

# **Геологические условия формирования месторождений полезных ископаемых**

## **Геодинамические обстановки формирования МПИ**

**Вопрос 1. Геодинамические обстановки формирования месторождений с позиций тектоники литосферных плит.**

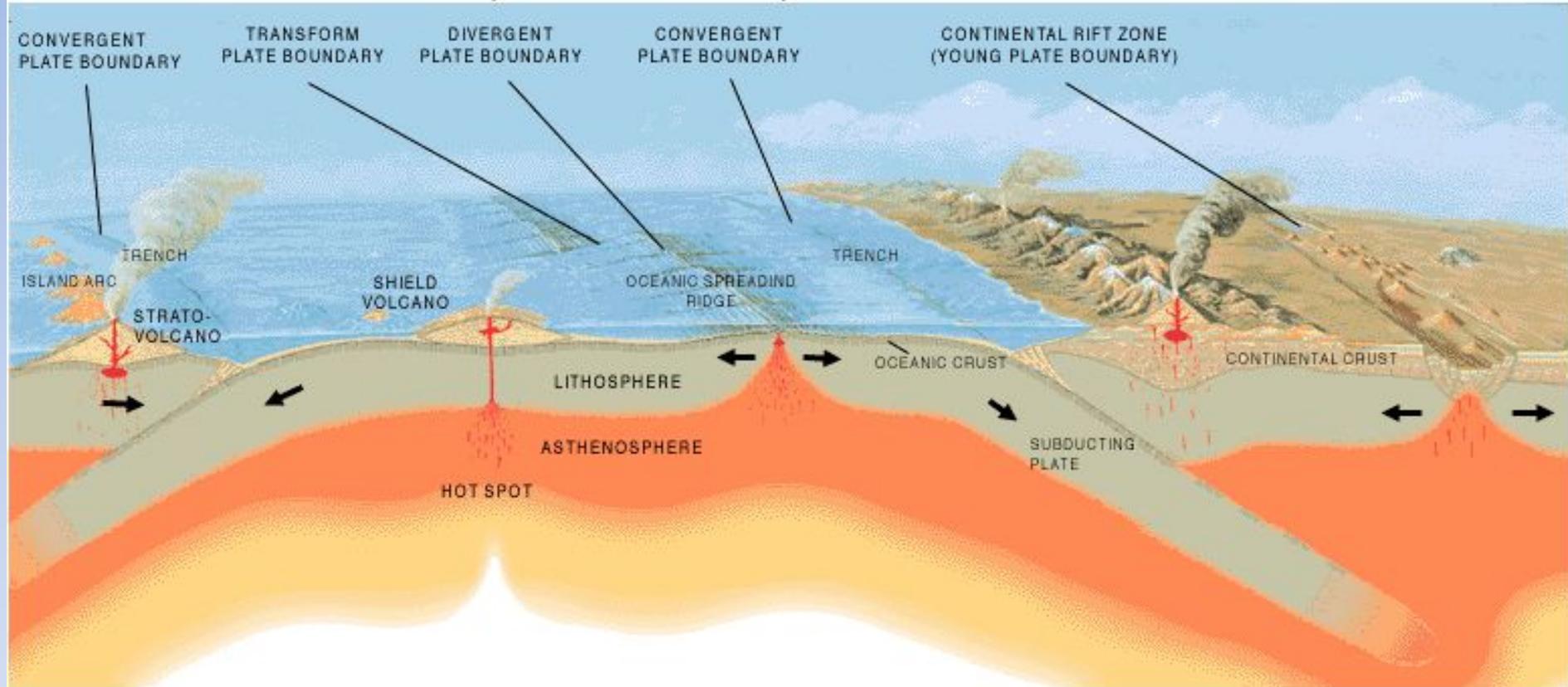
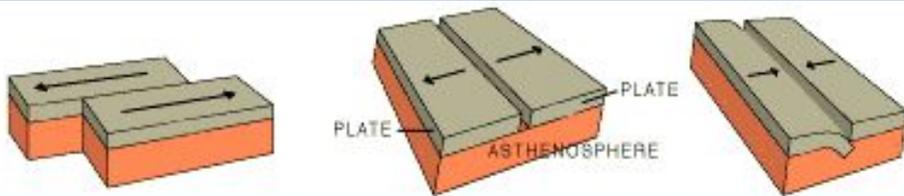
**Лекция 1 (2 часа).**

# Вопрос 1. Геодинамические обстановки формирования месторождений с позиций тектоники литосферных плит

- **СВК** – это комплекс пород и полезных ископаемых с характерными геологическими структурами, который формируется в **определенной геодинамической обстановке**. Геодинамическая обстановка связана с глубинными силами и процессами, которые возникают в результате эволюции Земли как планеты и обуславливают движение масс вещества и энергии внутри Земли и её верхних оболочках.

