarin, G.N., 1962, *Mineral assemblages and formation of cobalt deposits in the northeastern Yakutia: Geology of Ore Deposits*, v. 6, p. 54-73 (in Russian).
- Nevskiy, V.A., Ginzburg, A.I., Kozlova, P.S., Ontoev, D.O., Apeltsin, F.R., Kupriyanova, I.I., Kudrin, V.S., and Epshtein, E.M., 1972, *Geology of postmagmatic Thorium-Rare-Earth deposits: Atomizdat Publishing House, Moscow*, 406 p. (in Russian).
- Nittetsu Mining Co., 1981, *Geology and ore deposits of Kamaishi mine and its exploration*, in *Mineral Exploration in Japan: Society of Mining Geologists of Japan*, v. 1, p. 71-112 (in Japanese).
- Naumova, V.V., Miller, R.M., Patuk, M.I., Kapitanchuk, M.U., Nokleberg, W.J., Khanchuk, A.I., Parfenov, L.M., and Rodionov, S.M., 2006, *Geographic information systems (GIS) spatial data compilation of geodynamic, tectonic, metallogenic, mineral deposit, and geophysical maps and associated descriptive data for Northeast Asia: U.S. Geological Survey Open-File Report 2006-1150 [CD-ROM]*.
- Nokleberg, W.J., Badarch, Gombosuren, Berzin, N.A., Diggles, M.F., Hwang, Duk Hwan, Khanchuk, A.I., Miller, R.J. Naumova, V.V., Obolenskiy, A.A., Ogasawara, Masatsugu, Parfenov, L.M., Prokopiev, A.V., Rodionov, S.M., and Hongquan, Yan, eds., 2004, *Digital files for Northeast Asia geodynamics, mineral deposit location, and metallogenic belt maps, stratigraphic columns, descriptions of map units, and descriptions of metallogenic belts: U.S. Geological Survey Open-File Report 2004-1252, [CD-ROM]*.
- Nokleberg, W.J., Bundtzen, T.K., Dawson, K.M., Eremin, R.A., Goryachev, N.A., Koch, R.D. Ratkin, V.V., Rozenblum, I.S., Shpikerman, V.I., Frolov, Y.F., Gorodinsky, M.E., Melnikov, V.D., Diggles, M.F., Ognyanov, N.V., Petrachenko, E.D., Petrachenko, R.I., Pozdeev, A.I., Ross, K.V., Wood, D.H., Grybeck, D., Khanchuk, A.I., Kovbas, L.I., Nekrasov, I.Ya., and Sidorov, A.A., 1997, *Significant metalliferous lode deposits and placer districts for the Russian Far East, Alaska, and the Canadian Cordillera: U.S. Geological Survey Open-File Report 96-513-B, [CD-ROM]*.
- Nosenko, N.A., Ratkin, V.V., Logvenchev, P.I., and Pustov Yu.A., 1990, *Dalnegorsky borosilicate deposit; the product of several skarning processes: U.S.S.R. Academy of Sciences Reports*, v. 312, no. 1, p. 178-182 (in Russian).
- Obolenskii, A.A., Borisenko, A.S., Borovikov, A.A., Pavlova, G.G., Lebedev, V.I., Sherkan, O., and Tsodolob, B., 1989, *Metallogeny of ore-districts in the western Mongolia: Geology and exploration of the territory of Mongolian Peoples Republic (International Science Conference for 50th year jubilee of Geological Survey of Mongolian Peoples' Republic), Ulaanbaatar*, p. 88-89. (in Russian).
- Obolenskiy, A.A., 1985, *Genesis of deposits of mercury ore formation: Nauka, Novosibirsk*, 194 p. (in Russian).
- Obolenskiy, A.A., Rodionov, S.M., Ariunbileg, Sodov, Dejidmaa, Gunchin, Distanov, E.G., Dorjgotov, Dangindorjiin, Gerel, Ochir, Hwang, Duk Hwan, Sun, Fengyue, Gotovsuren, Ayurzana, Letunov, S.N., Li, Xujun, Nokleberg, W.J., Ogasawara, Masatsugu, Seminsky, Z.V., Smelov, A.P., Somikov, V.I., Spiridonov, A.A., Zorina, L.V., and Yan, Hongquan, 2003a, *Mineral deposit models for Northeast Asia*, in Nokleberg, W.J.,



- and 10 others, eds.: *Preliminary Publications Book 2 from Project on Mineral Resources, Metallogenesis, and Tectonics of Northeast Asia: U.S. Geological Survey Open-File Report 03-203*, 44 p. [CD-ROM].
