

# Месторождения сложного генезиса

- Существует большая группа промышленно важных месторождений, генезис которых трактуется неоднозначно. Разными авторами они относятся то к эндогенным гидротермальным, то к экзогенным, то к метаморфогенным, то к **полигенным**. Последний термин применяется для них сейчас наиболее часто. Однако следует принять во внимание, что **происхождение месторождений определяется прежде всего источником рудного вещества, а он для рассматриваемого типа является в основном эндогенным** (ювенильным, ассимиляционным или инфильтрационным).
- В то же время **образование рудных тел происходит как эндогенным** (гидротермальным), так и **экзогенным** (осадочным) **способами**, и часто в одном рудном поле встречаются и жильные, и пластовые тела. Поэтому, **признавая полигенность таких месторождений**, их относят к **эндогенной серии**.

# Продолжение «Месторождения сложного генезиса»

- К рассматриваемой серии относятся месторождения, известные как ***стратиформные, вулканогенно-осадочные***, в том числе ***колчеданные***, а также ***некоторые метаморфогенные месторождения***.

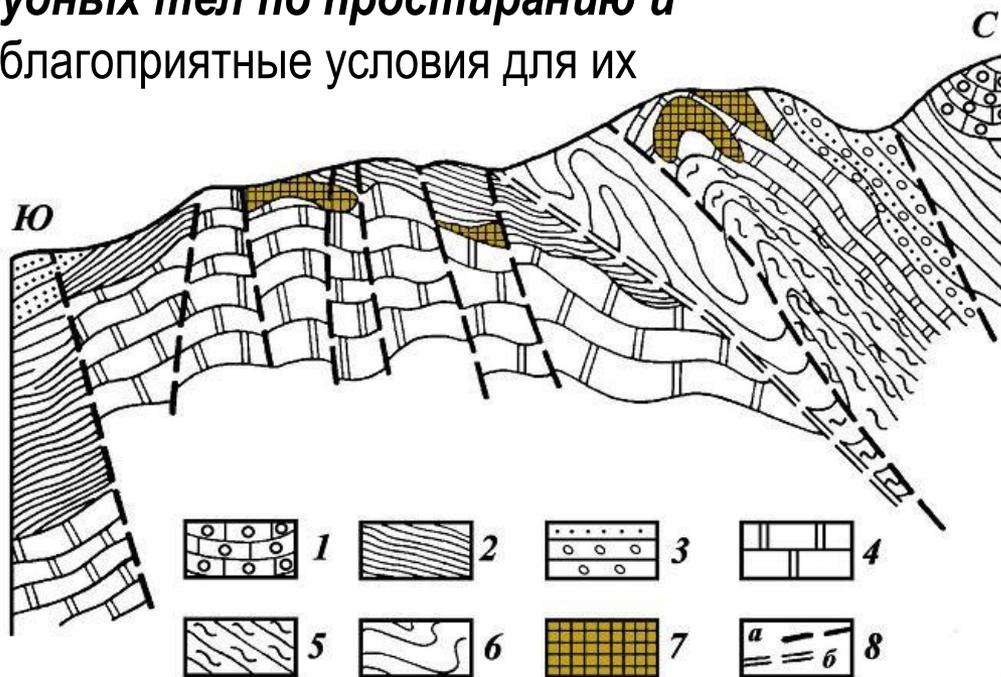
## 1. Стратиформные месторождения

- **Стратиформными** называются месторождения, которые:
  - - ***залегают среди осадочных толщ;***
  - - ***имеют пластовую форму рудных тел;***
  - - ***как правило, не обнаруживают связи с магматическими источниками.***
- В то же время по минеральному составу, а иногда и по околорудным изменениям они близки к гидротермальным месторождениям.

# Продолжение

## «1. Стратиформные месторождения»

- Важное **промышленное значение** стратиформных месторождений определяется прежде всего:
  - - **значительными размерами;**
  - - **крупными запасами;**
  - - **выдержанностью рудных тел по простиранию и падению**, что создает благоприятные условия для их эксплуатации.
- К стратиформным относятся месторождения ***Cu, Pb-Zn, флюорита***, а также некоторые месторождения ***W, Sn*** и других полезных ископаемых ***с пластовыми рудными телами***.