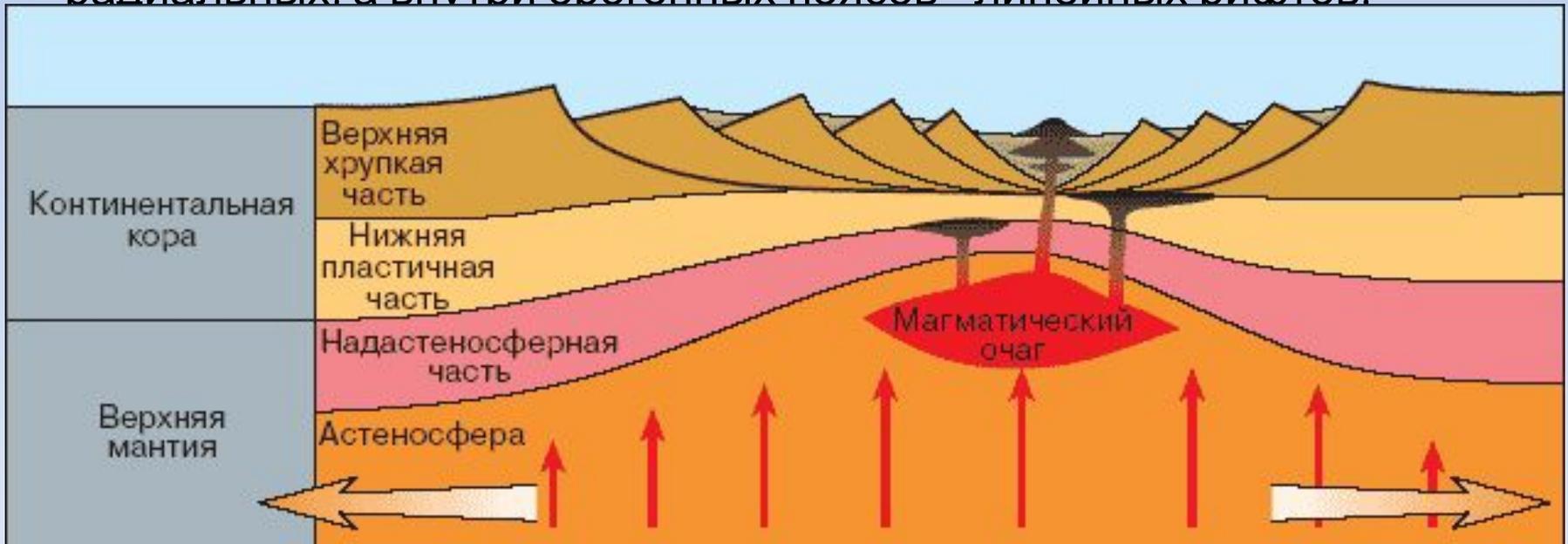
# ГЕОДИНАМИЧЕСКИЕ ОБСТАНОВКИ ОБРАЗОВАНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ С ПОЗИЦИИ МОБИЛИСТСКОЙ КОНЦЕПЦИИ

- Основу концепции составляет орогенический **цикл Уилсона**, который обычно охватывает промежуток времени **200-250 млн. лет**. Цикл разделяется на 5 стадий:
  - *внутриконтинентального рифтообразования,*
  - *расширения океанического дна,*
  - *поглощения океанической коры,*
  - *столкновения литосферных плит*
  - *и заключительная стадия (стабилизационная).*



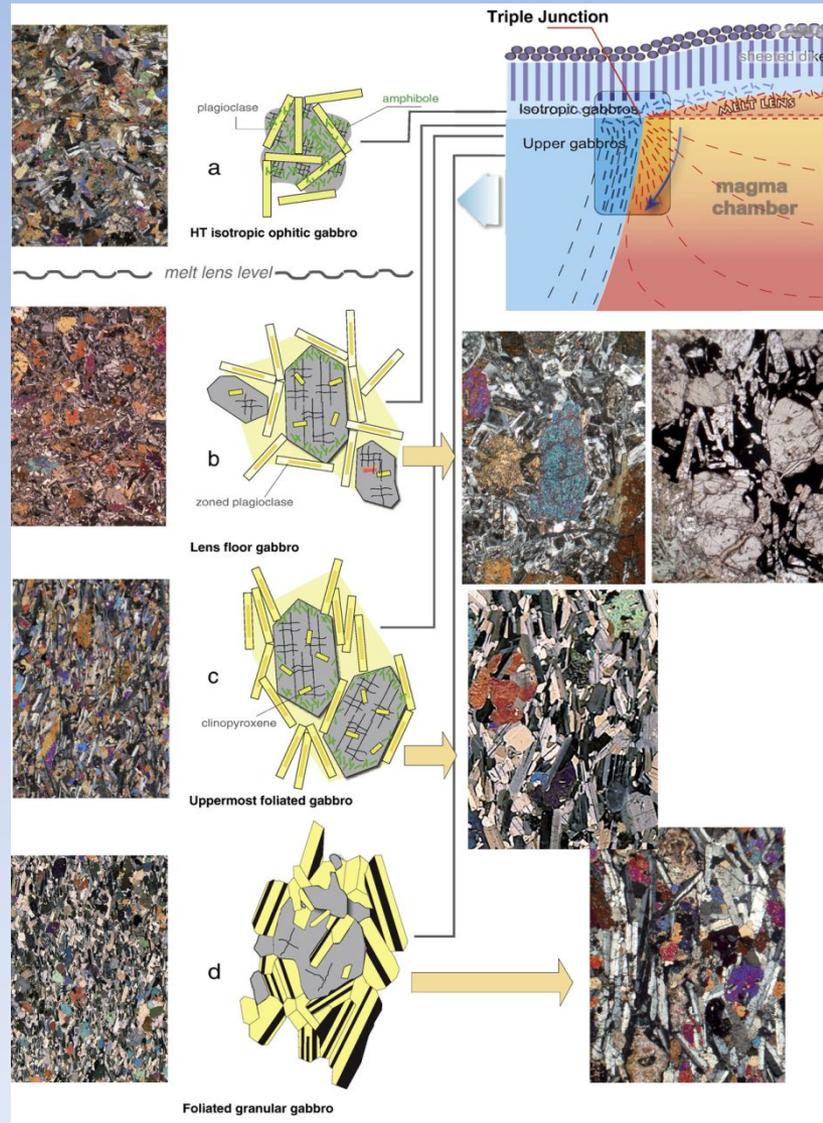
# I. Стадия внутриконтинентального рифтообразования или магматизм и металлогения «горячих точек»

В соответствии с конвективной моделью развития Земли мантийные магматические струи нагревают литосферу, образуют купольные поднятия, в ядрах которых генерируются кислые, основные и щелочные магмы. В результате поднятия в однородных платформенных блоках возникают системы радиальных, а внутри орогенных поясов - линейных рифтов.