- Obolenskiy, A.A., Rodionov, S.M., Dejidmaa, Gunchin, Gerel, Ochir, Hwang, Duk Hwan, Miller, R.J., Nokleberg, W.J., Ogasawara, Masatsugu, Smelov, A.P., Yan, Hongquan, and Seminskiy, Z.V., with compilations on specific regions by Ariunbileg, Sodov, Biryul'kin, G.B., Byamba, Jamba, Davydov, Y.V., Distanov, E.G., Dorjgotov, Dangindorjiin, Gamyaniin, G.N., Fridovskiy, V.Yu., Goryachev, N.A., Gotovsuren, Ayurzana, Khanchuk, A.I., Kochnev, A.P., Kostin, A.V., Kuzmin, M.I. Letunov, S.A., Li, Jiliang, Li, Xujun, Malceva, G.D., Melnikov, V.D., Nikitin, V.M., Parfenov, L.M., Popov, N.V., Prokopiev, A.V., Ratkin, V.V., Shpikerman, V.I., Sotnikov, V.I., Spiridonov, A.V., Stogniy, V.V., Sudo, Sadahisa, Sun, Fengyue, Sun, Jiapeng, Sun, Weizhi, Supletsov, V.M., Timofeev, V.F., Tyan, O.A., Vetluzhskikh, V.G., Wakta, Koji, Xi, Aihua, Yakovlev, Y.V., Zhizhin, V.L., Zinchuk, N.N., and Zorina, L.M., 2003b, *Preliminary metallogenic belt and mineral deposit location maps for Northeast Asia: U.S. Geological Survey Open-File Report 03-203*, 1 sheet, scale 1:7 500 000, 3 sheets, scale 1:15,000,000, explanatory text, 143 p.
- Obruchev, V.V., 1928, *Various investigations on ore deposit systematics: Journal of Mineralogy, Geology, and Paleontology*, v. A., no. 4, p. 143-146 (in German).
- Oh, I.S., and Hwang, D.H., 1968, *Report on southeastern part of Samchok iron deposits: Geological Survey of Korea. Bulletin no. 10*, p. 93-114 (in Korean).
- Oh, M.S., Lee, J.H., Hwang, D.H., and Sung, K.S., 1995, *Polymetallic mineral prospecting for the deep seated hidden ore body in the northern part of Baegunsan synclinal zone, Taebaegsan mineralized district, Eastern Korea (IV)—The results of drilling in Wondong mine: Korea Institute of Geology, Mining and Materials Report KR-95(C)-9*, p. 3-82 (in Korean).
- Ontoev, D.O. 1974, *Stages of mineralization and zoning of Transbaikalia deposits: Moscow, Nauka*, 242 p. (in Russian).
- Orlov, Y.L., 1973, *The mineralogy of the diamond: New York, John Wiley & Sons*, 235 p.
- Orris, G.J., 1986, *Descriptive model of bedded barite*, in Cox, D.P., and Singer, D.A., eds., *Mineral Deposit Models: U.S. Geological Survey Bulletin 1693*, p. 216.
- Page, N.J., 1986b, *Descriptive model of serpentinite-hosted asbestos*, in Cox, D.P., and Singer, D.A., eds., *Mineral Deposit Models: U.S. Geological Survey Bulletin 1693*, p. 46.
- Page, N.J., 1986c, *Descriptive model of synorogenic-synvolcanic Ni-Cu*, in Cox, D.P., and Singer, D.A., eds., *Mineral Deposit Models: U.S. Geological Survey Bulletin 1693*, p. 28.
- Page, N.J., and Gray, Floyd, 1986, *Descriptive model of Alaskan PGE*, in Cox, D.P., and Singer, D.A., eds., *Mineral Deposit Models: U.S. Geological Survey Bulletin 1693*, p. 49.
- Page, N.J., 1986a, *Descriptive model of Bushveld Fe-Ti-V*, in Cox, D.P., and Singer, D.A., eds., *Mineral Deposit Models, U.S. Geological Survey Bulletin 1693*, Washington, p. 14-15.
- Page, N.J., Foose, M.P., and Lipin, B.R., 1982, *Characteristics of metallic deposits associated with ultramafic and mafic rocks*, in Erickson, R.L., ed., *Characteristics of Mineral Deposit Occurrences: U.S. Geological Survey Open-File Report 82-795*, p. 1-12.