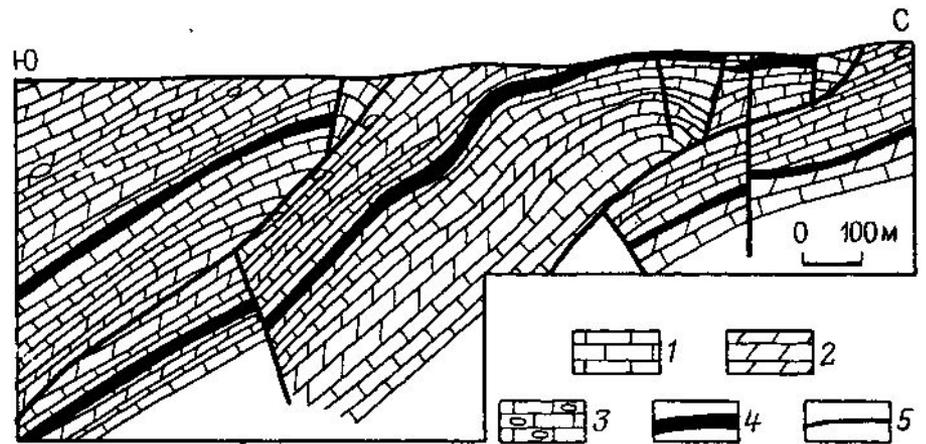


# Геологические условия образования стратиформных месторождений

- Геологические условия образования определяются следующими особенностями:
  - *- приуроченностью к краевым прогибам, авлакогенам платформ и краевым зонам складчатых поясов;*
  - *- формированием в геодинамических условиях пассивных, активных окраин платформ и в коллизионных обстановках;*
  - *- длительностью формирования рудоносных толщ;*
  - *- залеганием согласно с вмещающими толщами;*
  - *- многоярусным строением рудных полей;*
  - *- небольшими глубинами образования (до 1-2 км).*
- На некоторых месторождениях встречаются **дайки базальтоидов**, с которыми предполагается парагенетическая связь рудной минерализации.

## Продолжение «Геологические условия образования стратиформных месторождений»

- Месторождения часто приурочены к синклинальным складкам, нарушенным разломами. В этих условиях **наиболее распространены пластообразные, линзовидные залежи** при подчинённом значении секущих жильных тел, локализующихся в сбросах.

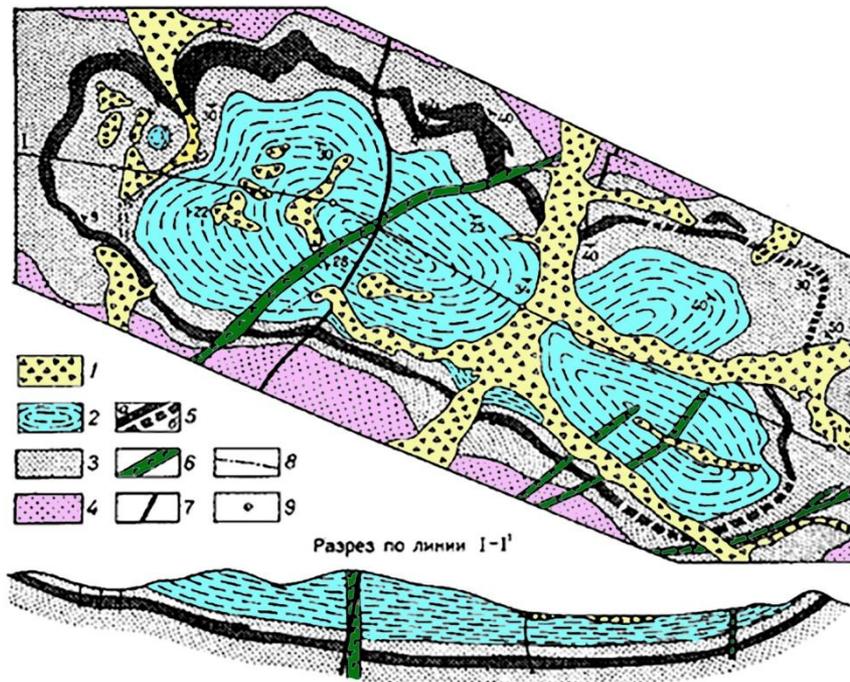


- Рудная минерализация образуется в интервале температур от **250-200° до 70-50°**. **Оруденение формировалось в слабо литифицированных осадках**, что приводит к последующему **перераспределению полезных компонентов при эпигенезе и диагенезе**, образованию вкрапленных руд, нечётким их границам с вмещающими породами.

# Минеральный состав руд стратиформных месторождений

- Минеральный состав стратиформных месторождений характеризуется *относительной простотой состава* для разных руд.
- **Месторождения меди** образуются в толщах песчаников (рис. 49). Для медистых песчаников характерны:
  - - халькопирит ( $CuFeS_2$ );
  - - борнит ( $Cu_5FeS_4$ );
  - - халькозин ( $Cu_2S$ ).

□ Присутствуют *пирит, ковеллин, малахит, а также сфалерит и галенит*. Выделяются несколько типов руд: **борнит-халькозин-галенитовый** (м-ние *Джезказган* в Казахстане), **халькопирит-халькозин-галенит-сфалеритовый** и др.



