

*Общая тема:*

# **АКТИВНЫЕ ОКРАИНЫ КОНТИНЕНТОВ**

*Лекция № 24*

**Геологическое строение  
и общие особенности магматизма  
островных дуг**

# Вспомним Геодинамику!

## Границы главных литосферных плит



# Границы литосферных плит

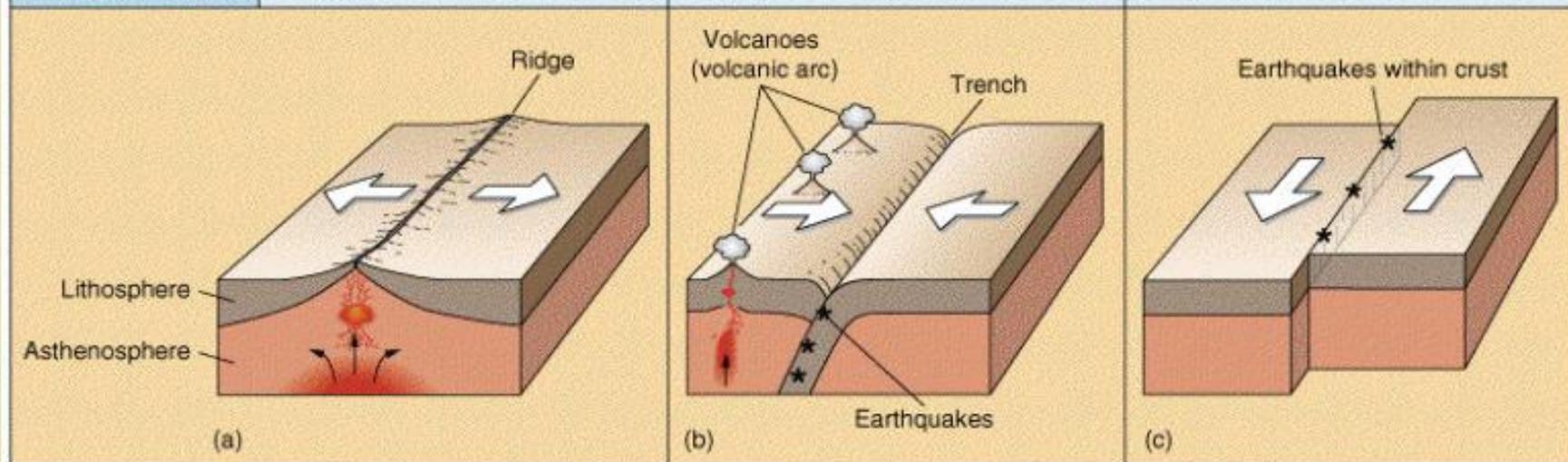


— Границы литосферных плит

→ Направление движения литосферных плит

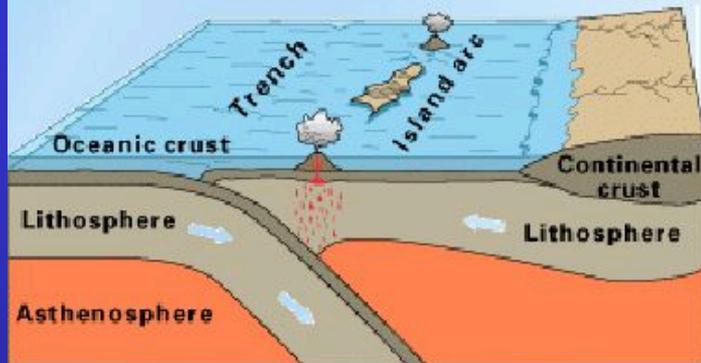
# Литосферные плиты

Type of Margin	Divergent	Convergent	Transform
Motion	Spreading	Subduction	Lateral sliding
Effect	Constructive (oceanic lithosphere created)	Destructive (oceanic lithosphere destroyed)	Conservative (lithosphere neither created or destroyed)
Topography	Ridge/Rift	Trench	No major effect
Volcanic activity?	Yes	Yes	No

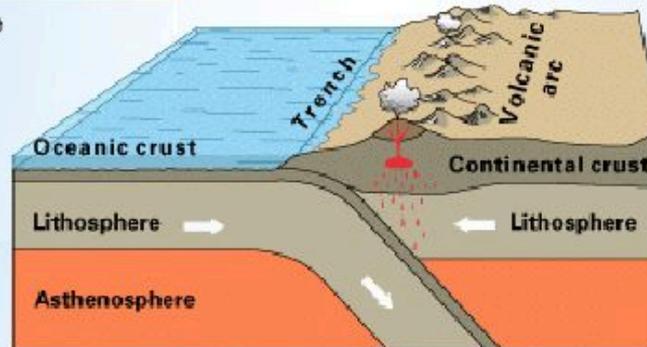


Границы плит бывают трёх типов:  
дивергентные, конвергентные и  
трансформные.