- Pan, Qiju, 1996, *Investigation of metallogenic geological conditions and genesis of Bayan Obo iron-niobium-REE Deposit: Abstracts of 30th International Geological Congress, Beijing v.2*, p. 786.
- Parfenov, L.M., and others, in press, *Northeast Asia geodynamics map: U.S. Geological Survey Map I-*, 2 sheets, scale 1:5 000 000.
- Park, J.K., and Hwang, D.H., 1995, *Magnetite-monzonite-apatite-strontianite-barite mineralizations in Proterozoic carbonate rocks, Hongchon-Jaun area, Kangwon-do, Korea: Korea Institute of Geology, Mining and Materials Report KR-95(C)-10*, p. 3-58 (in Korean).
- Park, N.Y., Hwang, D.H., Kim, M.S., and Kim, C.G., 1987, *A study on geology and metallic mineral deposits of the Dongrae-Yangsan regionally mineralized area: Korea Institute of Energy and Resources Report KR-87-12*, p. 1-108 (in Korean).
- Park, N.Y., Hwang, D.H., Kim, M.S., and Kim, C.G., 1988, *A study on geology, metallic mineral deposits and drilling exploration of the Chungmu-Goseong regionally mineralized area: Korea Institute of Energy and Resource Report KR-88-2A-1*, p. 5-50, 100-119 (in Korean).
- Park, N.Y., Hwang, D.H., Seo, J.R., Kim, S.G., Choi, C.H., Sung, N.H., Kim, S.Y., Jin, M.S., Lee, J.S., Kim, T.K., and Kim, S. T., 1980, *Geology and ore deposits investigation and geophysical-geochemical Exploration of Samdong molybdenum mine area: Korea Research Institute of Geoscience and Mineral Resources Bulletin 13*, p. 7-59. (in Korean).
- Patterson, S.H., 1986, *Descriptive model of karst type bauxite deposits*, in Cox, D.P., and Singer, D.A., eds., *Mineral Deposit Models: U.S. Geological Survey Bulletin 1693*, p. 258.
- Perello, Jose, Cox, Dennis, Garamjav, Dondog, Sanjdrorj, Samand, Diakov, Sergei, Schissel, Donald, Munkhbat, Tumur-Ochir, and Oyun, Gonchig, 2001, *Oyu Tolgoi, Mongolia: Siluro-Devonian porphyry Cu-Au-(Mo) and high-sulfidation Cu mineralization with a Cretaceous chalcocite blanket: Economic Geology*, v. 96, p. 1407-1428.
- Petrov, V.P., and Delicin, I.S., eds, 1986, *Barite: Nedra, Moscow*, 254 p. (in Russian).
- Philippova, I.B., and Vydrin, V.N., 1977, *Black metals: Geology of the Mongolian People's Republic, Transactions, Moscow*, v. 3., p. 90-140 (in Russian).
- Pinus, G.B., Agafonov, L.V., and Lesnov, F.P., 1984, *Alpine-type ultrabasites of Mongolia: Joint Soviet-Mongolian Scientific-Research Geological Expedition, Transactions, Nauka, Novosibirsk*, v. 36, 200 p. (in Russian).
- Podlessky, K.V., Aksuk, D.K., and Vlasova, P.F., 1984, *Mineralized skarns of central and eastern Mongolia: Endogenic Ore-Bearing Formations of Mongolia: Joint Soviet-Mongolian Scientific-Research Geological Expedition, Transactions, Moscow*, v. 38, p. 124-143 (in Russian).
- Podlessky, K.V., Vlasova, D.K., and Kudrya, P.F., 1988, *Skarns and connected ores of Mongolia: Joint Soviet-Mongolian Scientific-Research Geological Expedition, Transactions, Moscow*, v. 45, 149 p. (in Russian).
- Pokalov, V.T., 1992, *Ore-magmatic systems of hydrothermal deposits: Nedra, Moscow*, 288 p. (in Russian).
- Pokalov, V.T., ed., 1984, *Principles of prediction and valuation of mineral deposits: Nedra, Moscow*, 436 p. (in Russian).
- Ponomarev, V.G., 1987, *Stratiform lead-zinc deposits in carbonate rocks in Siberia*, in Smirnov, V.I., *Stratiform Ore Deposits: Nauka, Moscow*, p. 127-134 (in Russian).
- Ponovarev, V.G., Zabirov, Ju.A., 1988, *Prospecting ore indications and criteria of valuation for lead-zinc mineralization of Enisei Ridge: Institute of Geology and Geophysics, U.S.S.R. Academy of Sciences, Novosibirsk*, 141 p. (in Russian).
