

# Геология полезных ископаемых





## *Основные понятия:*

**Недра** – часть земной коры ниже почвенного слоя, а при его отсутствии - ниже земной поверхности и дна водоемов и водотоков, простирающейся до глубин, доступных для геологического изучения и освоения (Закон о недрах).

**Полезное ископаемое** – природный минерал, минеральный агрегат или неминеральное вещество, по своим физическим свойствам или химическому составу находящие применение в современном материальном производстве в своем природном виде или в качестве сырья для извлечения одного или нескольких ценных компонентов для удовлетворения индивидуальных потребностей человека или общества.

## **Виды полезных ископаемых:**

- **Металлические (рудные).** Самую многочисленную группу полезных ископаемых составляют руды металлов, состоящие из основного металла (железа, меди, цинка, золота, серебра и т.д.) и различных примесей.
- **Горючие (каустобиолиты).** Следующая группа полезных ископаемых – это горючие полезные ископаемые. К ним относятся торф, бурый и каменный уголь, нефть и природный газ, горючие сланцы.
- **Неметаллические (нерудные).** Третью группу составляют строительные полезные ископаемые – гранит, мрамор, известняк, глина, песок, гипс, и химическое сырье.
- **Гидроминеральные**

# Виды полезных ископаемых:

*По области использования полезные ископаемые делят на 5 групп:*

1. **Топливо-энергетические минеральные ресурсы** (уголь, нефть, газы природные, торф, горючие сланцы, уран).
2. **Руды металлов:** черных (железо), цветных (медь, алюминий, цинк, олово), редких и благородных (ниобий, тантал, ванадий, германий и др.).
3. **Химическое сырье** — сера, калийные соли, апатиты, фосфориты и т. д.
4. **Строительные материалы, поделочные и драгоценные камни** (гранит, мрамор, огнеупорное сырье, яшма, агат, алмаз и др.).
5. **Гидроминеральные полезные ископаемые** (подземные пресные и минерализованные воды, которые могут содержать I, Br, B, Ra и др. ). Термальные воды используются в энергетике.

**Месторождение полезных ископаемых (deposit)** – участок земной коры, в котором в результате тех или иных геологических процессов произошло накопление минерального вещества по **количеству, качеству и условиям залегания** пригодного для промышленного использования.

**Рудопроявление** – природное скопление минерального вещества неустановленных размеров.

**Руда** – минеральный агрегат, в котором содержание ценного компонента (или компонентов) достаточно для промышленного извлечения.

**Ценные компоненты**

**Вредные компоненты ( P, S, As, Zn в месторождениях Fe)**

**Промышленные кондиции**

**Запасы балансовые и забалансовые (условно рентабельные)**

## Примерные кондиции для коренных рудных месторождений

металлы	Типичные элементы	Минимальное содержание металла, %	Минимальные запасы, т	Запасы крупных месторождений, т
Черные	Fe, Mn	20-25	Сотни тысяч	Миллиарды
Цветные	Cu, Pb, Zn, Ni	0.3-1.0	Тысячи-десятки тысяч	десятки миллионов
Редкие	W, Mo, Sn, Hg, Li, Be	0.1-0.2	Сотни-тысячи	Сотни тысяч
Радиоактивные	U	0.05-0.10	То же	То же
Благородные	Au, Pt	0.003	Килограммы	Десятки тысяч

# **Площади распространения полезных ископаемых**

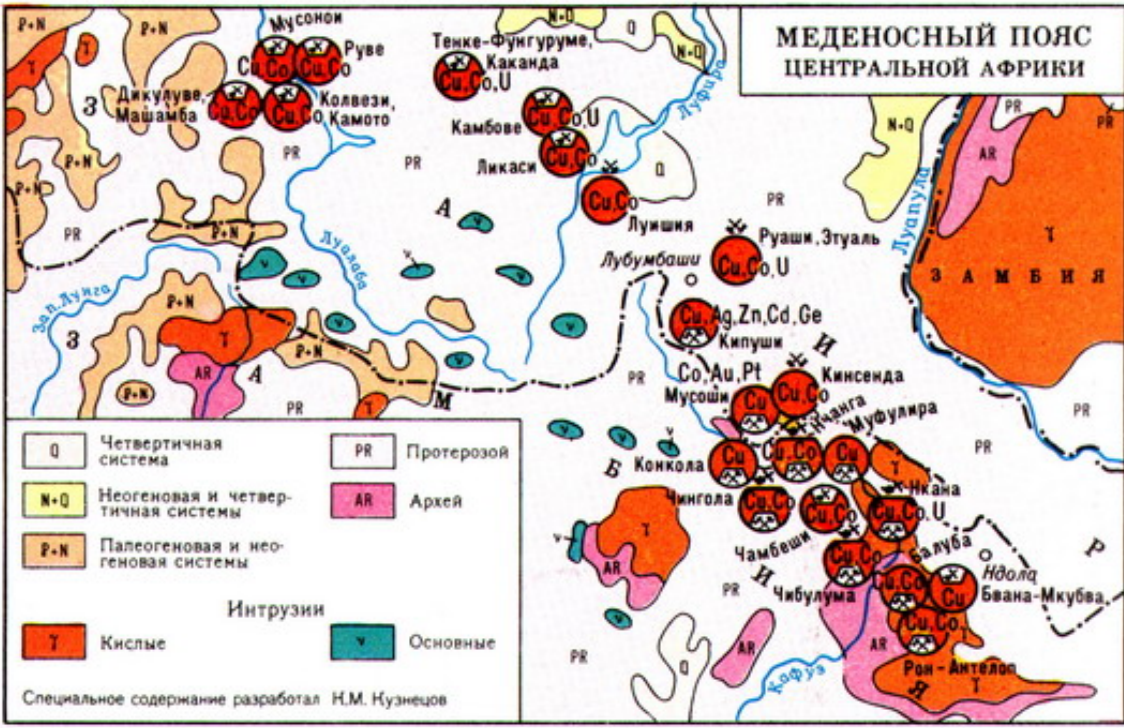
1. Провинции
2. Области (пояса, бассейны)
3. Районы (узлы)
4. Поля
5. Месторождения
6. Тела (залежи)



**Провинции** полезных ископаемых представляют собой крупный участок земной коры, относящийся к платформе, складчатому поясу или дну океана, с размещенными в его пределах и свойственными ему месторождениями. Например, выделяют Кавказскую провинцию, Уральскую провинцию и проч. Иногда различают металлогенетические, угленосные, нефтегазоносные провинции.

**Область (пояс, бассейн)**

полезных ископаемых занимают часть провинции и характеризуются набором определенных по составу и происхождению месторождений полезных ископаемых, приуроченных к одной и той же группе тектонических элементов первого порядка (антиклинории, синклинории и проч.).



Пояса полезных ископаемых могут быть как однородными, так и разнородными по составу полезных ископаемых, размеры их колеблются в широких пределах. Бассейны полезных ископаемых представляют собой области непрерывного или почти непрерывного распространения пластовых полезных ископаемых

# СХЕМА РАЗМЕЩЕНИЯ УГОЛЬНЫХ БАССЕЙНОВ И МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА ТЕРРИТОРИИ СЕВЕРНОЙ АЗИИ



**Район** полезных ископаемых составляет часть области и обычно характеризуется местным сосредоточением месторождений, в связи с чем он нередко называется **узлом полезных ископаемых**.

**Рудное поле** представляет собой группу месторождений, объединяемых **общностью происхождения и единством геологической структуры**. Поля полезных ископаемых состоят из месторождений, а последние - из тел полезных ископаемых.

**Тело, или залежь полезного ископаемого - это локальное скопление природного минерального сырья, приуроченное к определенному структурно-литологическому элементу или комбинации таких элементов.**

Области, районы, поля месторождений могут полностью обнажаться на поверхности земли и относиться к открытым, быть частично закрытыми перекрывающими их породами и принадлежать к полужакрытым или быть полностью погребенными и квалифицироваться как закрытые.

# История горнорудного производства

Древнейший период

-Каменный век

-Бронзовый век

Древний период

Средневековый период

Новый период



**История развития человечества – это история развития горнорудного производства с одной стороны и история войн за обладание источниками минерального сырья, технологии его переработки и рынки сбыта – с другой.**

## Обеспеченность России разведанными запасами некоторых видов полезных ископаемых

<b>Полезное ископаемое</b>	<b>Количество лет</b>	<b>Полезное ископаемое</b>	<b>Количество лет</b>
Нефть	35	Вольфрам	37
Природный газ	81	Цинк	18
Уголь	60-180	Свинец	15
Железные руды	42	Сурьма	14
Ниобий	43	Золото россыпное	12
Медь	40	Золото коренное	37
Никель	40	Фосфаты	52
Молибден	40	Калийные соли	112