**Рис. 49. Геологическая карта Удоканского месторождения меди (по Э.Ф. Гринталю, В.С. Чечеткину, Р. Н. Володину)**

1 – четвертичные отложения, 2 – намингинская свита: алевролиты, песчаники, аргиллиты, 3-4 – сакуканская свита: 3 – известковистые, кварцитовидные песчаники, 4 – магнетитсодержащие песчаники, гравелиты, 5 – рудоносный горизонт: а-установленный, б-предполагаемый, 6 – габбро-диабазы, 7 – лампрофиры, 8 – разрывные нарушения, 9 – скважины

## Продолжение «Минеральный состав руд ...»

- ▣ **Месторождения свинца и цинка** содержат:
  - ▣ - галенит ( $PbS$ );
  - ▣ - сфалерит ( $ZnS$ );
  - ▣ - блеклые руды ( $3MeS \times R_2S_3$ );
  - ▣ - барит ( $BaSO_4$ );
  - ▣ - флюорит ( $CaF_2$ ).
- ▣ Основные типы руд:
  - ▣ - галенитовый;
  - ▣ - галенит-сфалеритовый (месторождение Сардана в Якутии);
  - ▣ - галенит-сфалерит-флюоритовый.

# Процессы образования стратиформных месторождений

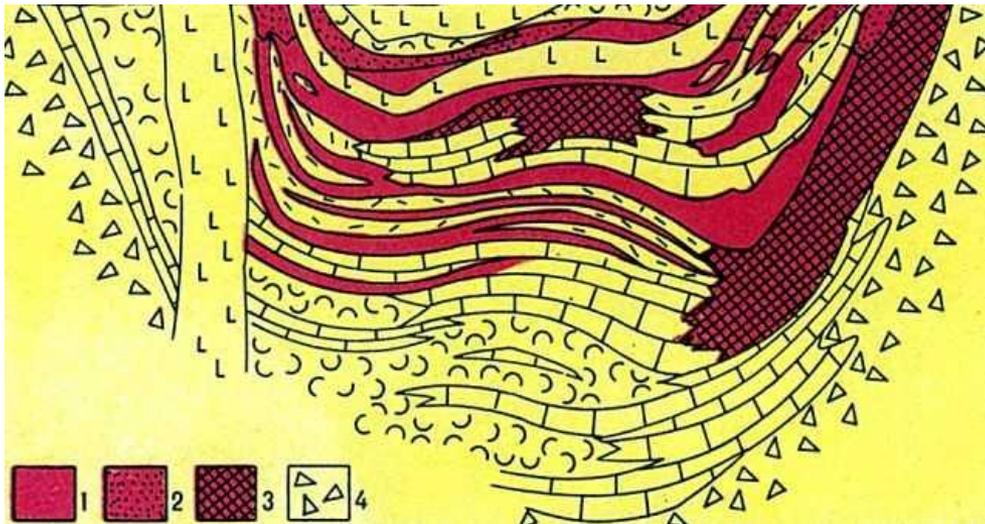
- Их формирование происходило под воздействием различных процессов.
- **1. О гидротермальной деятельности свидетельствуют** такие факты:
  - - *высокие температуры образования рудных минералов;*
  - - *структурный и тектонический контроль оруденения;*
  - - *наличие секущих рудных тел;*
  - - *околорудные изменения;*
  - - *стадийность рудного процесса.*
- **2. Признаками осадочного процесса являются:**
  - - *литолого-стратиграфический контроль рудных тел;*
  - - *их пластовые формы и согласное залегание;*
  - - *простой минеральный состав руд.*
- **3. О проявлении эндогенных и экзогенных процессов рудообразования свидетельствуют** широкие вариации изотопного состава серы.

## Продолжение «Процессы образования стратиформных месторождений»

- По мнению В.И. Смирнова
  - - на ранних этапах преобладали **процессы сингенеза** (накопление осадков, обогащенных рудным веществом);
  - - затем проявлялись **эпигенетические процессы**.
- **Рудные тела были сформированы под воздействием гидротермальных процессов.**

## 2. Вулканогенно-осадочные месторождения

- ▣ Вулканогенно-осадочными называются месторождения, которые формируются в вулканических толщах и характеризуются эндогенным источником рудного вещества, седиментационным и гидротермальным способом накопления материала. Их промышленное значение определяется месторождениями **полиметаллов** (Озёрное в Бурятии, Раммельсберг в Германии, месторождения Рудного Алтая), **железа** (Зауэрленд в Германии), **медно-свинцово-цинковых колчеданных руд** (месторождения Урала). Кроме того, это месторождения **яшм, фосфоритов, бокситов, диатомитов.**



Геологический разрез месторождения Озёрное



Вскрышные работы  
на месторождении Озёрное

# Геологические условия образования вулканогенно-осадочных месторождений

- Формирование этих месторождений определяется тем, что они **находятся вблизи подводных вулканов** или в водоёмах, куда сносится вулканический материал с прилежащих участков суши, а также **в палеовулканических постройках или вблизи них.**
- Рассматриваемые месторождения **локализуются в вулканических поясах и дугах Азиатского и Американского секторов Тихоокеанского кольца.**
- **Геодинамическая обстановка** их образования во многих случаях определяется как **субдукционная на границах литосферных плит.**
- В **PZ** такие месторождения формировались:
  - - в **Уральском регионе;**
  - - в **Центрально-Азиатском поясе** и в других вулканических провинциях.