- Poznaikin, V.V., and Shpilikov, A.L., 1990, *Further potential of the southern part of the Khovsgol phosphate-bearing basin, results of airborne survey: Geology and Mineral Resources of Mongolian Peoples' Republic, Transaction, Moscow*, v. 111, p. 191-196 (in Russian).
- Qiming, Peng, Benzhi, Feng, Jingdong, Liu, and others, 1993, *Geology of the Early Proterozoic boron deposits in eastern Liaoning, northeastern China: Resource Geology Special Issue*, no.15, p. 345-350.
- Ratkin, V., 1995, *Pre- and post-accretionary metallogeny of the southern Russian Far East: Resource Geology, Special Issue No. 18*, p. 127-133.
- Ratkin, V.V., 1991, *On the relationship of skarn borosilicate and polymetallic ores of the Dalnegorsk ore district*, in Shcheka, S.A., ed., *Ore deposits of the Russian Far East: Mineralogical criteria for prediction, prospecting, and estimation: U.S.S.R. Academy of Sciences, Far East Geological Institute, Vladivostok*, 112 p. (in Russian).
- Ratkin, V.V., Khechikov, L.N., and Dmitriev, V.E., 1992, *On the role of colloids and paleohydrothermal cavities for the formation of rhythmically banded ore of the Dalnegorsk borosilicate deposit: U.S.S.R. Academy of Sciences Transactions*, v. 325, p. 1214-1217 (in Russian).
- Ratkin, V.V., Simanenko, L.F., Kuznetsov D.N., and Korol R.V., 1990, *Tin-zinc ores of East Sikhote-Alin volcanic belt: Geology of Ore Deposits*, no.2, p. 68-77 (in Russian).

- Ratkin, V.V. and Watson, B.N., 1993, *Dalnorsk borosilicate deposits: Geology and sources of boron on the basis of isotope data: Pacific Ocean Geology*, no. 6, p. 95-102 (in Russian).
- Reed, B.L., 1986a, *Descriptive model of porphyry Sn*, in Cox, D.P., and Singer, D.A., eds., *Mineral Deposit Models: U.S. Geological Survey Bulletin 1693*, p. 108.
- Reed, B.L., 1986b, *Descriptive model of Sn greisen*, in Cox, D.P., and Singer, D.A., eds., *Mineral Deposit Models: U.S. Geological Survey Bulletin 1693*, p. 70.
- Reed, B.L., 1986c, *Descriptive model of Sn skarn*, in Cox, D.P., and Singer, D.A., eds., *Mineral Deposit Models: U.S. Geological Survey Bulletin 1693*, p. 58.
- Reed, B.L., Duffield, W., Ludington, S.D., Maxwell, C.H., and Richter, D.H., 1986, *Descriptive model of rhyolite-hosted Sn*, in Cox, D.P., and Singer, D.A., eds., *Mineral Deposit Models: U.S. Geological Survey Bulletin 1693*, p. 168.
- Ren, Yingchen, and Zhang, Yingchen, 1994, *Study on heat events of ore-forming Bayan Obo deposit: 9th IAGOD Symposium Abstracts*, Beijing, v. 2, p. 502, (in Chinese).
- Rodionov, S.M., 1990, *Tin porphyry deposits*, in *Review of Geology, Economics, and Methods of Searching, Evaluation, and Exploration: Moscow*, VIEMS Publishing House, Moscow, 45 p. (in Russian).
- Rodionov, S.M., and Khanchuk, A.I., 1997, *Khiskari-type deposits and possibilities of their discovering in the eastern Russia: Pacific Geology*, v. 16, p. 34-45 (in Russian).
- Rodionov, S.M., Dejima, G., Gerel, O., Hwang, D.H., Miller, R.J., Nokleberg, W.J., Ogasawara, M., Smelov, A.P., Yan, H., and Seminskiy, Z.V., 2004, *Descriptions of metallogenic belts, methodology, and definitions for Northeast Asia mineral deposit location and metallogenic belt maps: U.S. Geological Survey Open-File Report 2004-1252 explanatory text*, 442 p. [CD-ROM].
- Rodionov, S.M., Shapenko, V.V., and Rodionova, L.N., 1984, *Structure and genesis of tin-tungsten deposits of central Sikhote-Alin: Geology of Ore Deposits*, no. 1, p. 22-30 (in Russian).
- Romanovich, I.F., ed., 1973, *Talc deposits of U.S.S.R.: Nedra*, Moscow, 224 p. (in Russian).