# Изменение структуры пород в зоне перехода от верхних габбро к дайковому комплексу



# Различные модели формирования промежуточных камер в зоне спрединга

## REVISED MODEL

(Nicolas, 1992)

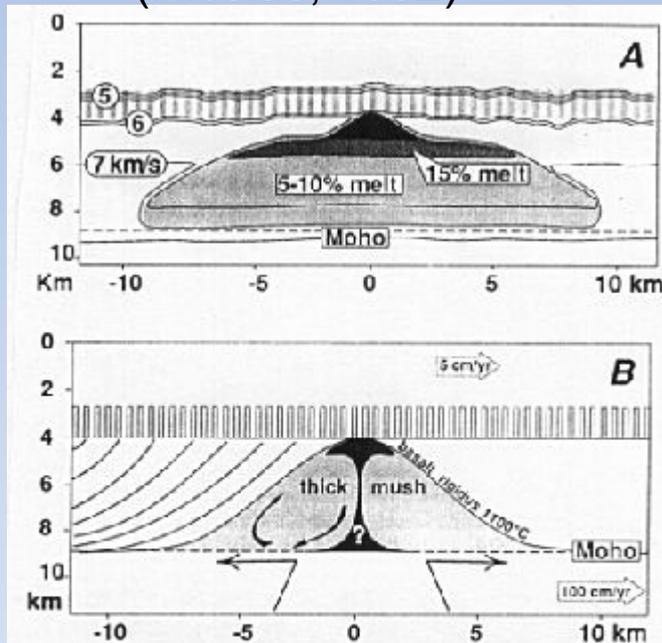


Figure 1. Models of magma chamber below fast-spreading ridge. A: Seismic model redrawn from Harding et al. (1989) showing perched magma chamber (black) above triangular low-velocity zone (velocity contours at 0.5 km/s). See text for melt estimates inside low-velocity zone. B: Ophiolitic model adapted to fit seismic model shown in A (modified from Nicolas, 1992)

## DUAL FEEDING MODEL

(Boudier et al, 1996)

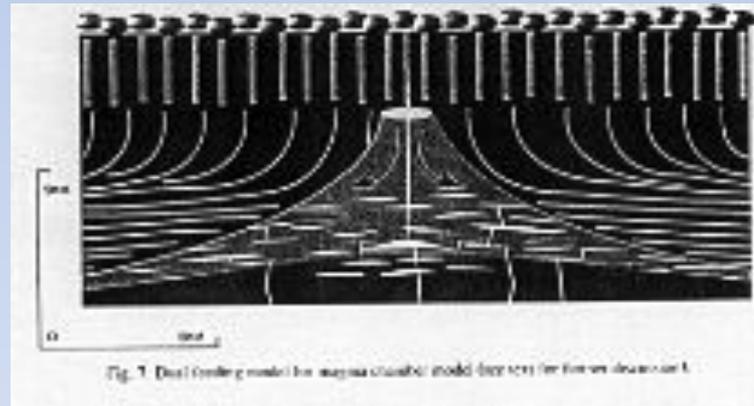
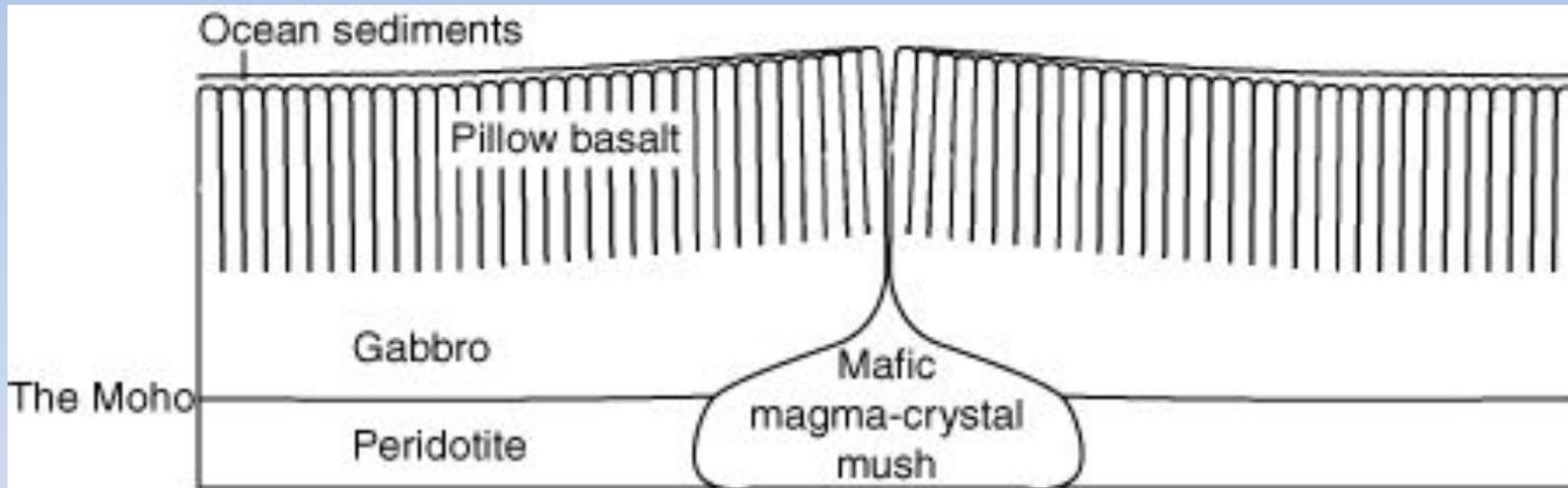


Fig. 1. Dual feeding model for magma chamber model (see text for further details).