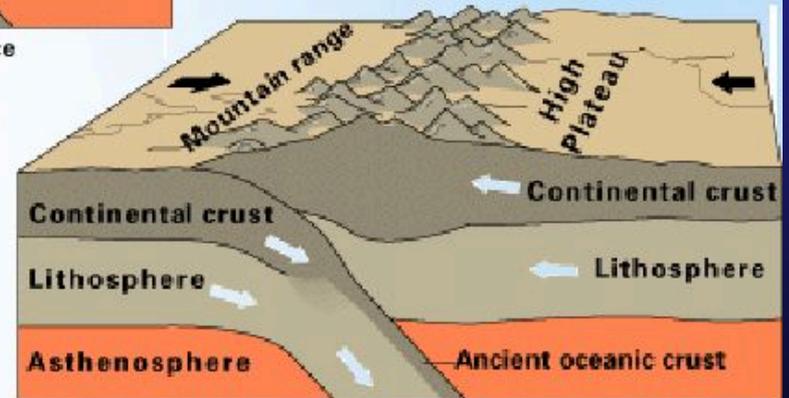
\* **Конвергентные границы**



Oceanic-oceanic convergence



Oceanic-continental convergence



Continental-continental convergence

# Типы континентальных окраин



## Пассивные

*Характерны для молодых океанов, поскольку сформировались при распаде суперконтинента Пангея, возраст от 200 млн. лет до эоцена, имеют внутриплитное положение*



## Активные

*Наличие активной зоны субдукции, повышенная сейсмичность, активная магматическая деятельность, складчато-надвиговые деформации и метаморфизм*