## Продолжение «Геологические условия образования вулканогенно-осадочных месторождений»

- ▣ *Месторождения связаны с вулкано-плутоническими комплексами следующего состава:*
  - ▣ *- андезито-дацитовыми;*
  - ▣ *- базальтовыми;*
  - ▣ *- базальт-риолитовыми.*
- ▣ *Структурные особенности* рудных тел рассматриваемых месторождений определяются **сочетанием секущих и согласных форм.**
- ▣ Рудные тела имеют формы штоков, штокверков, линз, уплощенных, пластообразных тел, жил.

# Минеральный состав вулканогенно-осадочных месторождений

- Вулканогенно-осадочные месторождения характеризуются значительным разнообразием. **Наиболее типичными являются колчеданные месторождения.** Среди них установлено несколько минеральных типов. Это руды:
  - - **пирит-пирротин-галенитовые (Текели в Казахстане);**
  - - **пирит-пирротин-сфалеритовые (Озёрное);**
  - - **пирит-халькопирит-сфалеритовые (Гай на Ю. Урале);**
  - - **пирит-галенит-сфалерит-баритовые и другие.**
- Часто в распределении минеральных ассоциаций устанавливается определённая зональность. Так, на месторождении **Гай** сверху вниз наблюдаются ассоциации:
  - **галенит-сфалерит-серебряная**
  - **пирит-халькопирит-сфалеритовая**
  - **пирит-халькопиритовая**

# Процессы образования вулканогенно-осадочных месторождений

- Формирование вулканогенно-осадочных месторождений разделяется на два этапа.
- **1. На первом этапе** в породах ложа морских бассейнов, **в пределах или вблизи** действовавших ранее **вулканов**, активно **функционируют гидротермальные системы**. Источниками этих систем были магматические очаги, поставлявшие тепловые потоки и рудоносные флюиды. Кроме того, главным компонентом рудоносных растворов могла быть и морская вода, которая в процессе нисходящих движений нагревалась вблизи глубинных очагов и обогащалась металлами. **Расчёт баланса** вещества, **изотопного состава серы** и другие данные показывают, что:
  - - **медь могла поступать из мантийных источников,**
  - - **свинец и цинк из пород континентальной коры.**

## Продолжение «Процессы образования вулканогенно-осадочных месторождений»

- В процессе этой деятельности *в зоне подводящего канала формировались прожилково-вкрапленные штокверковые и жильные руды, образующие «ножку» рудной системы.*
- **2. Второй этап** рудообразования выразился в *разрушении и переотложении рудного материала штокверковых тел.*
- В это время *формировались субпластовые залежи осадочной природы, расположенные вблизи подводящих каналов. В головах таких залежей, вблизи их коренного источника, широко распространены обломочные руды, т.н. рудокласты.*
- Учитывая этапность формирования, рассматриваемые месторождения иногда называют гидротермально-осадочными.

# Подразделение колчеданных месторождений

- Класс колчеданных месторождений ***ассоциирует с субмаринной базальт-липаритовой формацией***, которая разделяется на три субформации:
  - - ***слабо дифференцированную***;
  - - ***полно дифференцированную***;
  - - ***контрастно дифференцированную***.
- ***По комплексу признаков*** — связи с магматическими породами, геологическим условиям залегания и особенностям состава и строения ***выделено четыре подкласса месторождений***:
  - - ***кипрский***;
  - - ***уральский***;
  - - ***куроко*** (алтайский);
  - - ***бесши*** (филизчайский).

# Кипрский подкласс

- ▣ К Кипрскому подклассу относятся **серно-, медно- и медно-цинково-колчеданные** месторождения, связанные с **недифференцированной базальтовой субформацией**, весьма характерной для **коры океанического типа**. Это и докембрийские руды Австралии (**Брокен-Хилл**) и Финляндии (Оутокумпо), и раннепалеозойские Норвегии (Леккен) и Ньюфаундленда (Канада), и **мезозойские месторождения Кипра**, Турции (Эргани-Маден) и др., и современные сульфидные залежи срединно-океанических хребтов (рис. 8.7).