# Формы рудных тел:

**Изометричные тела полезных ископаемых:** шток, штокверк, гнездо.

**Плоские тела:** пласты, пластообразные залежи, жилы, линзы.

**Вытянутые по одной оси:** трубы, трубки, трубообразные залежи.

**Тела сложной формы:** комбинации разных простых тел.

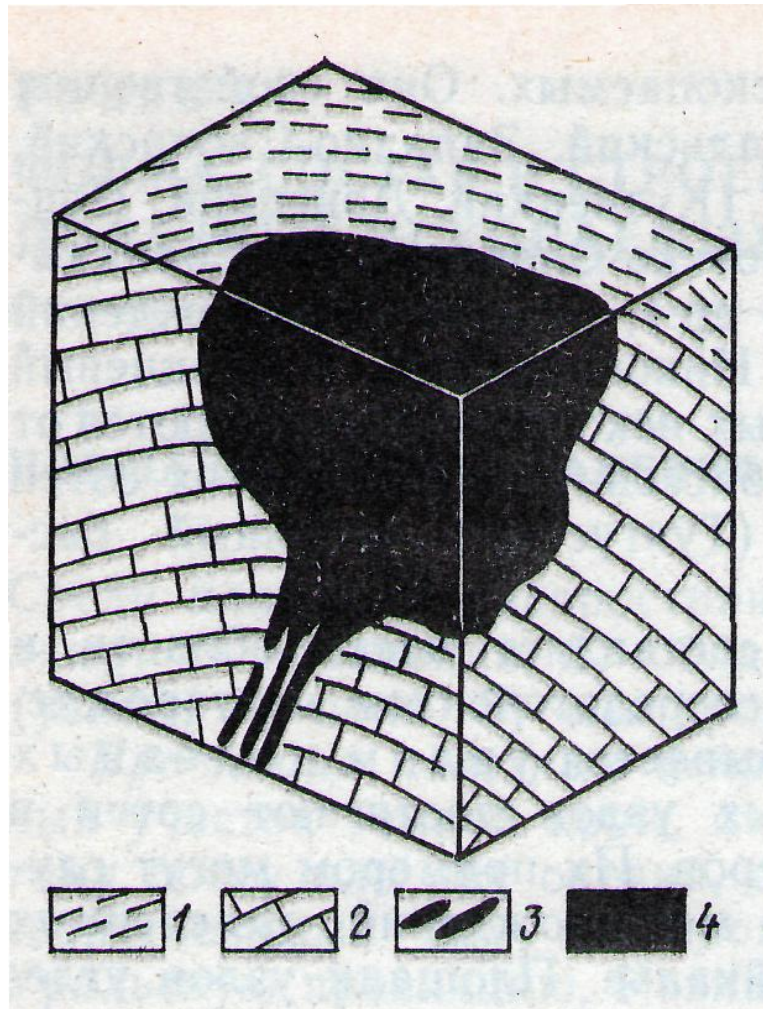
# Формы рудных тел

Изометричные тела полезных ископаемых:

Шток

Штокверк

Гнездо



Шток – крупная более или менее изометричная залежь сплошного или почти сплошного минерального сырья

1-сланцы

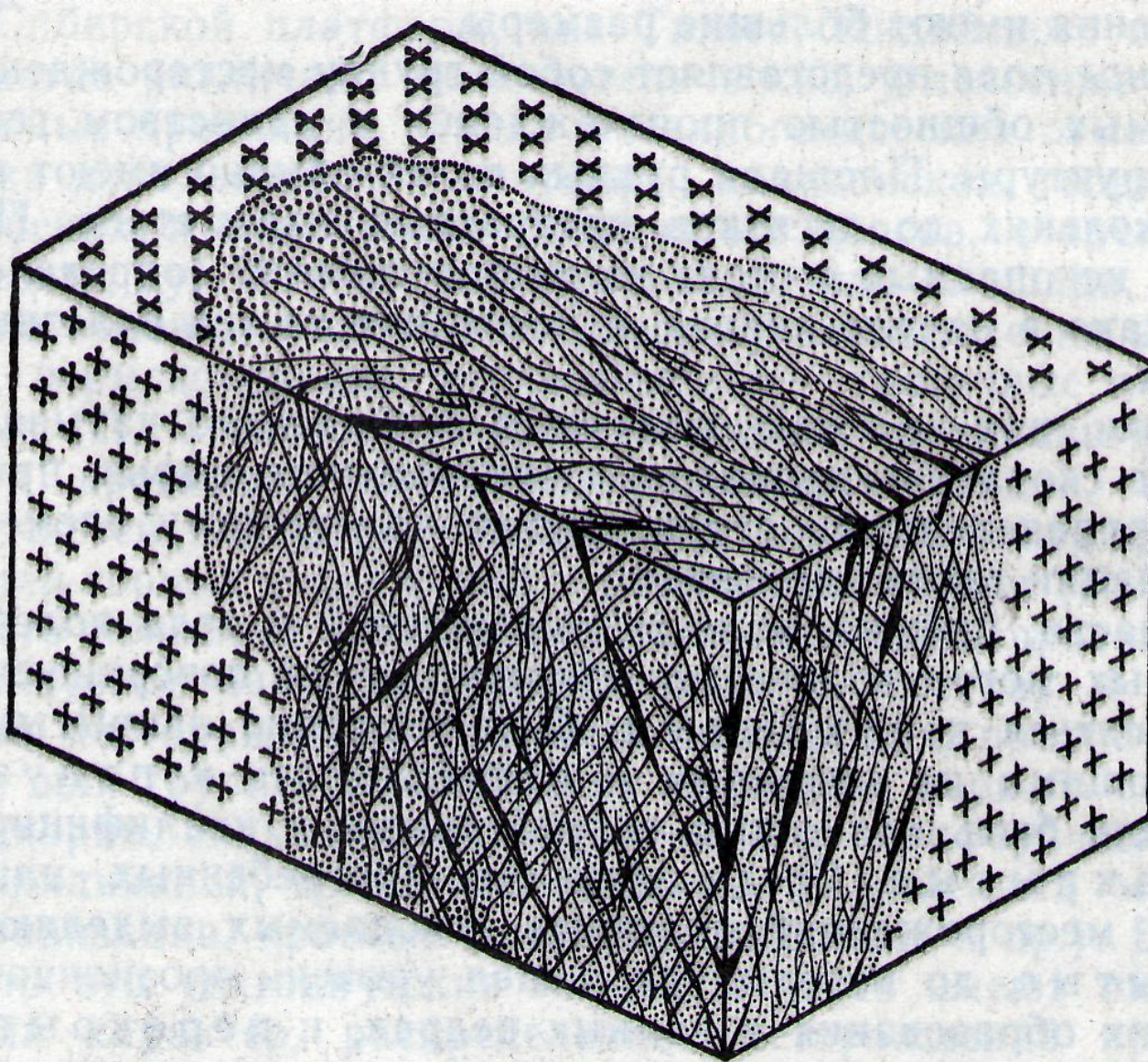
2-известняки

3-зона трещиноватости

4-рудное тело



**Штокверк** – относительно изометричный блок горной породы, пронизанный мелкими жилками и насыщенный вкрапленностью минерального вещества, разрабатываемый целиком в качестве полезного ископаемого