# Положение современных пассивных окраин

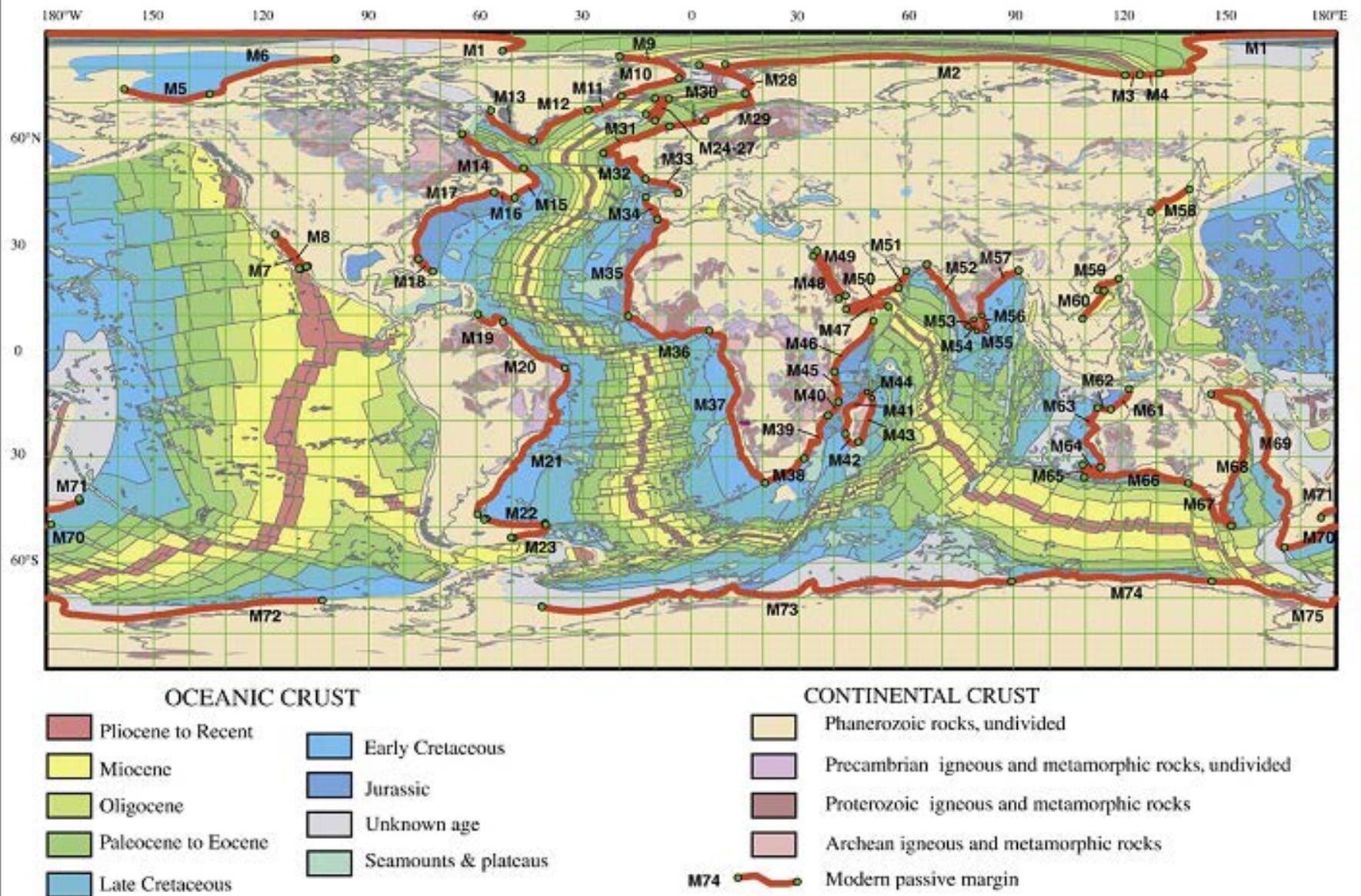


Fig. 3. World map showing modern passive margins. Base map from Commission de la Carte Géologique du Monde (2000). Green circles divide margins into age sectors.

# Строение пассивных окраин

(Атлантика, Северный Ледовитый океан, Индийский океан)

Включают шельф, материковый склон и материковое подножие

Кора под шельфом  
меньше мощнос

Полный перехо  
до 200 км

Отсутствие глущ

Отрицательные  
континентальны  
подножием указ  
шельфа.