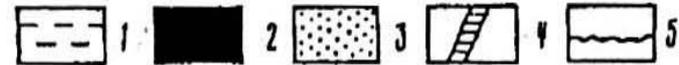
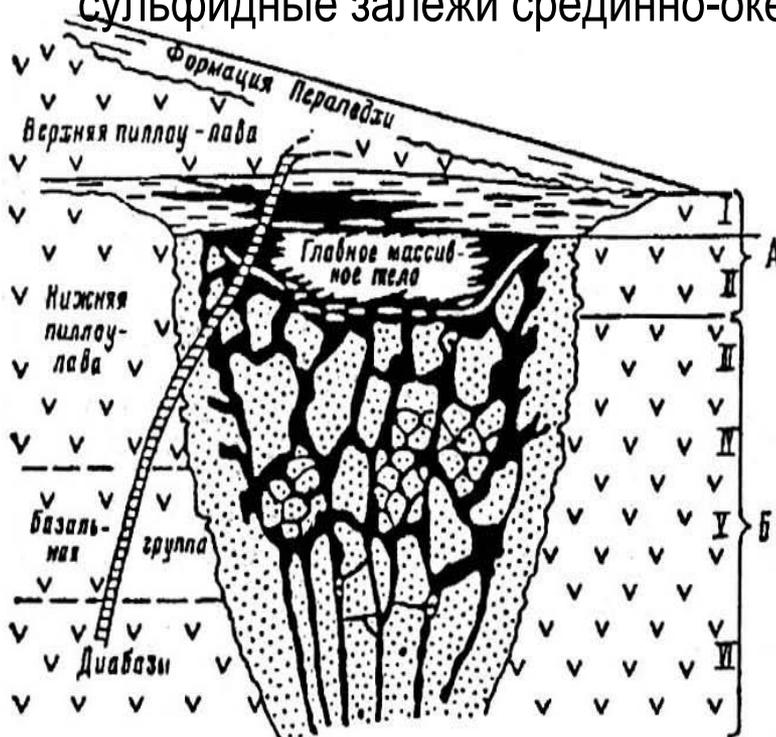
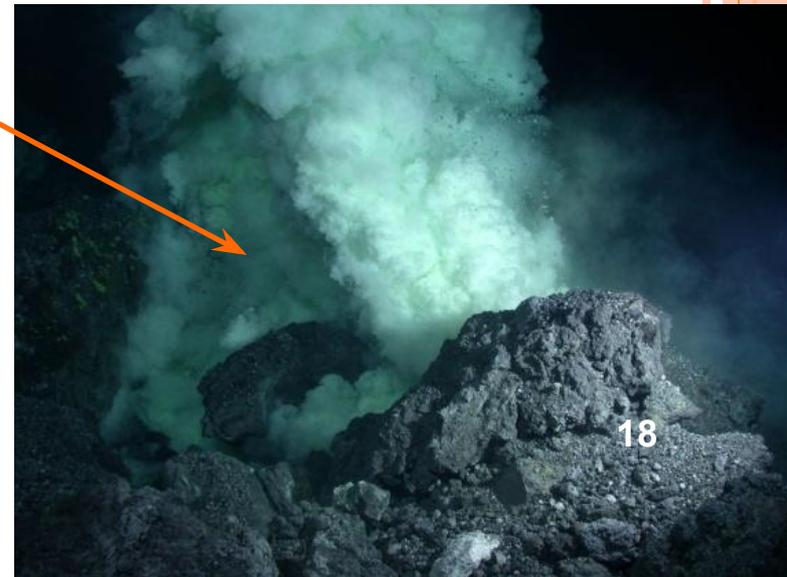


Рис. 8.7. Зональность Кипрских месторождений.  
(По Р. Хатчинсону).

1 — аргиллит, обогащенный железом, содержащий в основном гетит, лимонит и гематит, 2 — массивные сульфиды, 3 — пропилитизация с рассеянными сульфидами, 4 — послерудная дайка, 5 — несогласие; А — осадочная эксгальационная минерализация (I — осадочная зона, II — зона массивных сульфидов), Б — импрегнационная минерализация в измененных лавах (III — сульфиды, заполняющие полость, IV — сульфиды на окраине пиллоу-лав, V — сульфиды, заполняющие разломы, VI — рассеянные пиритовые включения в измененной лаве).