- Romanovich, I.F., Koplus, A.P., Timofeev, I.N., and others, 1982, *Industrial types of non-metallic deposits of useful minerals: Nauka*, Moscow, 207 p. (in Russian).
- Rosliakov, N.A., and Sviridov, V.G., eds., 1998, *Geological constitution and mineral deposits of Siberia*, v. 2: *Siberian Branch, Russian Academy of Sciences Publishing House, Novosibirsk*, 254 p. (in Russian).
- Rundqvist, D.V., ed., 1986, *Criteria of predicting valuation of the territories for solid useful minerals: Nedra, Leningrad*, 751 p. (in Russian).
- Rytuba, J.J., 1986a, *Descriptive model of hot-spring*, in Cox, D.P., and Singer, D.A., eds., *Mineral Deposit Models: U.S. Geological Survey Bulletin 1693*, p. 178.
- Rytuba, J.J., 1986b, *Descriptive model of silica-carbonate Hg*, in Cox, D.P., and Singer, D.A., eds., *Mineral Deposit Models: U.S. Geological Survey Bulletin 1693*, p. 181.
- Ryazantseva, M.D., 1998, *The Voznesenka ore district*, in Seltmann, R., Gonevchuk, G., and Khanchuk, A., eds., *International Field Conference in Vladivostok, Russia, September 1998: GeoForschungsZentrum Potsdam (GFZ), Potsdam*, p. 9-22.
- Samoilov, V.S., and Kovalenko, V.I., 1983, *Alkaline and carbonatite rock complex of Mongolia: Nauka, Moscow*, 200 p. (in Russian).
- Sang, K.N., and Shin, H.J., 1981, *Mineralogical study of plagioclases in Hadong-Sancheong area*, in *Report on Geoscience and Mineral Resources: Korea Institute of Energy and Resources (KIER) Annual Report*, v.11, p.185-213.
- Sanin, B.P., and Zorina, L.D., 1980, *Formations of lead-zinc deposits of the eastern Transbaikal*, Nauka, Moscow, 184 p. (in Russian).
- Scheglov, A.D., 1959, *Features of forming mercury-antimony-tungsten deposits of Transbaikal: Proceedings of All Union Mineralogical Society*, part 88, issue 1, p. 48-59 (in Russian).
- Scherbakov, Yu.G., 1977, *Systematics of the gold deposits*, in *Mineralogy and Geochemistry of Ore Regions of Siberia: Nauka, Novosibirsk*, p. 4-12 (in Russian).
- Seminskiy, Zh. V., 1980, *Volcanism and hydrothermal mineralization in active regions: Nedra, Moscow*, 140 p. (in Russian).
- Seo, J.R., Chang, H.W., and Kim, S.E., 1983, *Geology and ore deposits of Dongnam mine area in Taebaegsan mineralized zone: Korea Institute of Energy and Resources Report 82-2-12*, p. 7-200 (in Korean).
- Shi, Zhunli, and Xie, Guangdong, 1998, *Study on fluid inclusions and genesis of Donghuofang gold deposit, Inner Mongolia: Geoscience, Journal of Graduate School, China University of Geosciences*, v. 12, no. 4, p. 477-484 (in Chinese).
- Shiikawa, M., 1970, *Limonite deposits of volcanic origin in Japan*, in Tatsumi, T., ed., *Volcanism and Ore Genesis: University of Tokyo Press, Tokyo*, p. 295-300.
- Shour, V.I. 1985, *Atlas of structures of the ore fields of Yakutia: Nedra, Moscow*, 154 p. (in Russian).
- Sillitoe, R.H., 1993a, *Epithermal models; genetic types, geometrical controls, and shallow features*, in Kirkham, R.V., Sinclair, W.D., Thorpe, R.I., and Duke, J.M., eds., *Mineral Deposit Modeling: Geological Association of Canada Special Paper 40*, p. 403-431.
- Sillitoe, R.H., 1993b, *Gold-rich porphyry copper deposits: Geological model and exploration implications*, in Kirkham, R.V., Sinclair, W.D., Thorpe, R.I., and Duke, J.M., eds., *Mineral Deposit Modeling: Geological Association of Canada Special Paper 40*, p. 465-478.
- Singer, D.A., 1986a, *Descriptive model of carbonatite deposits*, in Cox, D.P., and Singer, D.A., eds., *Mineral deposit models: U.S. Geological Survey Bulletin 1693*, p. 52.
- Singer, D.A., 1986b, *Descriptive model of Cyprus massive sulfide*, in Cox, D.P., and Singer, D.A., eds., *Mineral deposit models: U.S. Geological Survey Bulletin 1693*, p. 131-135.