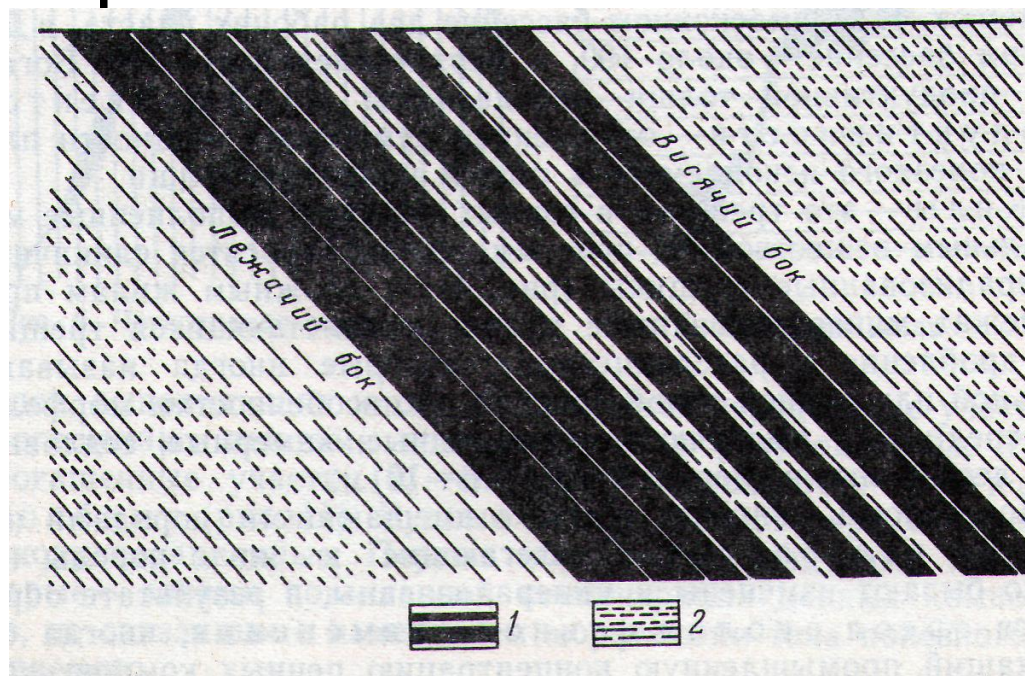
# Плоские тела полезных ископаемых

Характеризуются двумя **протяженными**  
**и одним коротким размером:**

Пласты и пластообразные тела

Жилы и жилообразные тела

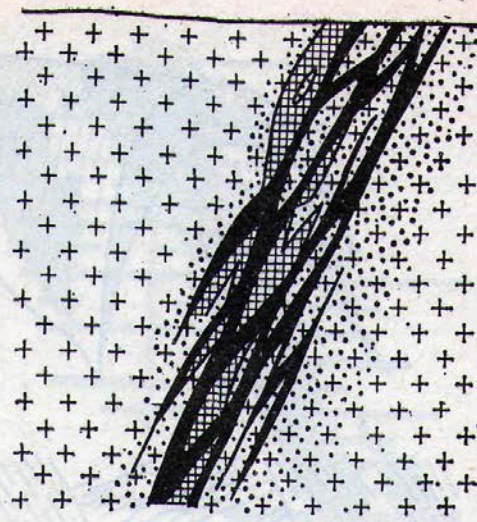
Линзы и линзообразные залежи



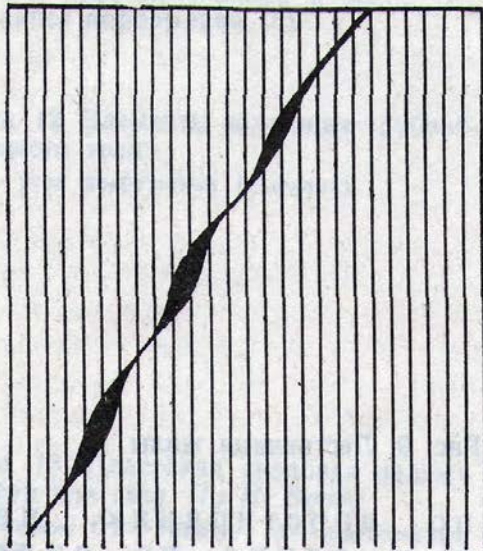




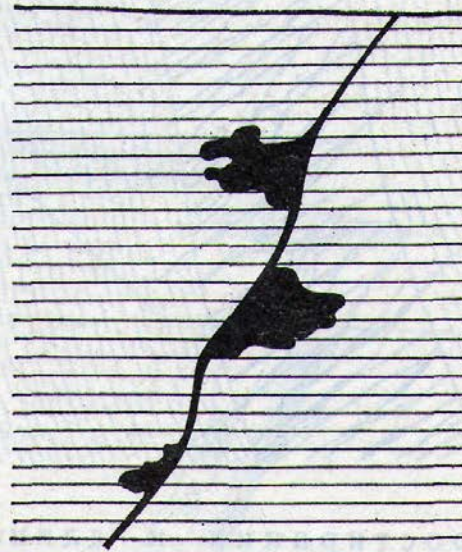
Простая жила. Точками покрыта площадь измененных околожилных вмещающих пород



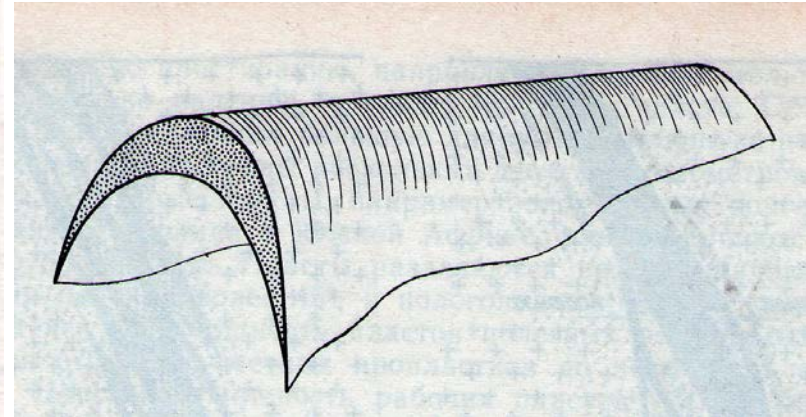
Сложная жила



Четковидная жила



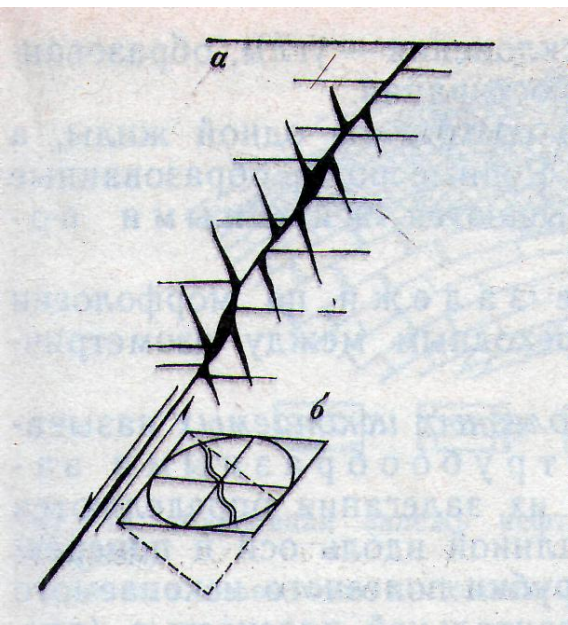
Камерная жила



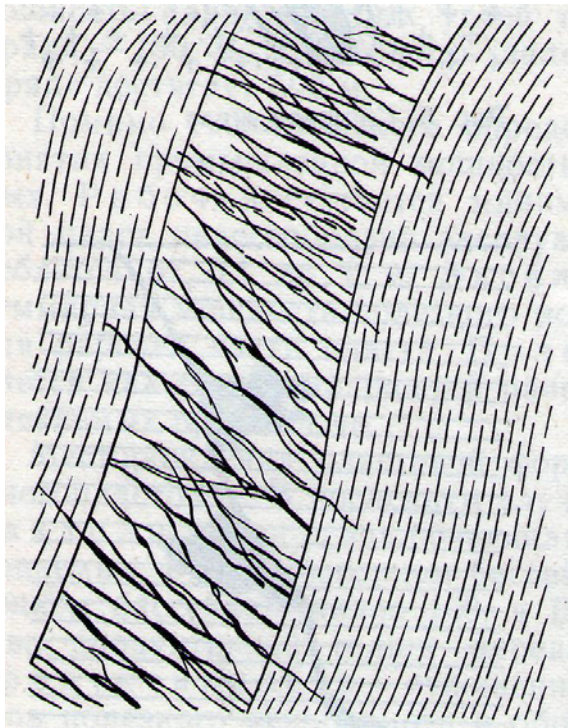
Седловидная жила

**Апофиза** (от греч алоφύσις, *отросток*) — жилоподобное ответвление, отходящее от магматического тела во вмещающие породы, связь с которым можно непосредственно проследить. Апофизами также называют и мелкие рудные жилы, отходящие от главной жилы  
**Зальбанд** (от нем. Sahlband) - порода, находящаяся на контакте минеральной жилы и вмещающих пород.