# Модель формирования офиолитов в спрединговой зоне



Так выглядит граница МОХО  
внизу дунит-гарцбургитовый комплекс,  
вверху пироксенит-габбровый



С возникшими в эту стадию геологическими структурами тесно связаны следующие типы месторождений ПИ.

## **1. В зонах тектономагматической активизации (ТМА) предрифтовой стадии образуются:**

- а) алмазоносные кимберлитовые и лампроитовые трубки;**
- б) ультрабазито-щелочные интрузии с карбонатитами.**

Сопутствующие месторождения:

апатит-магнетитовые с флогопитом, вермикулитом и флюоритом (Ковдор, Россия);

**карбонатитовые** тантал-ниобиевые (Ta-Nb), редкоземельные (TR), урановые (U) и медно-молибденовые (Cu-Mo) м-ния (Южная Африка, Канада и др);

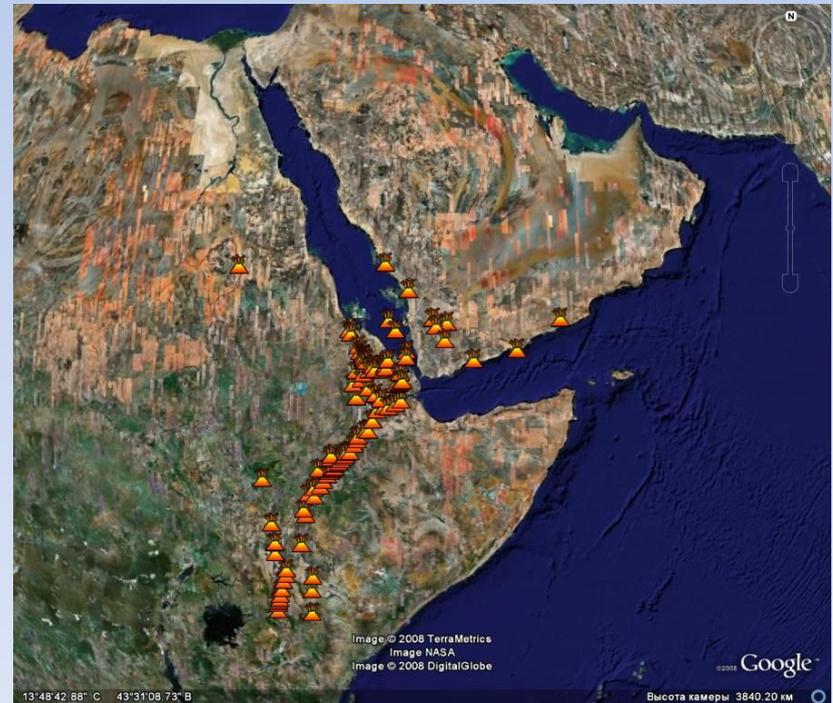
**интрузии нефелиновых сиенитов** с апатит-нефелиновой и редкоземельной минерализацией (Хибины, Ловозеро, Россия);

**интрузии щелочных гранитов** с олово-вольфрамовыми (Sn-W) и тантало-ниобиевыми (Ta-Nb) грейзенами (Джос, Нигерия; Рондония, Бразилия).

2. а) *В рифтовых зонах континентов* формируются базит-гипербазитовые расслоенные интрузии с медно-никелевыми (Cu-Ni), платиноидными (PGE), хромитовыми (Cr) и титаномагнетитовыми (Ti-Fe) месторождениями (Бушвельд, ЮАР, Великая Дайка, Зимбабве; Норильская группа месторождений и Печенга в России).

3. **Во внутриконтинентальных рифтах** (понижениях рельефа, впадинах) формируются: в терригенных толщах - стратиформные **полиметаллические (Pb-Zn)** руды (Салливан, Канада; Маунт-Айза, Австралия; Гамсберг, ЮАР), **урановые** месторождения роллового типа (Канада, Узбекистан); в эвапоритовых комплексах - **залежи натриевых, калийных и магниевых солей.**