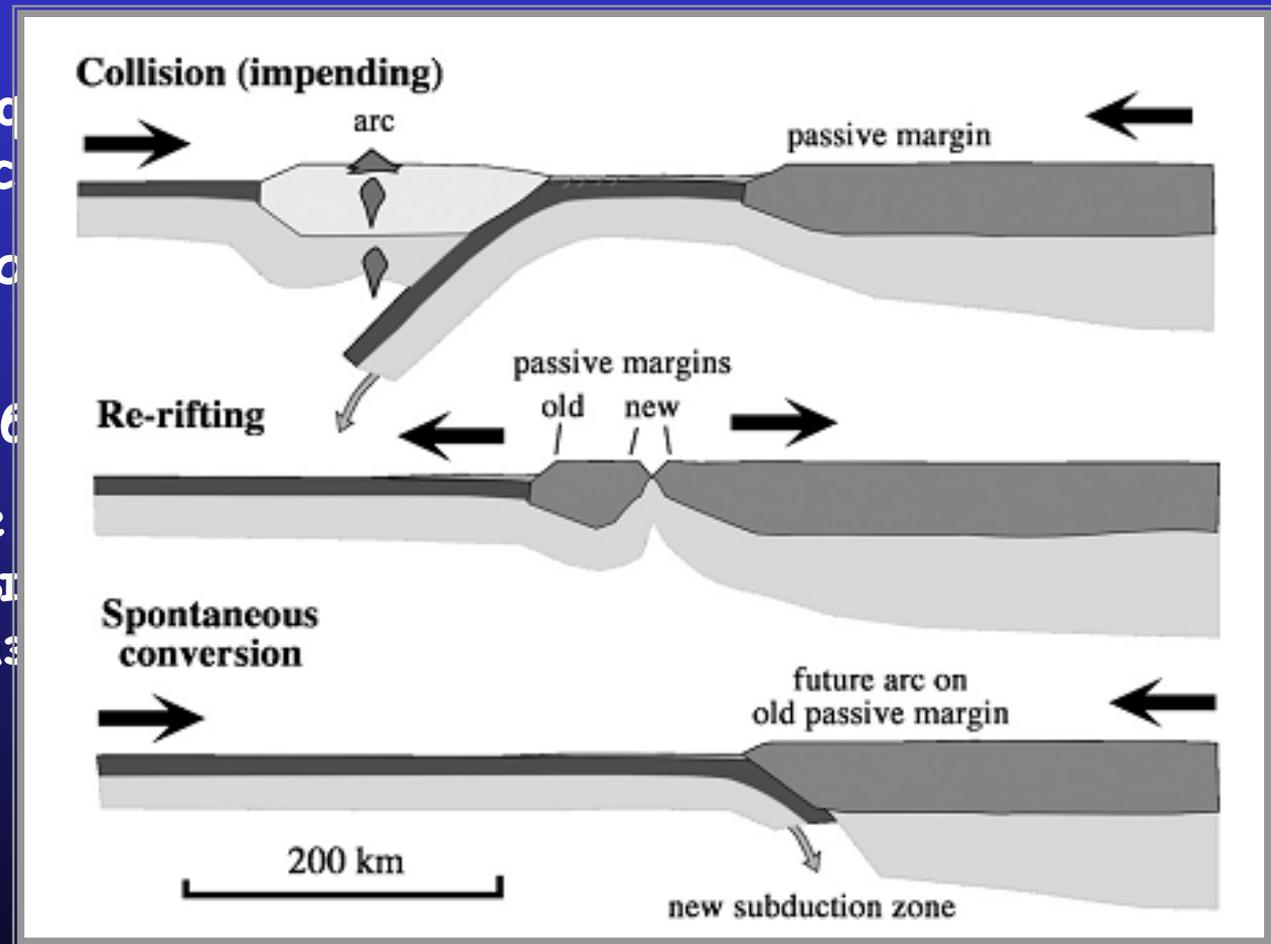


Fig. 1. The three common fates of passive margins. (a) Collision between a passive margin and an arc. For the aims of this study, the nature of this arc—whether intraoceanic or continental, and whether extensional or compressional—is not important. (b) Re-rifting of a preexisting passive margin by separation of a ribbon microcontinent. (c) Spontaneous conversion of a passive margin to a convergent margin by initiation of a subduction zone at or near the ocean-continent boundary.