- Singer, D.A., 1986c, *Descriptive model of kuroko massive sulfide*, in Cox, D.P., and Singer, D.A., eds., *Mineral deposit models: U.S. Geological Survey Bulletin 1693*, p. 189.
- Singer, D.A., 1986d, *Descriptive model of laterite Ni*, in Cox, D.P., and Singer, D.A., eds., *Mineral deposit models: U.S. Geological Survey Bulletin 1693*, p. 252.
- Sinyakov, V.I., 1988, *Iron-ore formations of Siberia: Nauka, Novosibirsk*, 81 p. (in Russian).
- Slack, J.F., 1993, *Descriptive and grade-tonnage models for Besshi-type massive sulfide deposits*, in Kirkham, R.V., Sinclair, W.D., Thorpe, R.I., and Duke, J.M., eds., *Mineral Deposit Modeling: Geological Association of Canada Special Paper 40*, p. 343-371.
- Smirnov S.S., 1961, *Polymetallic deposits and metallogeny of eastern Transbaikal: U.S.S.R. Academy of Sciences Publishing House, Moscow*, 507 p. (in Russian).
- Smirnov, F.L., 1980, *Geology of apatite deposits of Siberia: Novosibirsk, Nauka*, 175 p. (in Russian).
- Smirnov, V.I., 1969, *Geology of useful minerals: Moscow, Nedra*, 687 p. (in Russian).
- Smirnov, V.I., 1974, ed., *Ore deposits of the USSR*, v. 3: *Nedra, Moscow*, 472 p. (in Russian).
- Smirnov, V.I., ed., 1978, *Mineral Deposits of the U.S.S.R., Second edition*, v. 2: *Moscow, Nedra*, 399 p. (in Russian).
- Smirnov, V.I., Kuznetsov, V.A., and Fedorchuk, V.P., eds., 1976, *Metallogeny of mercury: Moscow, Nedra*, 256 p. (in Russian).
- Sokolov, Yu.M., 1970, *Metamorphosed muscovite pegmatite: Leningrad, Nauka*, 190 p. (in Russian).
- Solodov, N.A., Semenov, E.I., and Burkov, V.V., 1987, *Geological reference book on heavy lithophile rare metals: Nedra, Moscow*, 439 p. (in Russian).
- Song, Guorui, and Zhao, Zhenhua, 1996, *Geology of Dongping alkaline complex-hosted gold deposit in Hebei Province: Seismic Publishing House, Beijing*, 181 p. (in Chinese).
- Sotnikov, V.A., and Nikitina, E.I., 1971, *Molybdenum-rare-metal greisen formation of Gorni Altai: Novosibirsk, Nauka*, 259 p. (in Russian).

- Sotnikov, V.I., and Berzina, A.P., 2000, *Porphyry Cu-Mo ore-magmatic systems of Siberia and Mongolia*, in *Ore-Bearing Granites of Russia and Adjacent Countries: Moscow, Institute of Mineralogy, Geochemistry and Crystal Chemistry of Rare Elements*, p. 263-281.
- Sotnikov, V.I., Berzina A.P., Zhamsran, M., Garamzhav, D., and Bold, D., 1985, *Copper-bearing formations of Mongolia: Novosibirsk, Nauka*, 216 p. (in Russian).
- Sotnikov, V.I., Berzina, A.P., Nikitina, E.I., and others, 1977, *Copper-molybdenum ore formation: Nauka, Novosibirsk*, 422 p. (in Russian).
- Stepanov, G.N., 1977, *Mineralogy, petrology and genesis of scarn scheelite-sulfide ores of Far East: Moscow, Nauka*, 177 p. (in Russian).
- Stogniy, V.V., 1998, *Application of electrical methods to geological exploration in Verkhne-Timpton gold-bearing region (southern Yakutia): Yakutsk, Yakutian University*, 62 p. (in Russian).
- Sukhov, V.I., and Rodionov, S.M., 1986, *Porphyry type mineralization in the southern Far East: Pacific Geology*, no. 2, p. 15-21 (in Russian).
- Sumitomo Metal Mining Co., 1981, *Progress of exploration for Kieslager-type deposits around Besshi-Sazare area and Kohnomai gold-bearing quartz vein deposit*, in *Mineral Exploration in Japan: Society of Mining Geologists of Japan*, v. 1, p. 219-293 (in Japanese).