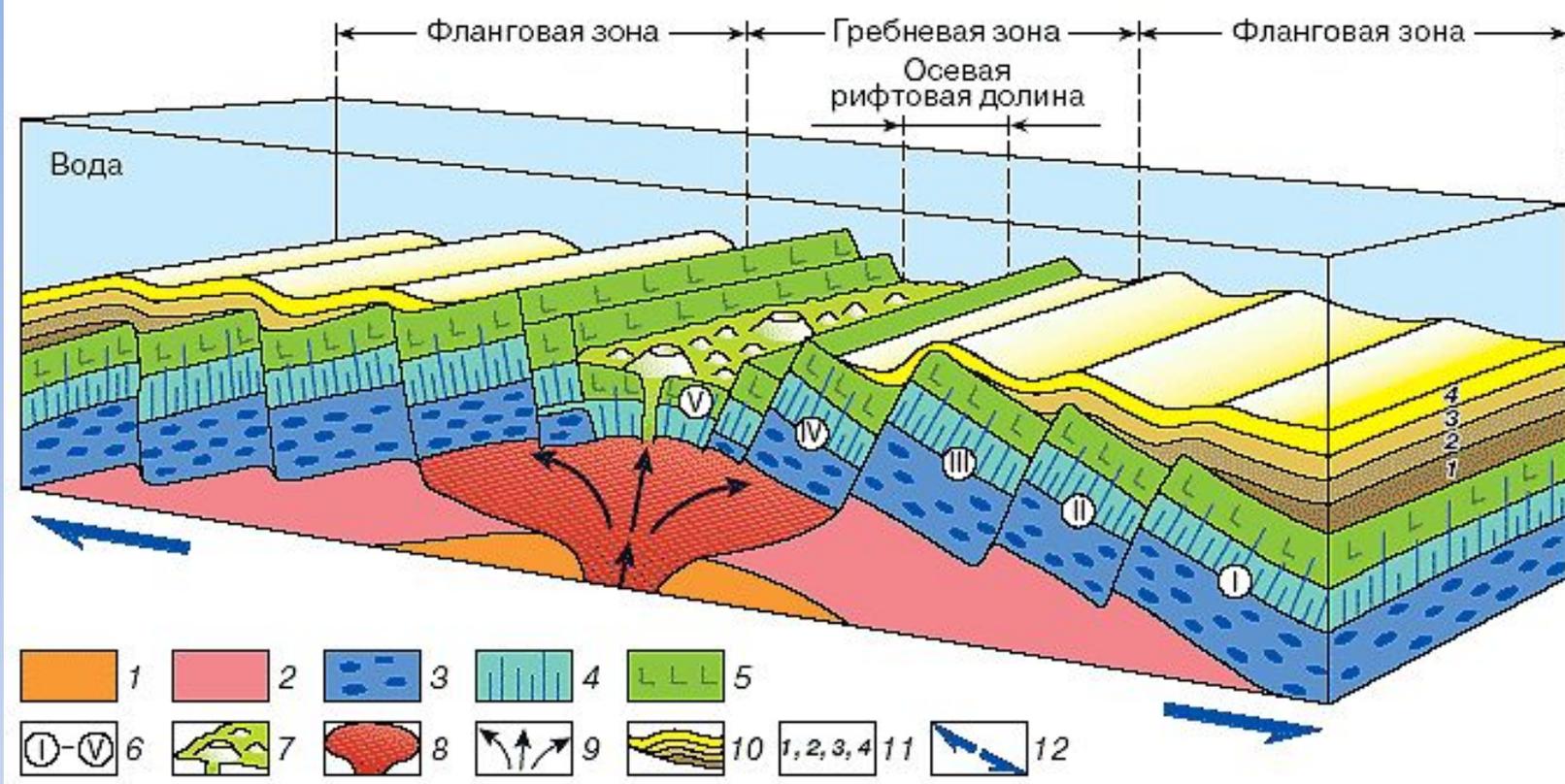
4. *В межматериковых рифтах* накапливаются рассолы и металлоносные осадки **с медью, цинком, серебром и др.** (впадины Красного моря)



## II. Расширение (спрединг) океанического дна.

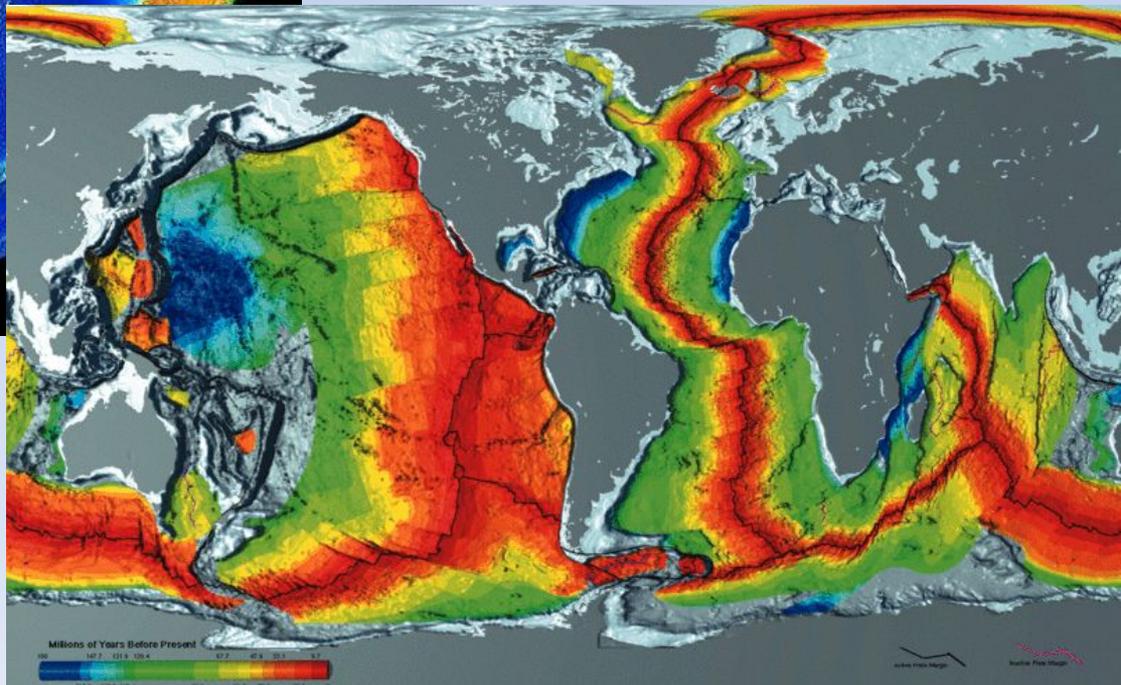
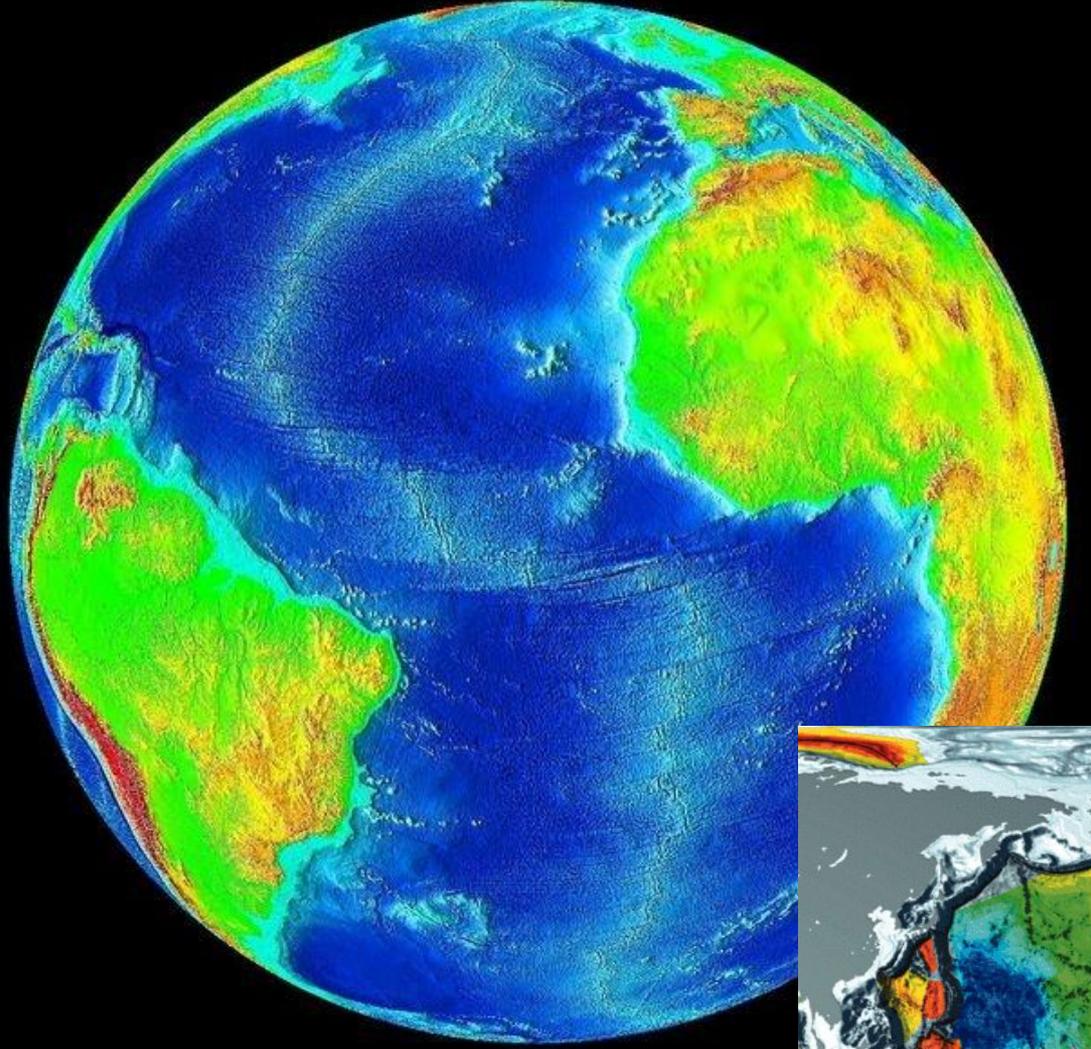
В процессе прогрева и поднятия в зонах действия мантийных струй единый континент раскалывается на несколько частей.