# Хронология формирования пассивных окраин



ELSEVIER

Contents lists available at ScienceDirect

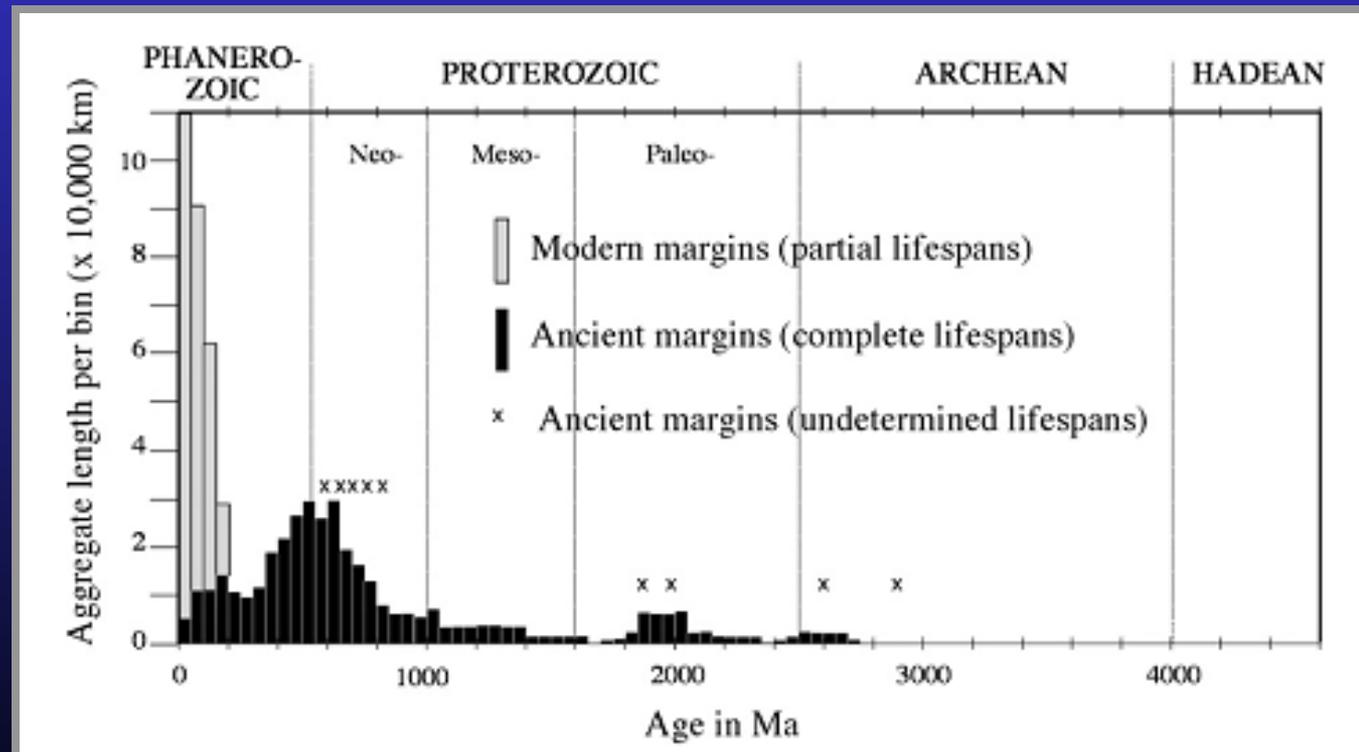
Earth-Science Reviews

journal homepage: [www.elsevier.com/locate/earscirev](http://www.elsevier.com/locate/earscirev)