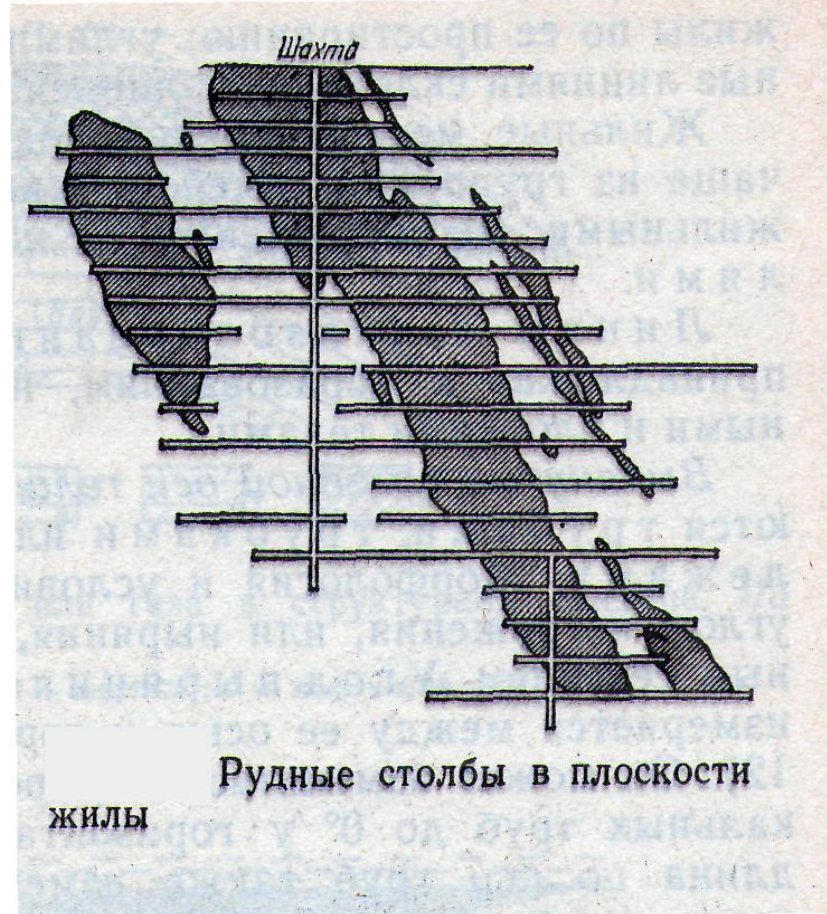




Жила оперенная



Лестничные  
жилы



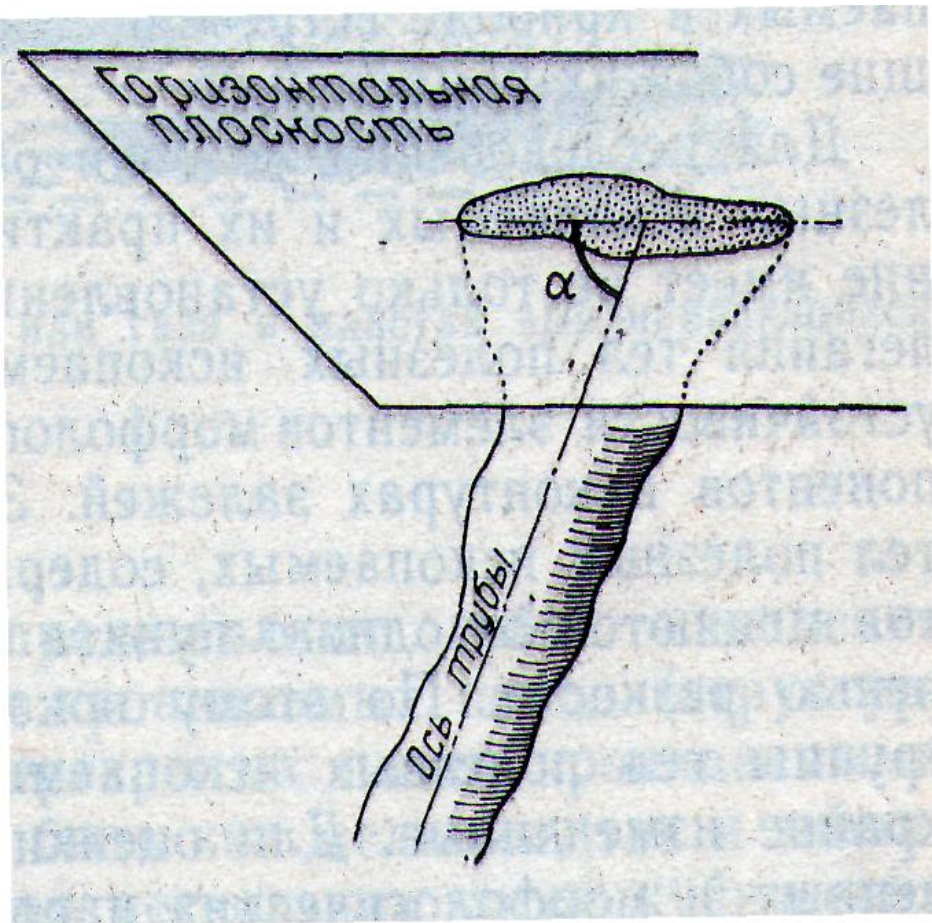
жилы

Рудные столбы в плоскости

Рудный столб –  
обогащенные участки в теле  
рудной жилы

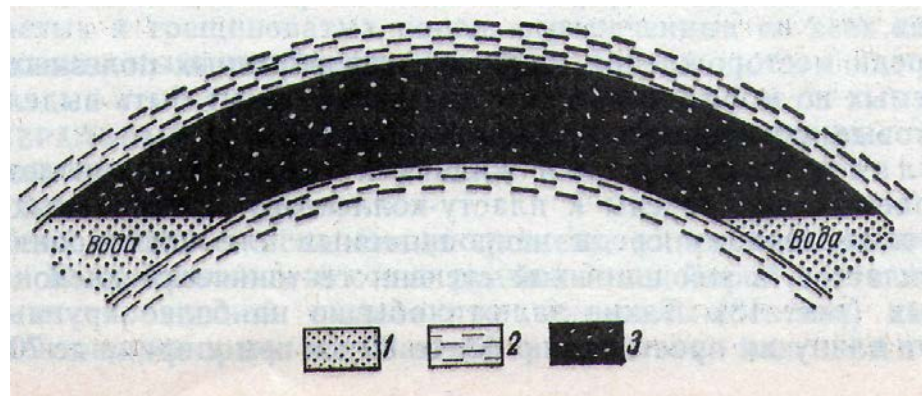


# Вытянутые в одном направлении рудные тела



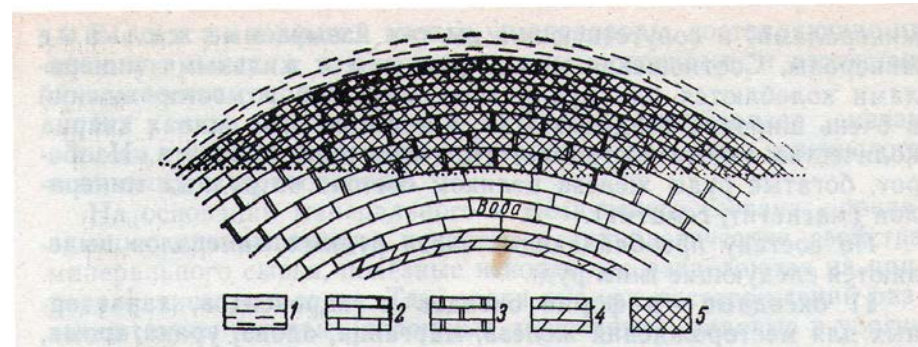
α- угол ныряния

# Залежи



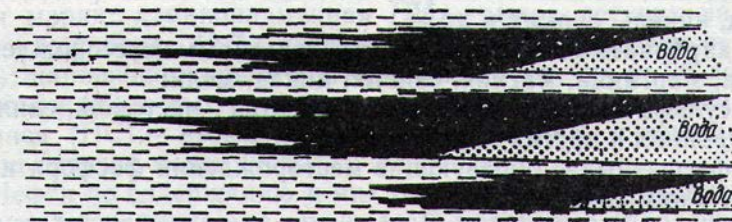
1-песчаник; 2-аргиллит; 3-нефть

Пластовая залежь нефти



Массивная залежь нефти или газа в структурном выступе. По И. Броду.

1 — глины; 2 — известняки; 3 — доломиты; 4 — мергели; 5 — нефть или газ



Линзовидные залежи нефти или газа в пластах выклинивающихся песков среди сланцев. По И. Броду.

Усл. обозначения см. на рис. 13



# Залежи нефти

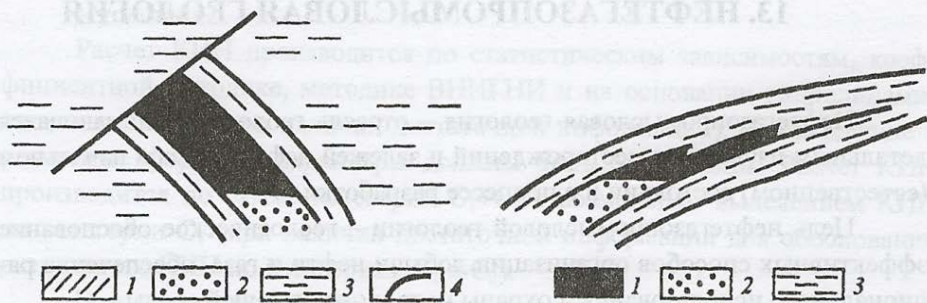


Рис. 13.3. Пластовая тектонически экранированная залежь:  
1 – нефть; 2 – вода; 3 – глина; 4 – тектоническое нарушение

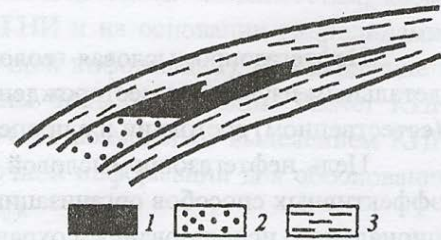


Рис. 13.4. Пластовая литологически экранированная залежь:  
1 – нефть; 2 – вода; 3 – глина

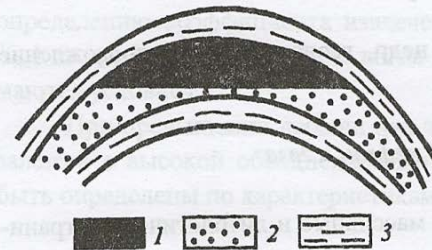


Рис. 13.5. Массивная залежь:  
1 – нефть; 2 – вода; 3 – глина

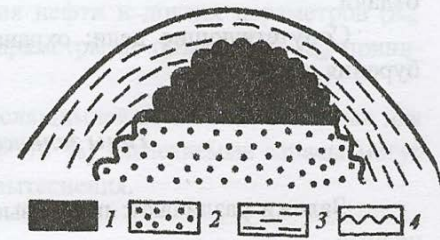


Рис. 13.6. Массивная залежь в эрозионном выступе:  
1 – нефть; 2 – вода; 3 – глина; 4 – линия размыва

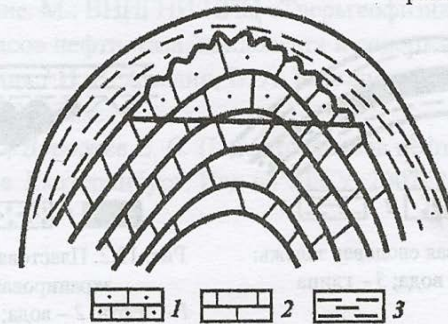


Рис. 13.7. Массивная залежь в рифовом массиве:  
1 – нефтеносный известняк; 2 – водоносный известняк; 3 – глина