*Срединно-океанические хребты (СОХ)* - глубинные расколы литосферы, по которым в придонные области поступает мантийный магматический материал (главным образом - базальтовые толеитовые магмы). Этот материал формирует океаническую кору, возраст которой возрастает по мере удаления от СОХ. (Дно океана – молодое, если сравнивать с возрастом континентов). В начальную подстадию спрединговой стадии фиксируются самые ранние моменты зарождения океана после раскола единой континентальной плиты (Красноморский тип). Зрелая (Атлантический тип) подстадия характеризуется вполне развившимся океаническим бассейном с четко обособившимся центральным поднятием (срединно-океаническим хребтом). С одной стороны от поднятия развиваются процессы активной окраины расколовшегося континента, а с другой – пассивной



Строение срединно-океанического хребта и прилегающего дна океана.

- 1,2 – мантия
- 3 – нижний слой океанской коры (расслоенные гипербазиты, базиты, серпентиниты);
- 4 – дайковый горизонт коры;
- 5 – базальтовый горизонт коры;
- 6 – стадийность образования коры;
- 7 – вулканический комплекс рифтовой долины;
- 8 – мантийный диапир;
- 9 – движение магмы;
- 10 – комплекс осадочных пород;
- 11 – напластование осадочных пород (от древних к молодым);
- 12 – направление движения блоков коры



- В стадию спрединга МПИ формируются в следующих геологических ситуациях.
- 1. В областях СОХ, на их склонах и в осевых рифтах образуются гидротермально-осадочные колчеданно-полиметаллические и оксидные железомарганцевые месторождения.
- 2. В глубинных зонах СОХ вблизи границы Мохоровичича (Мохо) в дунитовых комплексах формируются залежи хромитов (Куба); в массивах перидотитов - никелевые, титаномагнетитовые, золотые и платиноидные руды (Филиппины, Италия, Греция)

- 3. В зонах трансформных разломов образуются стратиформные баритовые и вулканогенно-осадочные колчеданно-полиметаллические залежи (Прииртышский рудный район, Казахстан).
- 4. На пассивных окраинах континентов, рассеченных рифтами, накапливается осадочная серия, включающая: в основании - стратиформные медные руды, в средней части - толщи эвапоритов, и в верхней - фосфоритовые пачки. В захороненных карбонатных отложениях шельфа образуются эпигенетические пластовые свинцово-цинковые и барит-флюоритовые месторождения

- III. Поглощение (субдукция) океанической плиты.
- Предыдущая стадия расширения океанического дна приводит к пододвиганию океанической плиты под более легкую континентальную в зонах *активных континентальных окраин*. При этом возникает т. н. зона Беньофа-Заварицкого. В зависимости от географического положения возникающих зон выделяют два основных тектономагматических типа систем - западный и восточный.