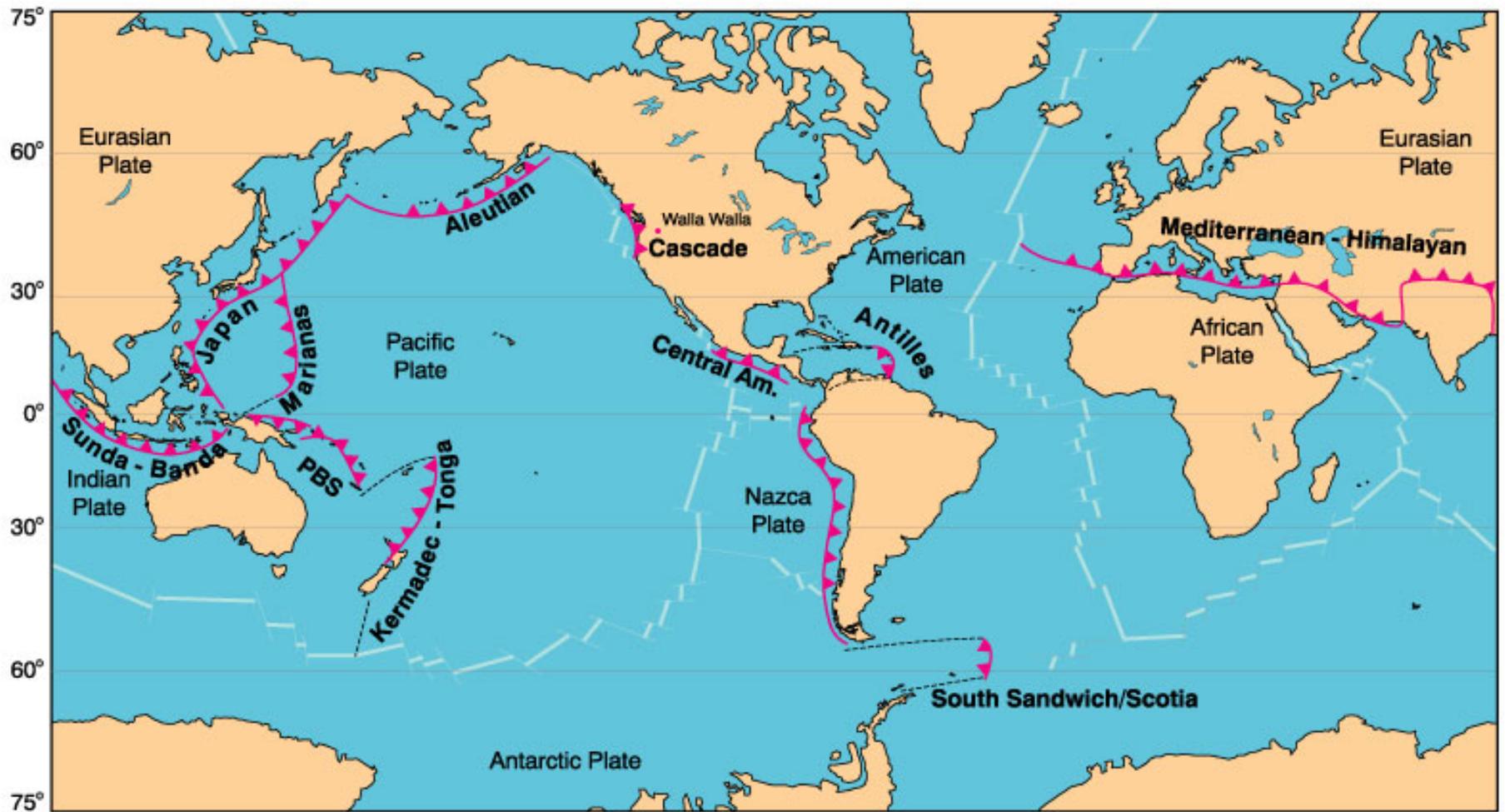


Passive margins through earth history