## Продолжение «Кипрский подкласс»

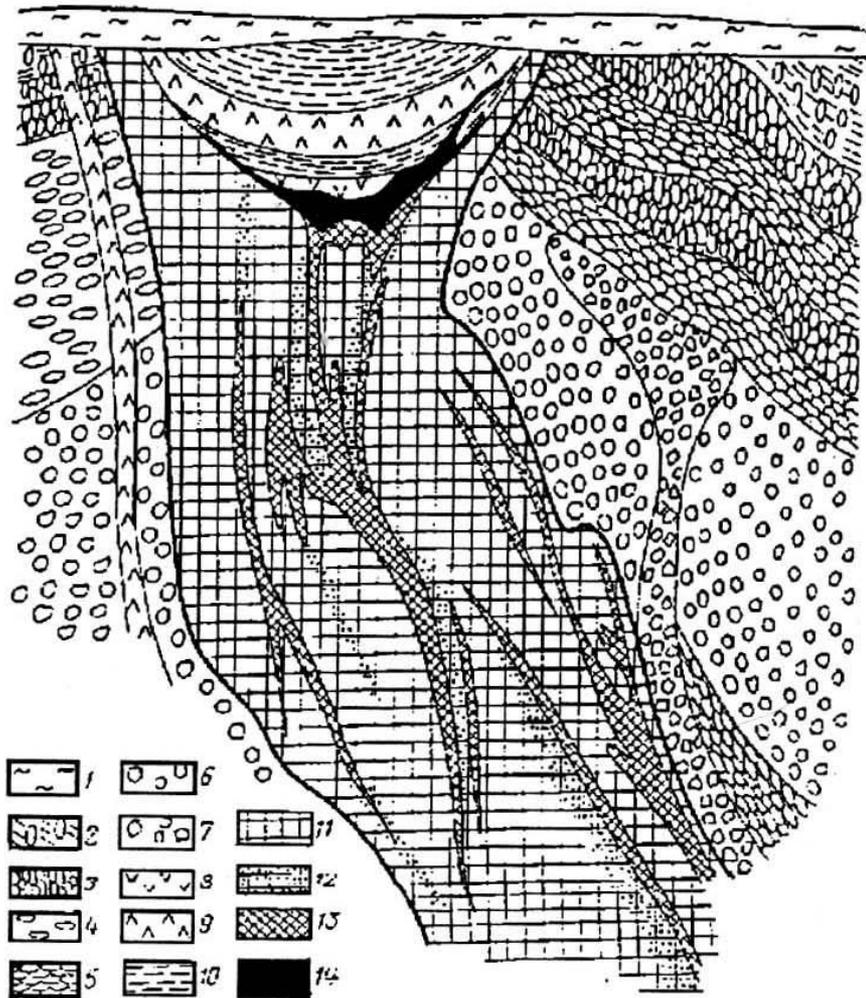
- ▣ Современные сульфидные проявления морей и океанов. В современных морях и океанах гидротермальные сульфидные проявления формируются **в зонах срединно-океанических хребтов и областях заостроводужного спрединга и внутриплитного вулканизма («горячие точки»)**. В местах активной гидротермальной деятельности **на дне океана образуются рудные постройки**, достигающие **70 м в высоту** и имеющие диаметр основания до нескольких сотен метров. Каждая такая постройка состоит из нескольких млн.т рудного вещества. В пределах отдельных площадей (возможных месторождений или рудных полей) располагается несколько десятков таких конусовидных холмов, увенчанных сверху трубообразными телами **«чёрных курильщиков»**. Подобное поле содержит **30-50 млн.т гидротермального вещества**. В настоящее время эти проявления нигде в мире не разрабатываются и представляют пока потенциальные медно-цинково-колчеданные руды будущего.



# Уральский подкласс

- ▣ **Уральский подкласс месторождений ассоциирует с контрастно-дифференцированной базальт-липаритовой субформацией**, являющейся производной подкоровой мантийной магмы. По составу месторождения:
  - ▣ - **медноколчеданные** (Блява, Южный Урал);
  - ▣ - **медно-цинковоколчеданные** (Гай, Южный Урал; Уруп, Северный Кавказ и др.).
- ▣ В наиболее ярком виде этот тип месторождений широко распространен и детально исследован в герцинских комплексах Урала.
- ▣ Оруденение здесь ассоциирует с **субвулканическими, экструзивными и лавовыми фациями липарито-дацитового состава**, развито в областях бимодального вулканизма и отчётливо контролируется вулканическими структурами.
- ▣ **Месторождения образовывались на ранних стадиях эволюции энсиматических островных дуг и локализованы в пределах вулканических трогов.**

# Строение колчеданных месторождений Уральского подкласса



- ▣ Типичный геологический разрез представлен двумя контрастными толщами:
- ▣ - внизу липаритовой;
- ▣ - вверху базальтовой (рис. 8.8).

Рис. 8.8. Схематизированный геологический разрез Гайского колчеданного месторождения. (По В. И. Смирнову).

1 — рыхлые мезо-кайнозойские отложения, 2 — крупнообломочные туфоконгломераты плагиопорфиритовых базальтов, 3 — лавы пироксен-плагиопорфиритовых базальтов, 4 — игнимбритовидные витрокластические породы липаритового состава, 5 — кварцевые липаритогациты, 6 — обвальные крупнообломочные агломераты андезито-гацитового состава, 7 — взрывная брекчия, 8 — порфирокластические игнимбриты, 9 — поздние габбро-диабазы, 10 — шлаковые туфы плагиопорфиритовых базальтов, 11 — жерловые вулканические и вулканокластические породы, 12 — участки тех же пород, подвергшиеся интенсивному гидротермальному преобразованию, 13 — убогие медноколчеданные руды вулканогенно-метасоматического происхождения, 14 — богатые цинково-медноколчеданные руды вулканогенно-осадочного происхождения.