# Текстуры и структуры руд

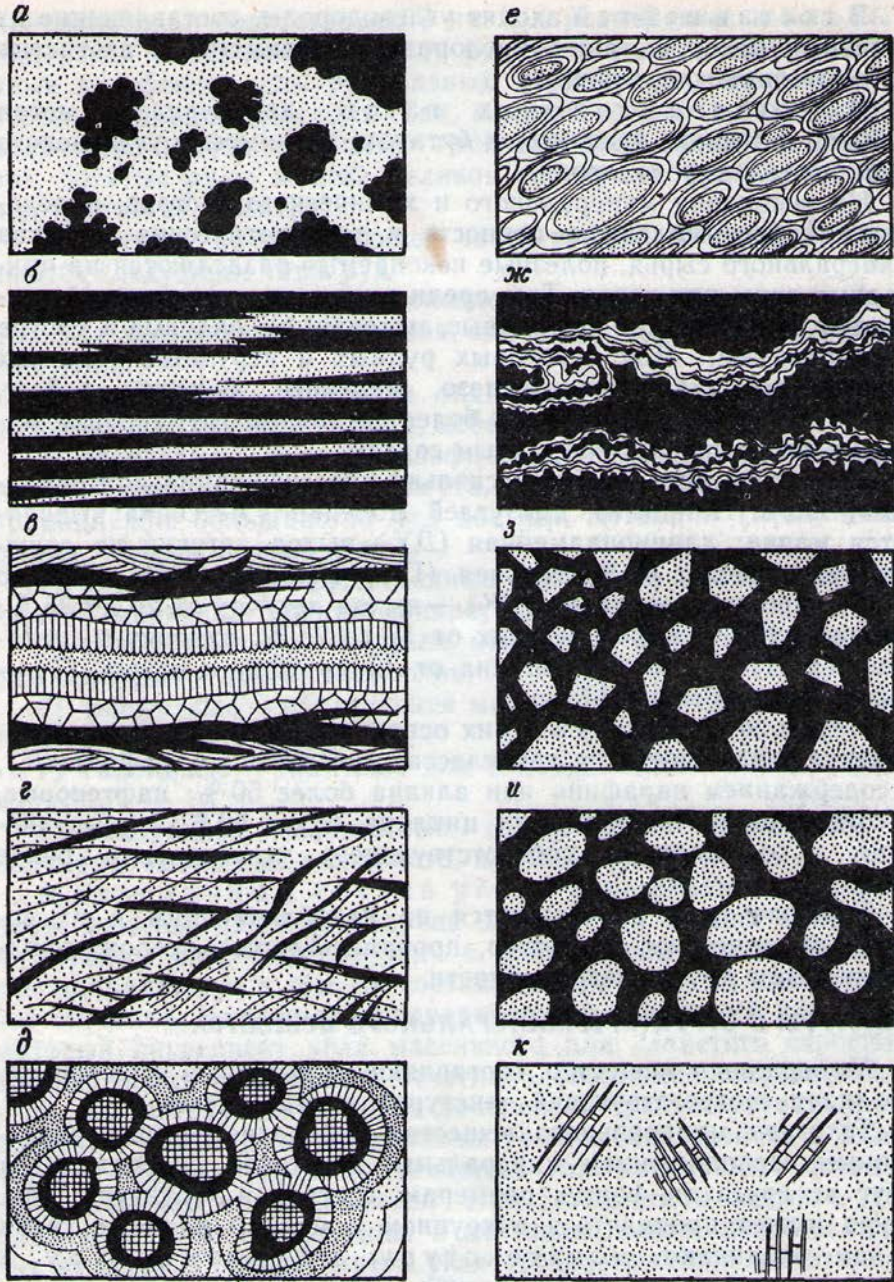


Рис. 16. Некоторые типы текстур руд:  
 а — пятнистая; б — полосчатая; в — кристаллическая; г — прожилковая; д — кокардовая; е — оолитовая; ж — почковидная; з — брекчиевая; и — брекчиевидная; к — фрагменты каркасно-ящичной текстуры

# Минеральный и химический состав тел полезных ископаемых

**Основные ценные компоненты;**

**Попутные ценные компоненты (Ti, V, Sc, ЭПГ в месторождениях Fe);**

**Полезные примеси (V, Cr, Mn в месторождениях Fe);**

**Вредные примеси (As, P, S в месторождениях Fe),**

**Токсичные элементы (Be, As, Hg и др.),**

**Радиоактивные примеси (Ra, U, Th и продукты их распада)**



# Геологические условия образования МПИ

## I. Связь МПИ с магматизмом:

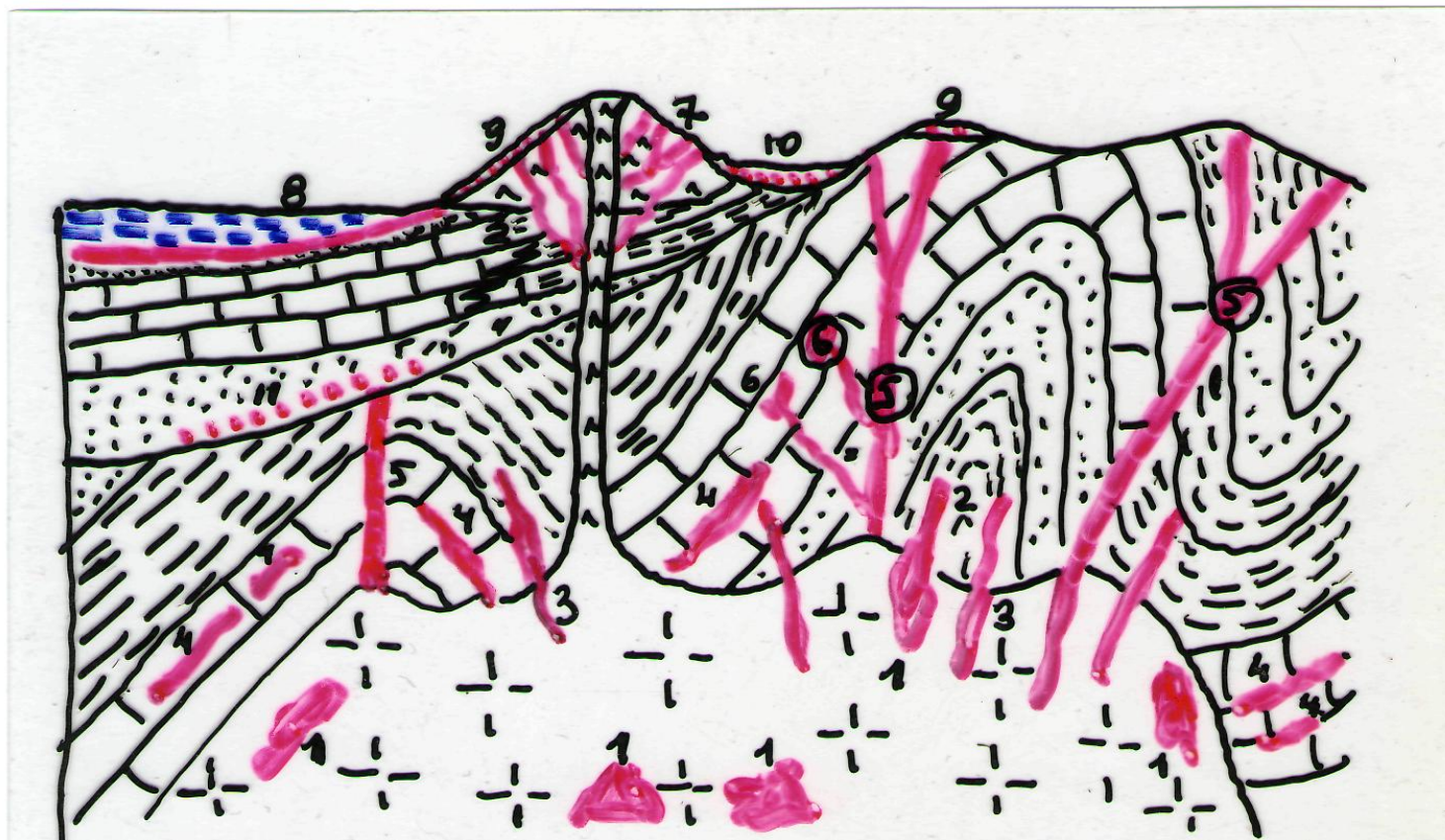
Имеющийся эмпирический материал позволяет наметить некоторые эмпирические закономерности:

1. С породами основного и ультраосновного состава связаны месторождения Cr, Ti, Fe, Pt, Cu, Ni, алмазов, асбеста и др.
2. С породами гранитоидного ряда связаны месторождения Sn, W, Mo, Bi, Ta, Nb и др.
3. С породами типа гранодиоритов, диоритов связаны месторождения Au, Cu, Fe, Pb, Zn и др.
4. С породами щелочного ряда связаны месторождения апатита, TR, нефелина и др.