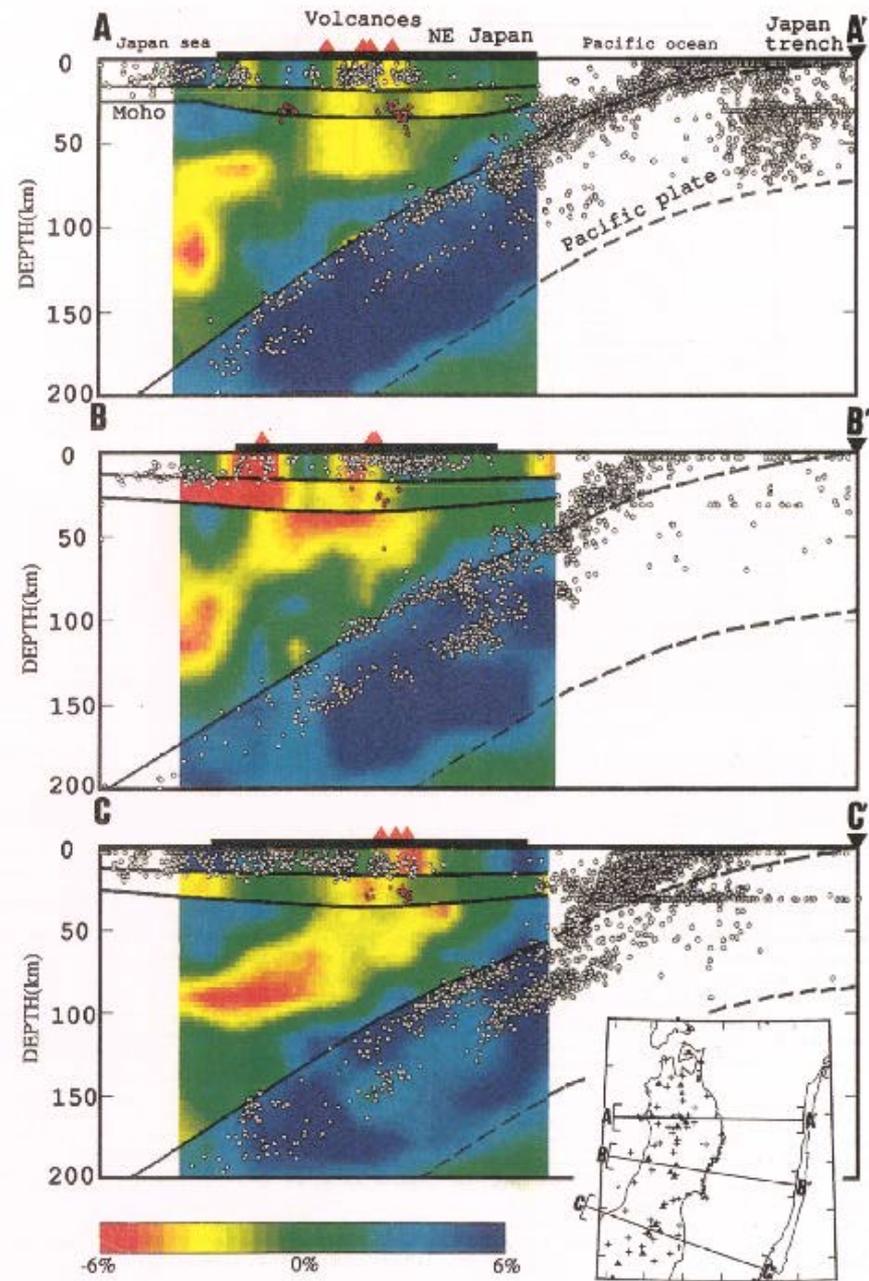
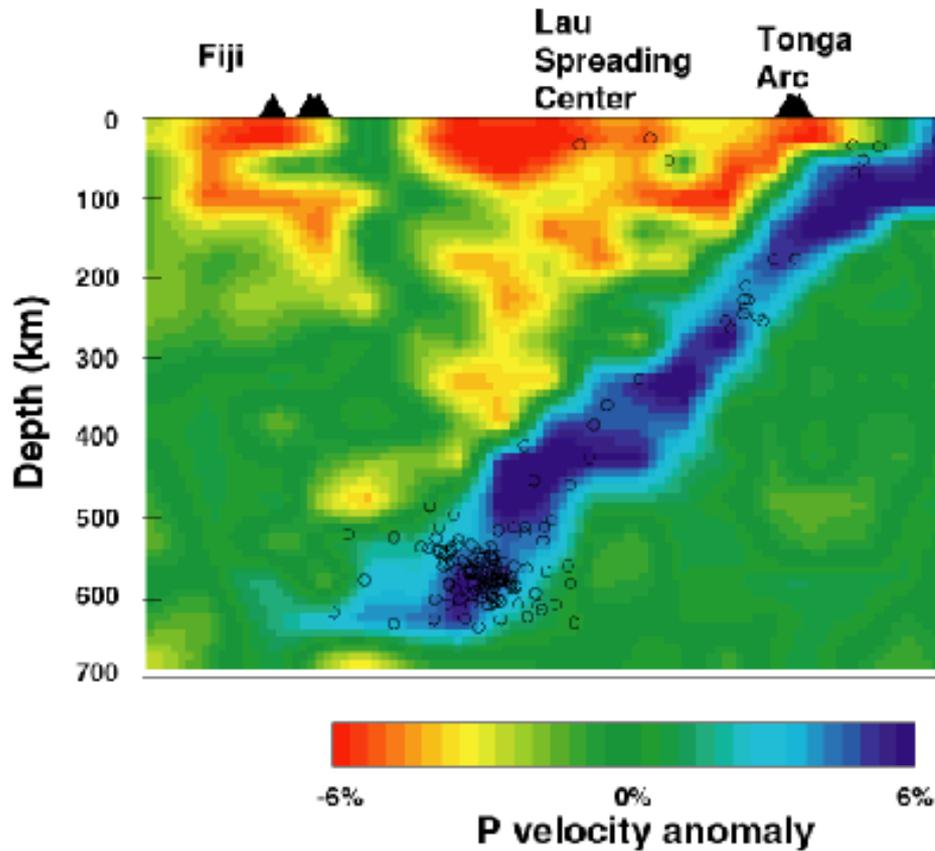
Dwight C. Bradley