# Карьер Гайского месторождения

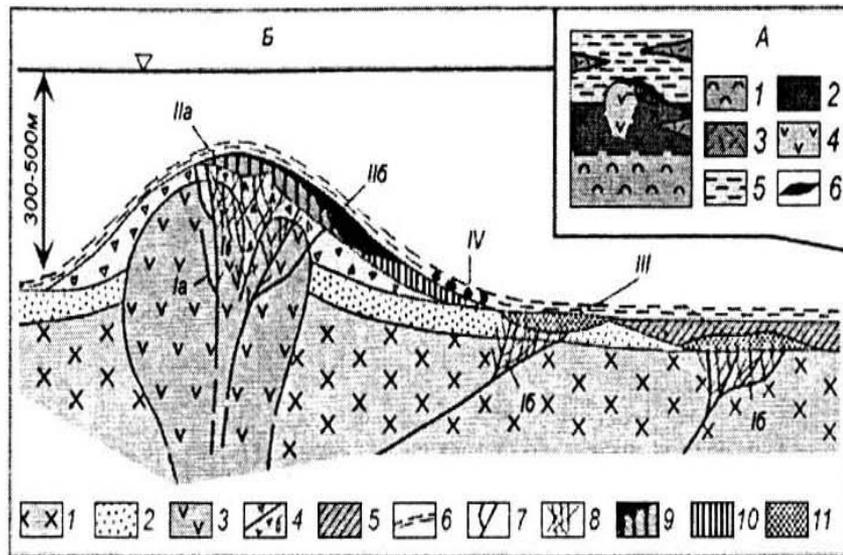


## Подкласс Куроко

- ▣ **Месторождения подкласса Куроко:**
- ▣ - парагенетически связаны с **полно дифференцированной известково-щелочной базальт-андезит-дацит-липаритовой субформацией;**
  - ▣ - сложены свинцово-цинково-медными рудами;
  - ▣ - приурочены к зрелым внутренним островным дугам;
  - ▣ - формируются в субдукционных обстановках в пределах подвижных поясов на гранито-гнейсовой коре.
- ▣ Наиболее яркими представителями данного подкласса являются **месторождения Алтая** (рудноалтайский тип), **Куроко** (колчеданеносный миоценовый пояс Японии), Скандинавских каледонид, Пиритового пояса Испании и Португалии, докембрийских зеленокаменных поясов и ряда других провинций мира.
- ▣ **Это самый важный и самый распространенный подкласс колчеданных месторождений.**

# Строение колчеданных месторождений подкласса Куроко

- В хорошо сохранившихся и слабо метаморфизованных месторождениях миоценового пояса Японии (рудные районы Айзу, Вагаомоно, Хокуроку и др.) развиты сложные **грибообразные рудные тела с нижней секущей штокверкообразной частью и верхней — субпластовой, стратиформной** (рис. 8.9).



туффиты, 3 — пирокласты, 4 — риолиты, 5 — кислые туфы, 6 — сульфиды с ангидритом; Б — рудные месторождения типа Куроко: 1 — риолитовые лавы и пирокласты, 2 — туффитовые осадки, 3 — риолиты, 4 — брекчии взрывных пород (а — неминерализованная, б — минерализованная), 5 — черные сланцы (частично с ангидритом и гипсом), 6 — глинистые сланцы, подстилаемые железистыми кварцитами, и сланцеватая глина, 7 — жилы, 8 — штокверк с прожилками (поперечное врезание), 9 — полосчатые и массивные сульфиды, перекрываемые баритом, 10 — ангидрит, гипс, 11 — рудные инфильтрации и замещения в уплотненных осадках; I–IV — типы месторождений и руд: I — трещинный тип (а — жилы, б — зона прожилков, поперечное врезание с рудными включениями и метасоматизмом, II — стратиформный (а — желтые руды "Кейко", б — черные руды "Куроко"), III — обусловленные инфильтрацией и замещением, IV — субмаринные остаточные руды (механическое выветривание).

Рис. 8.9. Месторождения, связанные с внутренней островной дугой (тип Куроко). (По Л. Бауману). А — схематический профиль сульфидных геосинклинальных месторождений типа Куроко: 1 — толеитовые вулканические породы (частично пиллоу-лавы), 2 — известково-щелочные вулканические породы и

## Подкласс Бесши

- **Подкласс Бесши (филизчайский) развит в терригенных флишоидных толщах складчатых поясов. Он ассоциирует с внешней островной дугой и по характеру связи с вулканизмом относится к дистальному типу. В рудовмещающем разрезе обычно присутствуют редкие маломощные пласты лав, субвулканические тела и дайки базальтового состава (недифференцированная базальтовая субформация).**
- **Руды имеют медно-цинково-колчеданный состав (рис. 8.11, 8.12).**
- **Согласно концепции тектоники плит данный подкласс формируется в субдукционных обстановках на удалении от центров срединного вулканизма. Месторождения района Бесши (Япония) представлены пластовыми лентообразными телами, залегающими в верхнепалеозойской сланцевой толще, содержащей прослой базальтовых лав.**

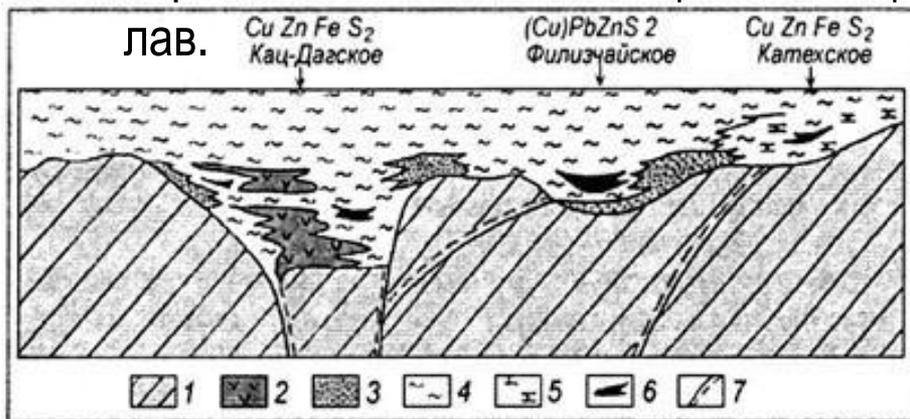


Рис. 8.12. Обобщенный рудноформационный ряд колчеданно-полиметаллических месторождений в терригенных толщах Большого Кавказа. (По Н. К. Курбанову, Э. И. Кутыреву в интерпретации В. Д. Конкина и др.).