# I. Связь МПИ с магматизмом:

Вся проблема связи оруденения с магматизмом заключается в признании или отрицании генетической связи того или иного компонента с данным магматическим очагом или интрузией. Если такая связь признается, то модель может иметь следующий вид:

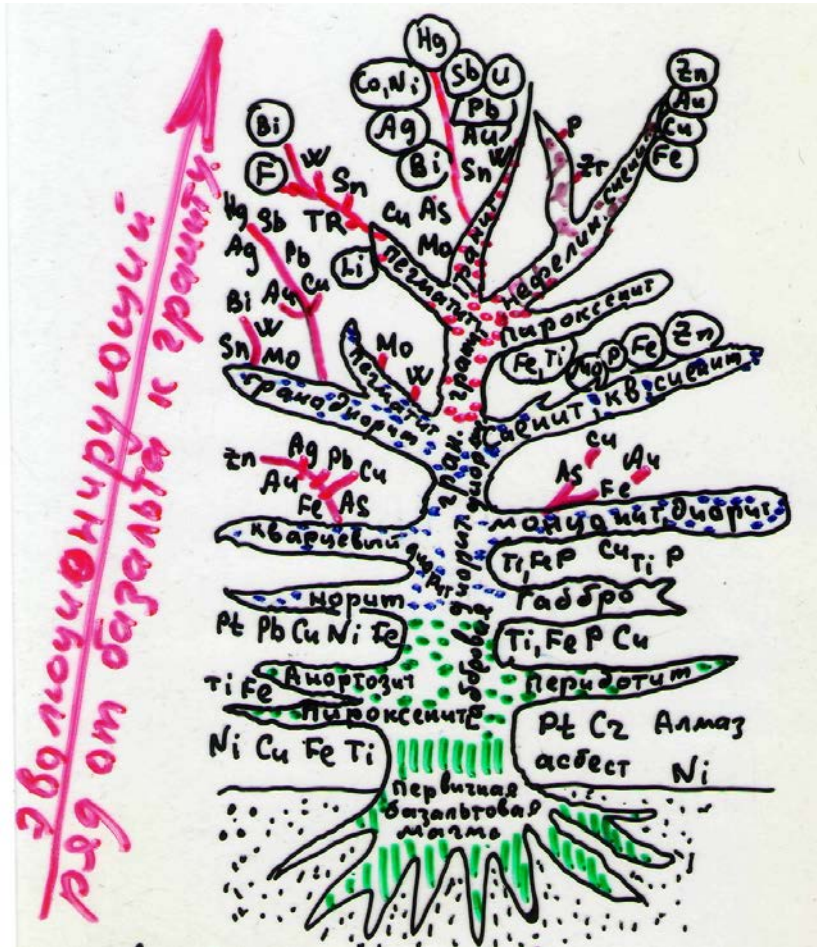
# Схема генезиса рудных месторождений (по В.А. Обручеву)



1- месторождения магматические сегрегационные в батолите; 2- месторождения магматические инъекционные в оболочке батолита; 3- пневматолитовые (пегматитовые) месторождения; 4- месторождения контактовые (скарновые); 5- месторождения гидротермальные большой и средней глубины; 6- то же, но метасоматические; 7- месторождения гидротермальные малой глубины в теле вулкана; 8- месторождения осадочные; 9- месторождения элювиальные; 10- аллювиальные россыпные месторождения; 11- Древняя аллювиальная россыпь в трансгрессивной юной свите.

Все месторождения, за исключением 8-11 типов, В.А. Обручев связывает с батолитом, содержащим некоторые количества металла

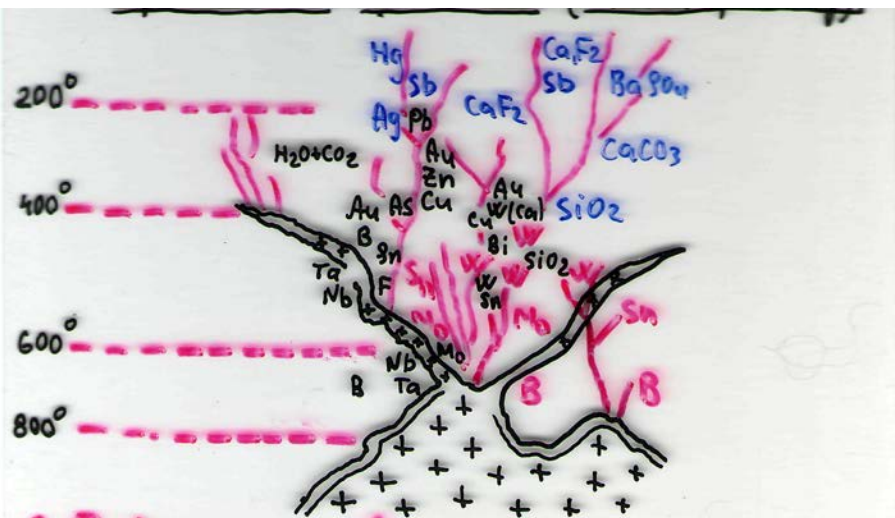
Эволюционное дерево – схема эволюции магмы и связанных с ней рудообразующих процессов (по Гроуту)



Пример ортодоксальной ультрамагматической точки зрения геологов США (В. Линдгрэн, В. Эммонс, А. Грейтон, А. Баддингтон)



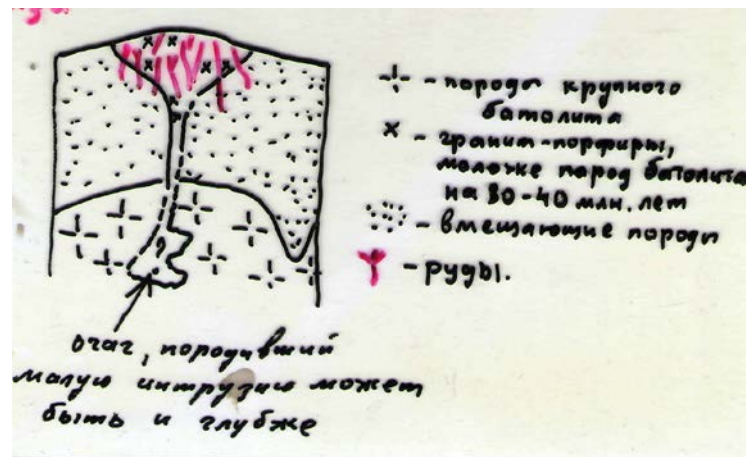
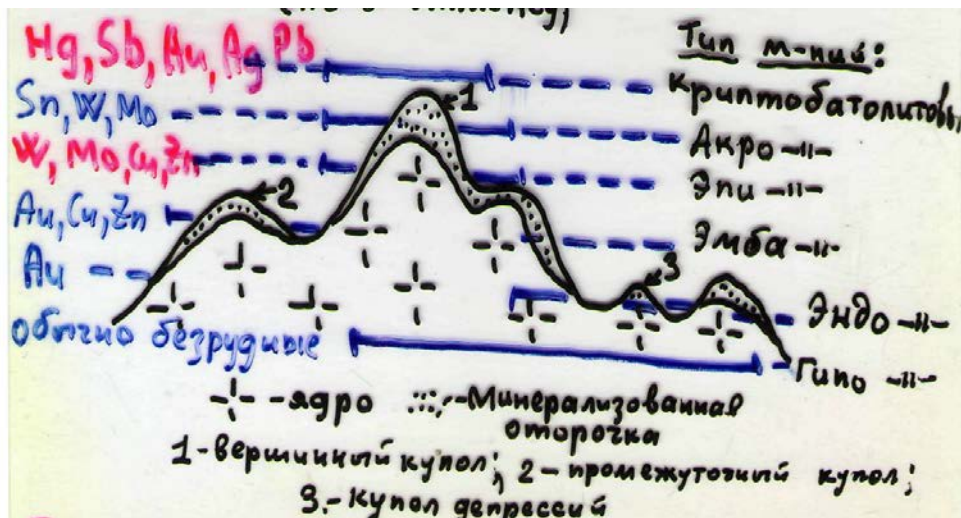
# Схема геохимической эволюции гранитных массивов (по А.Е. Ферсману)



А.Е. Ферсман генетическую связь с интрузиями признавал

Парагенетическая связь малой интрузии и оруденения

Схематический разрез гранитного батолита и размещение МПИ (по В. Эммонсу)



Практика показала, что связь МПИ с батолитами не прямая, отмечается фрагментарно



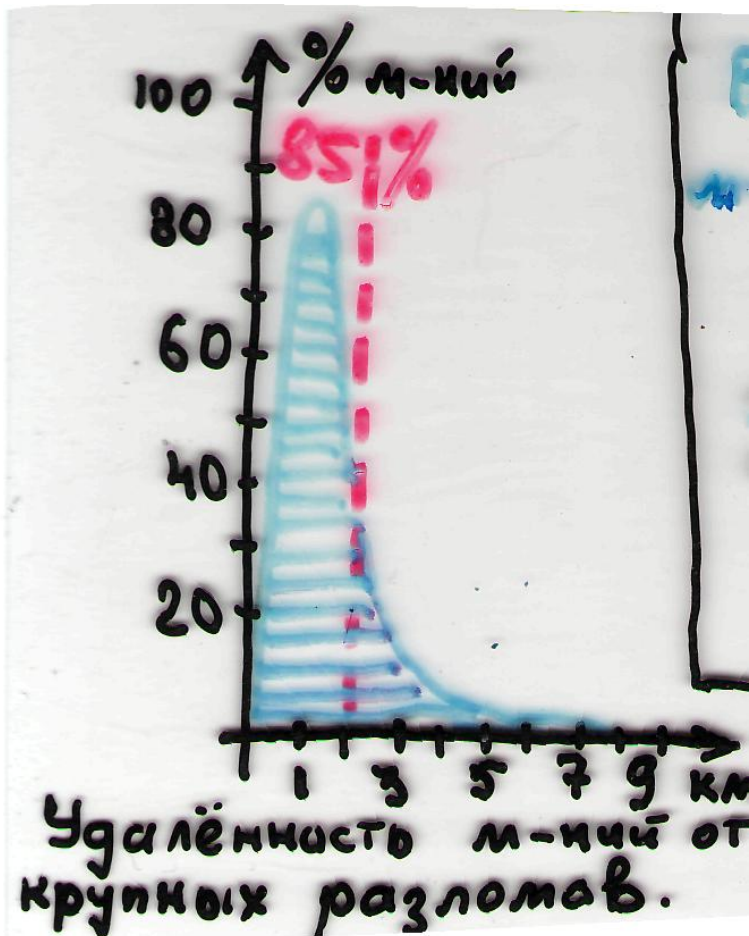
Ю.А. Билибин и С.С. Смирнов (1945, 1946)

обратили внимание, что гидротермальные месторождения формируются **после становления даек и малых интрузий**.