- Tauson, L.V., Gundobin, G.M., and Zorina, L.D., 1987, *Geochemical fields of ore-magmatic systems: Novosibirsk, Nauka*, 202 p. (in Russian).
- Theodore, T.G., 1986, *Descriptive model of porphyry Mo, low F*, in Cox, D.P., and Singer, D.A., eds., *Mineral Deposit Models: U.S. Geological Survey Bulletin 1693*, p. 120.
- Theodore, T.G., Orris, G.J., and Hammarstrom, J.M., and Blidd, J.D., 1991, *Gold-bearing skarns: U.S. Geological Survey Bulletin 1930*, 61 p.
- Tian, Weisheng, and Shao, Jianpo, 1991, *Geological features of the Sanmen Silver Deposit, Siping City: Jilin Province Mineral Deposits*, v. 10, no. 2, p. 152-160 (in Chinese).
- Titley, S.R., 1993, *Characteristics of porphyry copper occurrence in American Southwest*, in Kirkham, R.V., Sinclair, W.D., Thorpe, R.I., and Duke, J.M., eds., *Mineral Deposit Modeling: Geological Association of Canada Special Paper 40*, p. 433-464.
- Togashi, Yukio, 1986, *Descriptive model of Sn polymetallic veins*, in Cox, D.P., and Singer, D.A., eds., *Mineral Deposit Models: U.S. Geological Survey Bulletin 1693*, p. 109.
- Tu, Guangzhi, 1996, *Factors constraining the formation of the superlarge Bayan Obo REE-Fe-Nb deposit*, *Abstracts of 30th International Geological Congress, Beijing*, v. 2, p. 786.
- Tu, Guanzhi, 1998, *The unique nature in ore composition, geological background and metallonemic mechanism of non-conventional superlarge ore deposits: A preliminary discussion: Science in China (Series D)*, v. 41, p. 1-6.
- Turner-Peterson, C.E., and Hodges, C.A., 1986, *Descriptive model of sandstone U*, in Cox, D.P., and Singer, D.A., eds., *Mineral Deposit Models: U.S. Geological Survey Bulletin 1693*, p. 209.
- Vachrushev, V.A., 1972, *Mineralogy, geochemistry and origin of gold-skarn deposits: Nauka, Novosibirsk*, 238 p. (in Russian).
- Varentsov, I.M., and Rachmanov, V.P., 1978, *Manganese deposits*, in Smirmov, V.I., ed., *Mineral Deposits of U.S.S.R.*, v. 1: *Nedra, Moscow*, p. 112-172 (in Russian).
- Vasil'ev, V.G., 1995, *Antimony deposits*, in Laverov, N.P., ed., *Deposits of Transbaikal: Geoinformmark, Moscow*, v. 1, p. 67-75 (in Russian).
- Vasil'eva, V.P., 1983, *Structural evolution of the axial zone of the Mamsky synclinorium (North Baikal muscovite province)*, in *Geology and Genesis of Pegmatites: Nauka, Leningrad*, p. 257-263 (in Russian).
- Vladykin, N.V., 1983, *Mineralogical-geochemical features of Mongolian rare-metal granitoids: USSR Academy of Sciences, Siberian Branch, Novosibirsk*, 200 p. (in Russian).
- Vlasov, G.M., ed., 1976, *Sulfur-sulfide deposits of active volcanic regions: Nedra, Moscow*, 350 p. (in Russian).
- Wang, Enyuan, 1989, *Stratabound altered Au-Ag deposits in Jilin Province and genesis: Jilin Geology*, no. 1, p. 1-17 (in Chinese).
- Wrucke, C.T., and Shride, A.F., 1986, *Descriptive model of carbonate-hosted asbestos deposits*, in Cox, D.P., and Singer, D.A., eds., *Mineral Deposit Models: U.S. Geological Survey Bulletin 1693*, p. 95.
- Yakovlev, B.A., 1977, *Nonferrous metals: copper, lead and zinc: Geology of Mongolian Peoples' Republic*, v. 111, *Mineral Resources: Nedra, Moscow*, p. 141-216 (in Russian).
- Yan, Hongquan, 1985, *Archean banded iron formation, Eastern Hebei province*, in *Chinese Regional Geology: Geology, Beijing*, v. 12, p.63-78 (in Chinese).
- Yan, Hongquan, Hu, Shaokang, Ye, Mao, and others, 2000, *Western slope of the Great Xing'an Mountains and promising areas for super-large mineral deposits*, in Tu Guangzhi and others, *Super-large Mineral Deposits of China: Science Press, Beijing*, p. 273-292 (in Chinese).