1 — комплекс пород основания, 2 — унимодальные вулканы базальтовой формации; породы рудовмещающей углеродисто-терригенной флишоидной толщи, 3 — углеродистые метаалевропесчаники, 4 — углеродистые метаалевро-глинистые сланцы, 5 — углеродистые метаалевроглинисто-карбонатные сланцы, 6 — рудные тела колчеданно-полиметаллического состава, 7 — рудо- и магмовыводящие разломы.

## Продолжение «Подкласс Бесши»

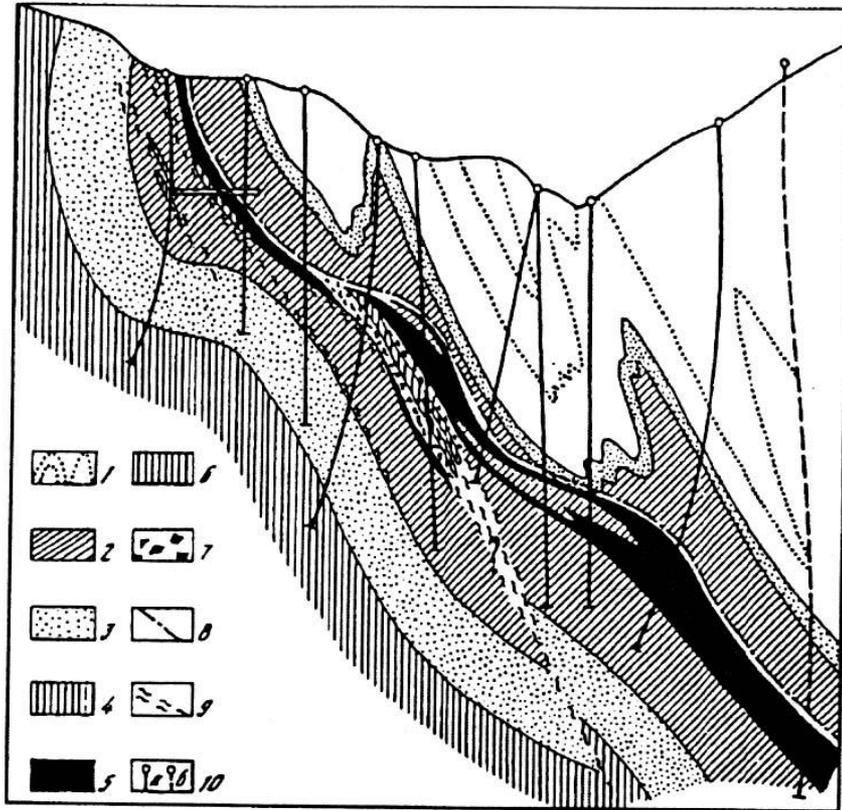


Рис. 8.11. Геологический разрез центральной части Филізчайского месторождения.

(По Н. Шатагину и С. Сандмирскому).

- 1 — горизонт аргиллитов с редкими маломощными прослоями алевролитов и песчаников, 2 — горизонт монотонных аргиллитов, 3 — средняя пачка песчаников, 4 — нижняя пачка аргиллитов, 5 — полосчатые колчеданно-полиметаллические руды, 6 — пирротиновые руды, 7 — пятнистые пирит-пирротиновые руды, 8 — разрывные нарушения, 9 — кварц-сульфидные прожилки, 10 — буровые скважины: а — лежащие в плоскости разреза, б — не попавшие в плоскость разреза.

- Руды залегают на пачках базальтовых вулканитов и перекрываются толщей кремнистых сланцев с отдельными горизонтами яшм. Процессы регионального метаморфизма смяли породы и руды в линейные складки, в шарнирах которых отмечаются переотложенные прожилковые и штокверковые медноколчеданные ассоциации. **Изотопный состав серы и свинца указывает на мантийный источник рудного вещества.**

# Главные рудные формации вулканогенно-осадочных месторождений

- 1 – колчеданная (колчеданно-свинцовый, колчеданно-свинцово-цинковый, колчеданно-цинковый и др. типы, распространённые на Урале);



Пирит ( $\text{FeS}_2$ )



Марказит ( $\text{FeS}_2$ )



Халькопирит ( $\text{CuFeS}_2$ )

ForexAW.com

- 2 – железо-марганцевая;
- 3 – галенит-сфалеритовая;



Галенит-сфалеритовая руда



Сфалерит

- 4 – галенит-сфалерит-баритовая.

ba-gal-q-fl



ba-sf-fl-pyr