Они первыми отметили, что связь оруденения и магматизма **парагенетическая**, то есть они связаны общностью очага, а не с конкретным массивом.

**Магма и рудоносные растворы могут унаследовать одни и те же проницаемые структуры земной коры**. Пространственно они будут совмещены (например, урановые месторождения и кислые эффузивы), но **источник тех и других может быть как общим (парагенетическая связь), так и различным**. Тогда правильнее говорить об **энергетической** связи

## II. Связь МПИ с тектоникой:



Эндогенные месторождения весьма часто имеют пространственную статистически значимую связь с дизъюнктивной тектоникой. Так, 85% гидротермальных урановых месторождений локализуется в пределах полосы не >2 км по обе стороны от разломов. Все промышленные месторождения на расстоянии до 2,5-3 км.

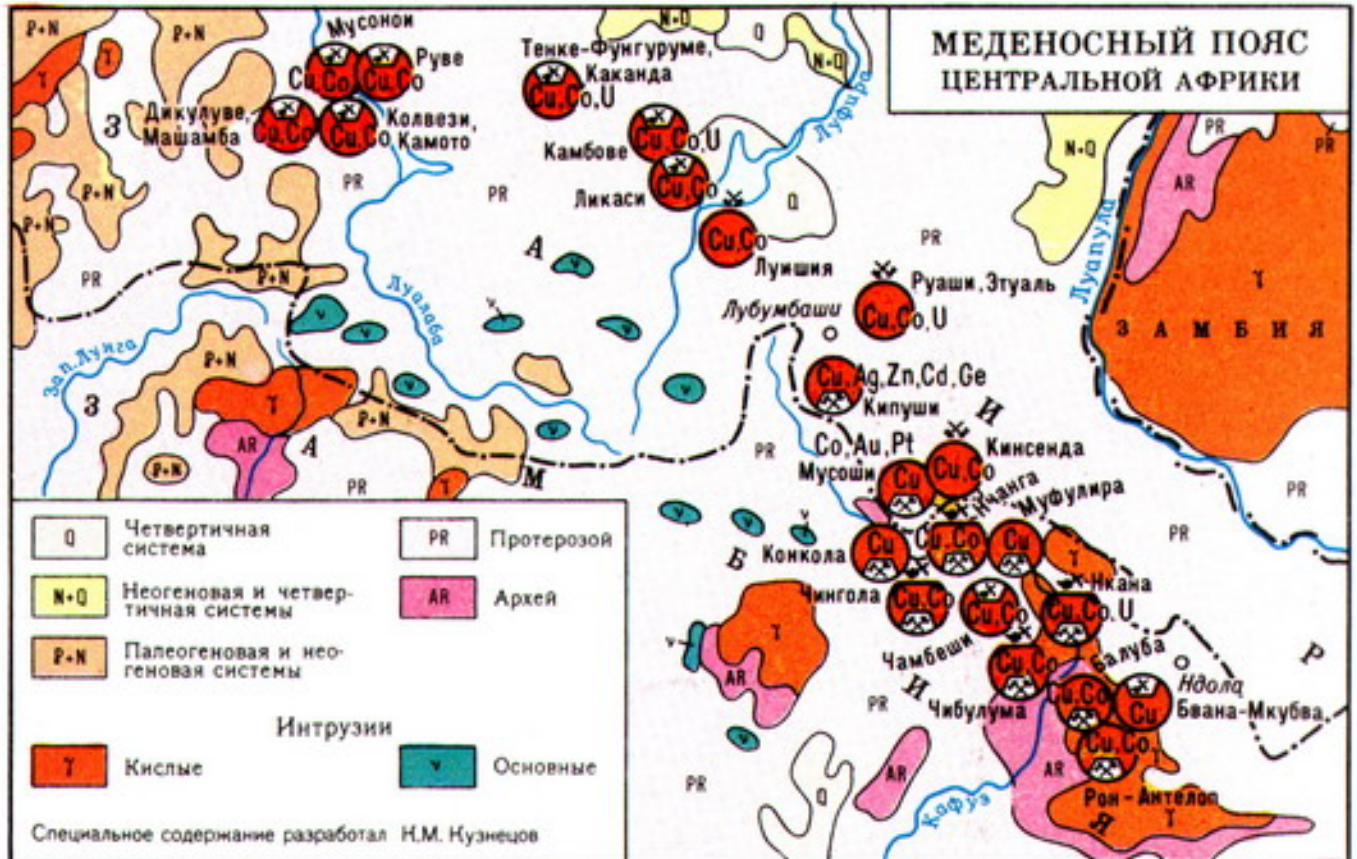
Оруденение в верхних ярусах находится в более мелких оперяющих структурах, **но рудных тел нет** в самых крупных дизъюнктивах.

В нижних ярусах оруденение чаще всего локализуется непосредственно в зоне крупных тектонических структур, на границе геологических блоков.

Чем большим количеством разрывных структур различного типа и порядка образован **узел пересечения**, тем более масштабное оруденение отмечается в нем.

Нередко отмечается некоторая периодичность  
в размещении крупных месторождений

В медном поясе Африки месторождения  
располагаются на расстоянии 30-40 км друг  
от друга

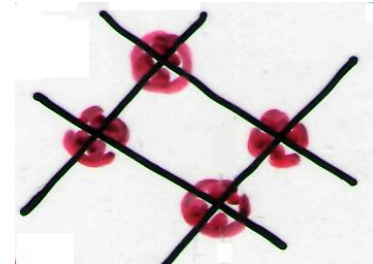




Из месторождения Калифорнии расположены через 40 км.

Отмечается приуроченность месторождений к узлам ортогональной решетки.

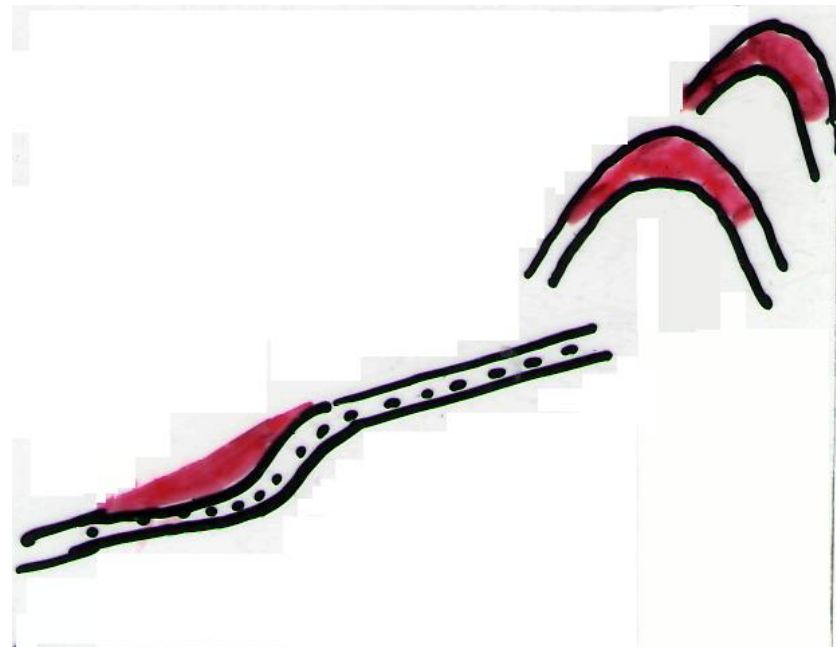
Локсодромы – Сараев В.А.



**Пликативная тектоника также контролирует размещение  
МПИ:**

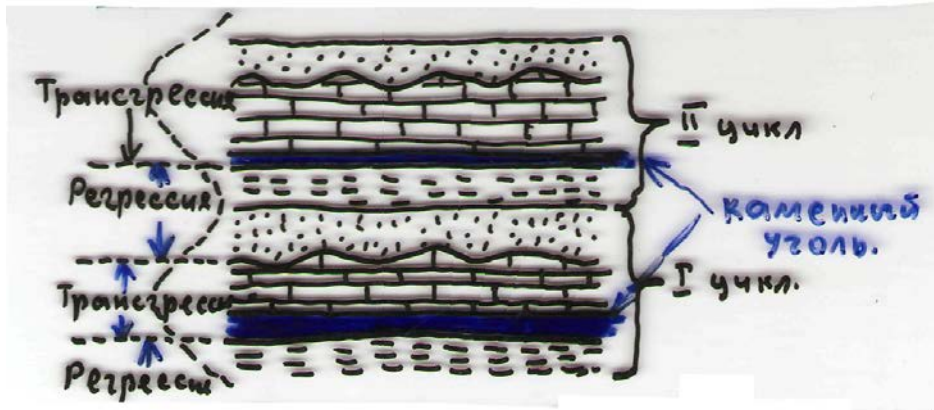
- 1. Складчатые пояса;**
- 2. Прогибы: антиклинории  
синклинории**
- 3. Замки антиклинальных складок  
Флексурные перегибы  
и т.д.**

**Более подробно со структурными  
условиями локализации  
оруденения можно ознакомиться в  
курсе “Структуры рудных полей и  
месторождений”**