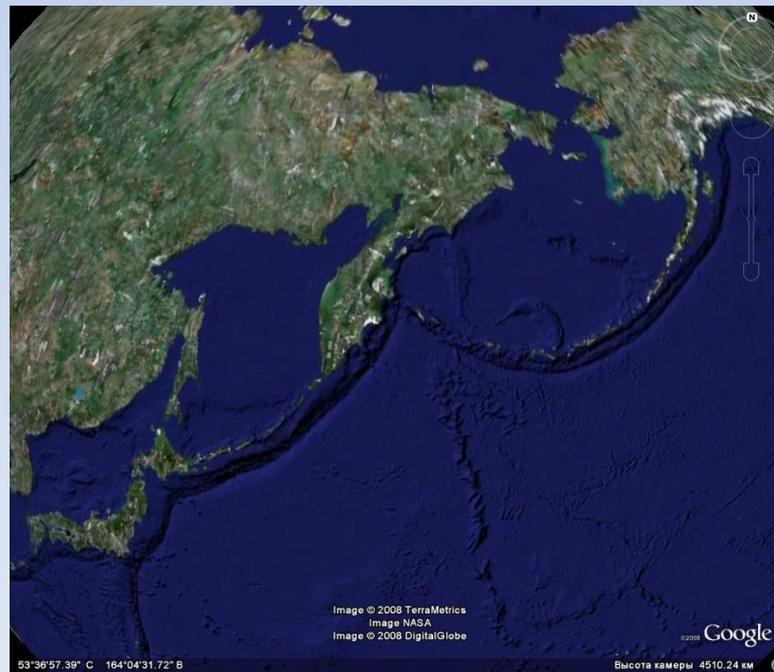
- 1. **Внешние дуги и глубоководные желоба.** В процессе движения океанической плиты на восток морские осадки тектонически наращиваются над зоной субдукции, формируя внешнюю дугу. В ее пределах образуется чешуйчатый флишевый комплекс с пластинами океанической коры (т. н. *аккреционная призма*). Здесь выводятся на поверхность возникшие ранее месторождения офиолитовой ассоциации:
  - а) колчеданные кипрского типа в эффузивах основного состава;
  - б) хромитовые, тальковые, асбестовые и магнезитовые в гипербазитах. Формируются низкотемпературные золото-кварцевые жилы. В троге внешней дуги возникают золотые

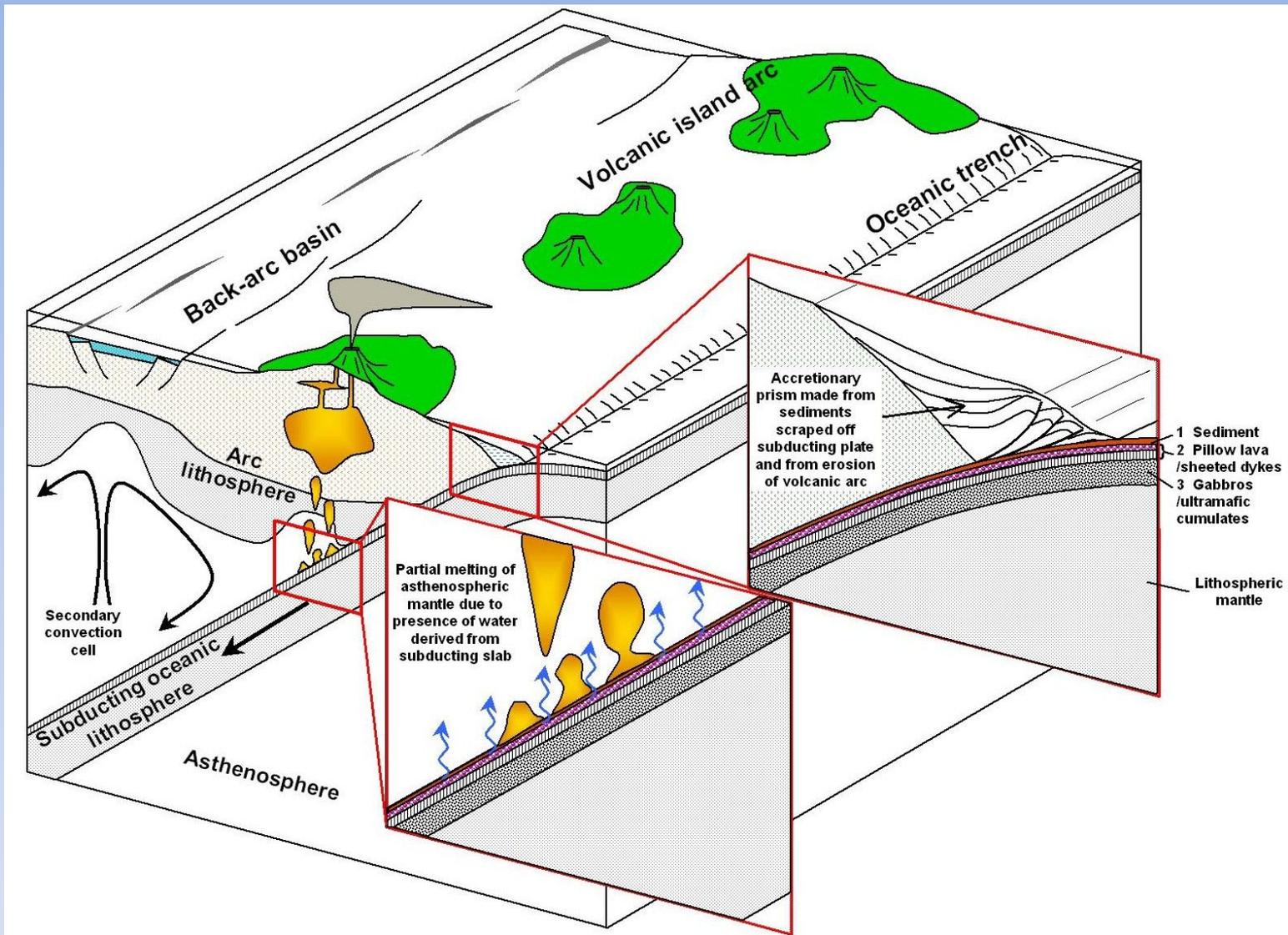
- 2. **Вулканоплутоническая (магматическая) дуга** отделяется от внешней узким трогом (прогибом). В ее пределах широко развиты известково-щелочные лавы среднего и кислого состава, а в ядре дугового хребта располагаются **гранодиоритовые и гранитные интрузии**. С ними ассоциируют **медно-молибден-порфировые и олово-вольфрамовые месторождения**. В связи с андезитовым вулканизмом (андезиты - характернейший признак зон субдукции!) развиты многочисленные **вулканогенно-гидротермальные месторождения (Au, Ag, Sn, W, Hg и др)**.