- Ye, Lianjun, Fan, Delian and Yang, Peiji, 1994, *Manganese ore deposits of China*, in *Editorial Committee of Mineral Deposits of China: Geological Publishing House, Beijing*, v. 2, no. 3, p. 488-550 (in Chinese).
- Yeend, Warren, 1986, *Descriptive model of placer Au-PGE*, in Cox, D.P., and Singer, D.A., eds., *Mineral Deposit Models: U.S. Geological Survey Bulletin 1693*, p. 261.
- Yeend, W., and Page, N.J, 1986, *Descriptive model of placer PGE-Au*, in Cox, D.P., and Singer, D.A., eds., *Mineral Deposit Models: U.S. Geological Survey Bulletin 1693*, p. 265.
- Yoon, S.K., Hwang, I.C., and Chang, Y.H., 1959, *Investigation of the Kosong beach placer deposits, Kangwon-do: Geological Survey of Korea Bulletin no. 2*, p. 189-218 (in Korean).
- Yuan, Jianqi, Cai, Keqin, and others, 1994, *Saline deposits of China*, in *Editorial Committee of Mineral Deposits of China: Geological Publishing House, Beijing*, v. 3, no. 3, p. 167-169 (in Chinese).
- Yurgenson, G.A., Grabeklis, R.V., 1995, *Balei ore field*, in Laverov, N.P., ed., *Deposits of Transbaikal: Geoinformmark, Moscow*, v.1, p. 19-32 (in Russian).
- Zagorskiy, V.E., Makagon, V.M., Shmakin, B.M., Makrignina, V.A., and Kuznetsova, M.G., 1997, *Rare-metal pegmatites: Nauka, Novosibirsk*, 285 p. (in Russian).
- Zaitsev, N.S., Yashina, R.M., Bogatyrev, B.A., Gram, D., Ilin, A.V., and Pinus, G.V., 1984, *The problem with aluminium raw materials in Mongolia*, in *Endogenic Ore-Bearing Formations of Mongolia: Joint Soviet-Mongolian Scientific-Research Geological Expedition, Transactions, Moscow*, v. 38, p. 172-180 (in Russian).
- Zalishchak B.L., Oskarov V.V., Mramornov V.N., and Pakhomova V.A., 1991, *Zirconium mineralization in dolomite marble, Khabarovsk Region*, in Logvenchov, P.I., ed., *Abstracts for Conference on Ore Deposits of the Far East: U.S.S.R. Academy of Sciences, Far East Geological Institute, Vladivostok*, p. 116-117 (in Russian).
- Zavoromykh, I.R., and Titov, V.N., 1963, *Geology of deposits of Pokrovsk-Gurulevka ore field*, in Volfson, F.I., ed., *Problems of Geology and Genesis of Some Tin-Zinc Deposits of Eastern Transbaikal: Proceedings of Institute of Mineralogy and Geochemistry of Rare Elements*, v. 83, p. 238-264 (in Russian).
- Zhamoitsina, L.G., Semushin, V.N., and Gordienko, I.V., 1992, *Genetic types of zeolite deposits of Transbaikal and Mongolia: Geology and Geophysics*, no. 2, p. 113-126 (in Russian).
- Zhang, Anli, and Xu, Dehuan, 1995, *Model of diamond deposits in kimberlite*, in Pei, Rongfu, ed., *Mineral deposit models of China: Geological Publishing House, Beijing*, p. 31-34 (in Chinese).
- Zhang, Qiusheng, and others, 1984, *Geology and metallogeny of the Early Precambrian in China*, in *Project 91 International Geological Correlation Program National Working Group of China: Jinlin People's Publishing House, Changchun*, p. 536 (in Chinese).

- Zhang, Yixia, Ye, Tingsong, Yan, Hongquan, and others, 1985, *Archaean geology and banded iron formations of Jidong, Hebei province: Geology, Beijing*, p. 96-126 (in Chinese).
- Zhang, Zongqing and Tang, Souhan, 1994, *Ore-forming age and REE sources of the Bayan Obo ore deposit, Inner Mongolia, China - Sm-Nd Age and Nd Isotopic Geochemistry: 9th IAGOD Symposium Abstracts, Beijing*, v. 2, p. 505-506.
- Zhong, Han, and Yao, Fengliang, 1987, *Metallic deposits: Geological Publishing House, Beijing*, p. 47-48 (in Chinese).
- Zoloev, K.K., 1975, *Chrysotile-asbestos deposits in ultrabasite folded areas: Nedra, Moscow*, 192 p. (in Russian).