## II. Связь МПИ с осадочными породами

Наиболее наглядно она устанавливается для **экзогенных месторождений**



Приуроченность пластов угля к началу трансгрессивных циклов



Приуроченность месторождений солей к гипсоносным и ангидритовым толщам (галогенная формация)



Для бокситов необходимы коры  
выветривания

Угли Донбасса, Кузбасса, Минусинского  
бассейна имеют возраст  $C_2-P_1$ ;

Канско-Ачинского, Иркутского,  
Улугхемского бассейнов –  $J_{1-2}$

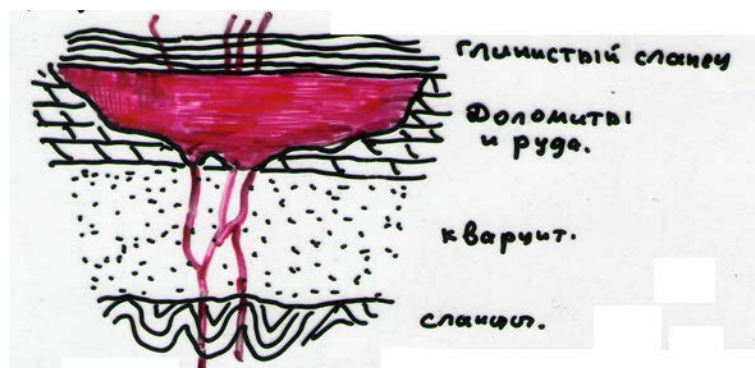
Месторождения солей приурочены к  $P$

Месторождения  $Mn$  приурочены к  
палеогеновым отложениям

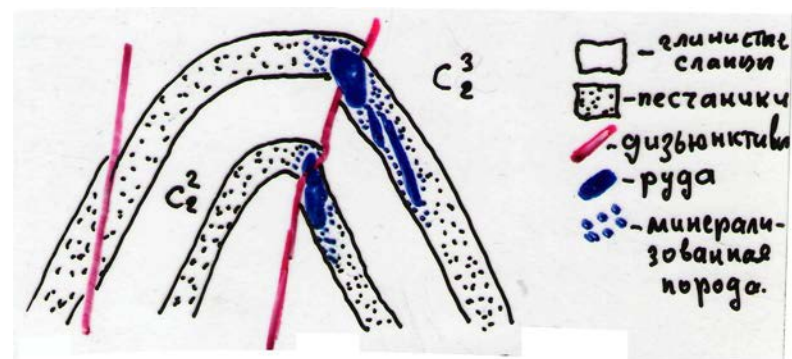
Месторождения  $U$  (Витватерсранд,  
Блайнд-Ривер и др.) приурочены к  
породам с возрастом **2,0-2,8 млрд.лет**

**Стратиграфо-формационные критерии** играют важную роль в прогнозировании и поисках МПИ:

**Литологический состав пород** часто предопределяет локализацию эндогенных руд:



**Au-As месторождение Блэк – Хилл**  
(по Ирвингу), США



**Hg месторождение Никитовка**  
(Украина)

**Месторождения Hg:**

**65% - в вулканогенных породах**

**17% - в серпентинитах**

**18% - в осадочных породах**

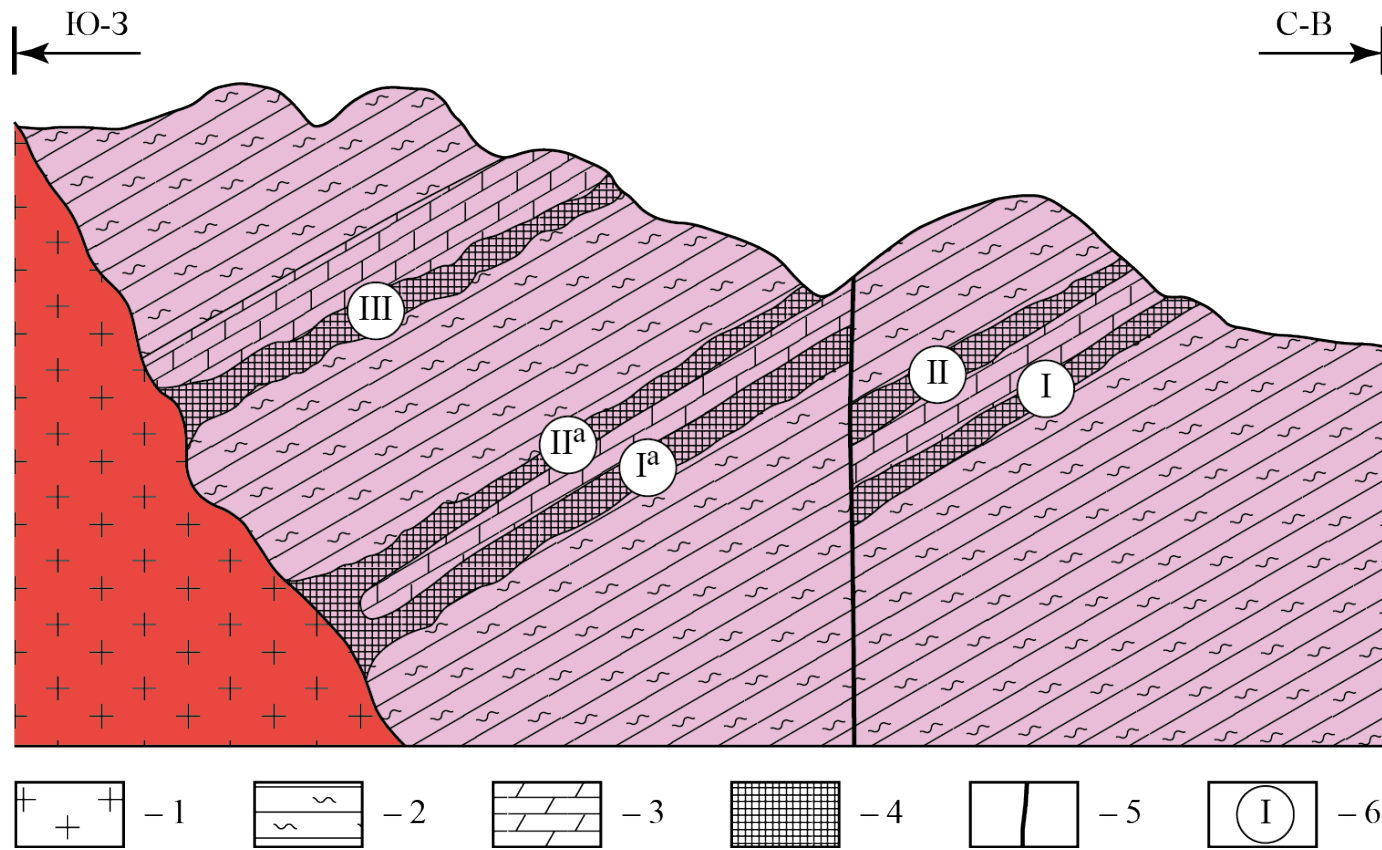
**Но 75% запасов Hg в месторождениях среди  
песчаников и кварцитов**



Скарновая магнетитовая залежь в подошве пласта известняков (месторождение Бортолгой). Видны элементы залегания известняков и рудных тел.

1 – известняк доломитизированный; 2- серпентинизированный доломит; 3- скарн амфиболовый (амфибол хлоритизирован); 4 – магнетитовый скарн; 5 – пироксен-гранатовый скарн.





Приуроченность магнетитовых скарновых залежей к горизонтам доломитизированных известняков (месторождение Бортолгой).



**Отложения соли на берегах озера Тус (Хакасия)**

# Классификация МПИ

**Классифицировать** – это значит группировать в систематически связанные друг с другом классы на основании общих свойств.

Общими свойствами у МПИ могут быть:

- 1) Морфология рудных тел
- 2) Состав вмещающих пород
- 3) Состав руд
- 4) Условия отложения руд
- 5) Теоретические представления об условиях формирования руд и т.д.

Классификация Г. Агриколы (1546год) – по морфологии рудных тел

В конце XIX века появляются попытки классифицировать месторождения по происхождению.

Известно более 100 классификаций МПИ на генетической основе.

Наиболее известны классификации В. Линдгрена (1913), П. Ниггли (1929), В.А. Обручева (1929), М.А. Усова (1931), А.Г. Бетехтина (1928), Г. Шнейдерхена (1941), Е.Е. Захарова (1933), П.М. Татарина (1939), С.А. Вахромеева, **В.И. Смирнова**, С.С. Смирнова (для эндогенных месторождений), Я.Н. Белевцева, В.Н. Котляра

**Серия – группа – класс – подкласс – минеральный тип или рудная формация**



Серия	группа	класс	подкласс
Эндогенная	магматическая	Ликвационный Раннемагматический позднемагматический	
	Карбонатитовая	Магматический Метасоматический комбинированный	
	пегматитовая	Простые пегматиты Перекристаллизованные Метасоматически замещенные Десилицированные пегматиты	
	флюидогенная	Известковых скарнов Магнезиальных скарнов Силикатных скарнов Гидротермально-метасоматический Гидротермально-осадочный	
Экзогенная	выветривания	Остаточный инфильтрационный	
	россыпная	Элювиальный Делювиальный Аллювиальный Литоральный гляциальный	
	осадочная	Механический Химический Биохимический вулканогенный	
Метаморфогенная	метаморфизованная	Регионально метаморфизованный контактово метаморфизованный	
	метаморфическая		