- 3. **Тыловодужный магматический пояс.** Мощное давление океанической плиты создает в тыловой части зоны субдукции систему чешуйчатых надвигов, падающих на восток и значительно утолщающих континентальную кору. В этой геодинамической обстановке формируются интрузии *анатектических* (переплавленных коровых) гранитов с оловорудными месторождениями.
- 4. Завершает систему меридиональных геологических структур **краевой бассейн сжатия**. Он выполнен терригенными осадками и содержит инфильтрационное урановое оруденение в *песчаниках, залежи солей в эвапоритовых толщах и угольные пласты.*

**Восточный, или Японский тип** тектономагматической системы возникает при поддвиге океанической плиты, движущейся относительно астеносферы быстрее, чем в предыдущем случае.

В этом случае вместо простого поддвиге одной плиты под другую картина осложнена наличием *островной дуги, тыловодужного спрединга и краевого бассейна.*





- Рудоносность как внешней, так и вулканоплутонической дуги в целом соответствует описанной для западного типа систем. Отличие заключается в более интенсивном проявлении вулканических процессов, риолитовом (помимо андезитового) составе лав и широком распространении колчеданно-полиметаллических стратиформных цинково-медно-свинцовых м-ний с высоким содержанием золота и серебра, выделенных в самостоятельный тип Куроко. В базальтах, ассоциированных с риолитами, встречаются м-ния серы, ртути и золота. Медно-порфировые руды, связанные с диоритовыми интрузиями, обеднены молибденом и обогащены золотом.

#### IV. Столкновение в системах "континент-континент" и "континент-дуга" (коллизия).

Сближение континентов приводит к закрытию расположенного между ними океана, исчезновению остаточного бассейна (пример – Средиземное море) с последующим возникновением надвигового пояса форланда и бассейна форланда. Форланд (foreland) - континент, поддвигающийся под хинтерланд (hinterland). Место их столкновения маркируется сутурной зоной.

Пример: в настоящее время Индия (форланд) поддвигается под Азию (хинтерланд).





32°43'28.99" C 84°07'22.36" B

Image © 2008 TerraMetrics  
Image NASA  
Image © 2008 DigitalGlobe

©2008 Google™

Высота камеры 6090.87 км

- В надвиговом поясе форланда формируются плюмазитовые (с повышенным содержанием алюминия) граниты с Sn-W месторождениями (третичные интрузии Гималаев, триасовые массивы Малайзии и др.); лейкократовые синтектонические граниты, содержащие U-оруденение (герцинские граниты Центрального массива Франции и др.).
- В бассейнах форландов образуются медные и урановые инфильтрационные месторождения в терригенных толщах (третичные молассовые комплексы Индии и Пакистана). В сутурных зонах встречаются вулканогенно-осадочные колчеданные месторождения офиолитовой ассоциации, образованные в более ранние стадии и выведенные тектоническими процессами на дневную поверхность (меловые вулканиты Кипра, ордовикские офиолиты Ньюфаунленда). В глубинных частях сутурных зон возникают месторождения нефрита, жадеита, ювелирных корундов (меловые комплексы Бирмы) и технических

- Столкновение "континент-вулканическая (островная) дуга сопровождается надвиганием (*обдукцией*) офиолитов на континент с образованием тектонического покрова. При этом на поверхность выводятся колчеданно-полиметаллические месторождения ранних стадий цикла Уилсона. В бассейнах хинтерланда и форланда накапливаются:
  - "миогеосинклинальные" осадки со стратиформными месторождениями Cu и U-V руд;
  - эвапориты и пласты угля.

В надвиговом поясе форланда возникают анатектические (переплавленные) граниты с

- V. Заключительная стадия.

Эта стадия завершает цикл Уилсона. При этом происходит снятие напряжения в образовавшемся едином континенте (платформе), сопровождающееся возникновением локальных зон растяжения - т. н. амагматических рифтов, выполненных мелководными терригенно-карбонатными осадками с седиментогенными месторождениями (уголь) и инфильтрационными (ролловыми) полиметаллическими и урановыми месторождениями. В эту стадию появляются поздние континентальные вулканические пояса с Au-Ag и полиметаллическими месторождениями. В эту же стадию образуются месторождения группы

- Пересмотр металлогении с позиций геодинамики (НГТ) проведен для многих складчато-надвиговых поясов (Скалистые горы, Аппалачи, Урал и др.) Это позволило не только уточнить положение оруденения различной формационной принадлежности, но и выявить новые типы рудных месторождений. Примерами последних могут служить месторождения платины, золота, серебра, вольфрама, ртути в осадочных породах Китая, золота с платиной в терригенных толщах Северо-Востока России, Казахстана и Украины; золота с ртутью в терригенно-карбонатных комплексах США (штат Невада), Канады, Среднего Урала,