# Распределение активных окраин Земли



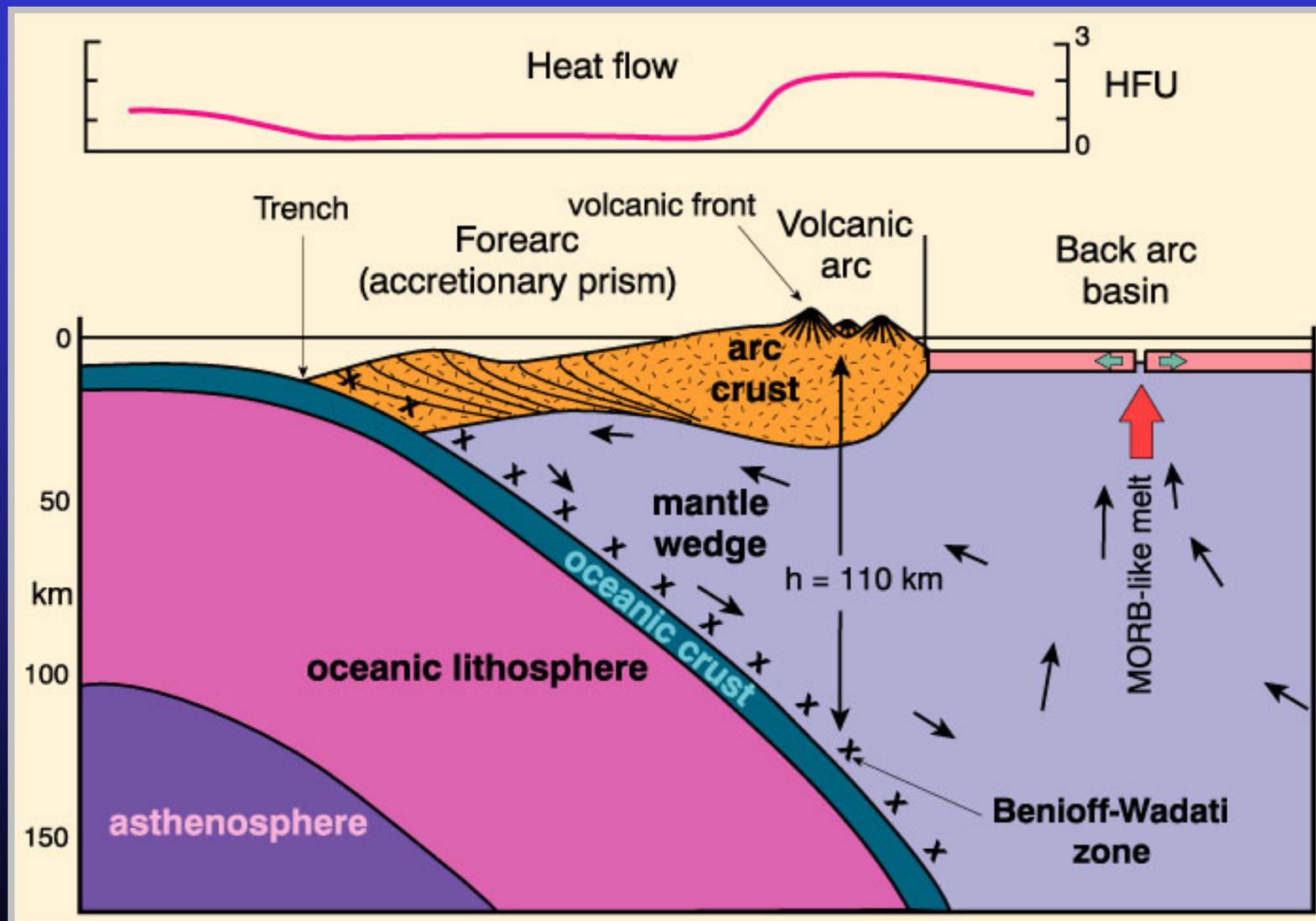
# P-wave Tomography



- Западно-Тихоокеанский тип  
(островодужный)

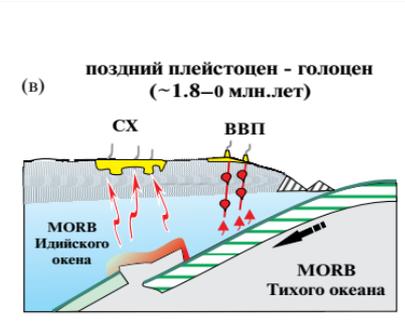
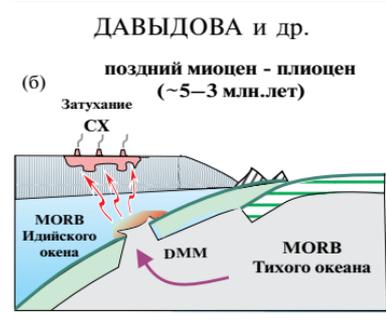
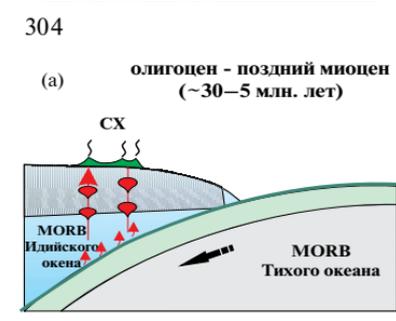
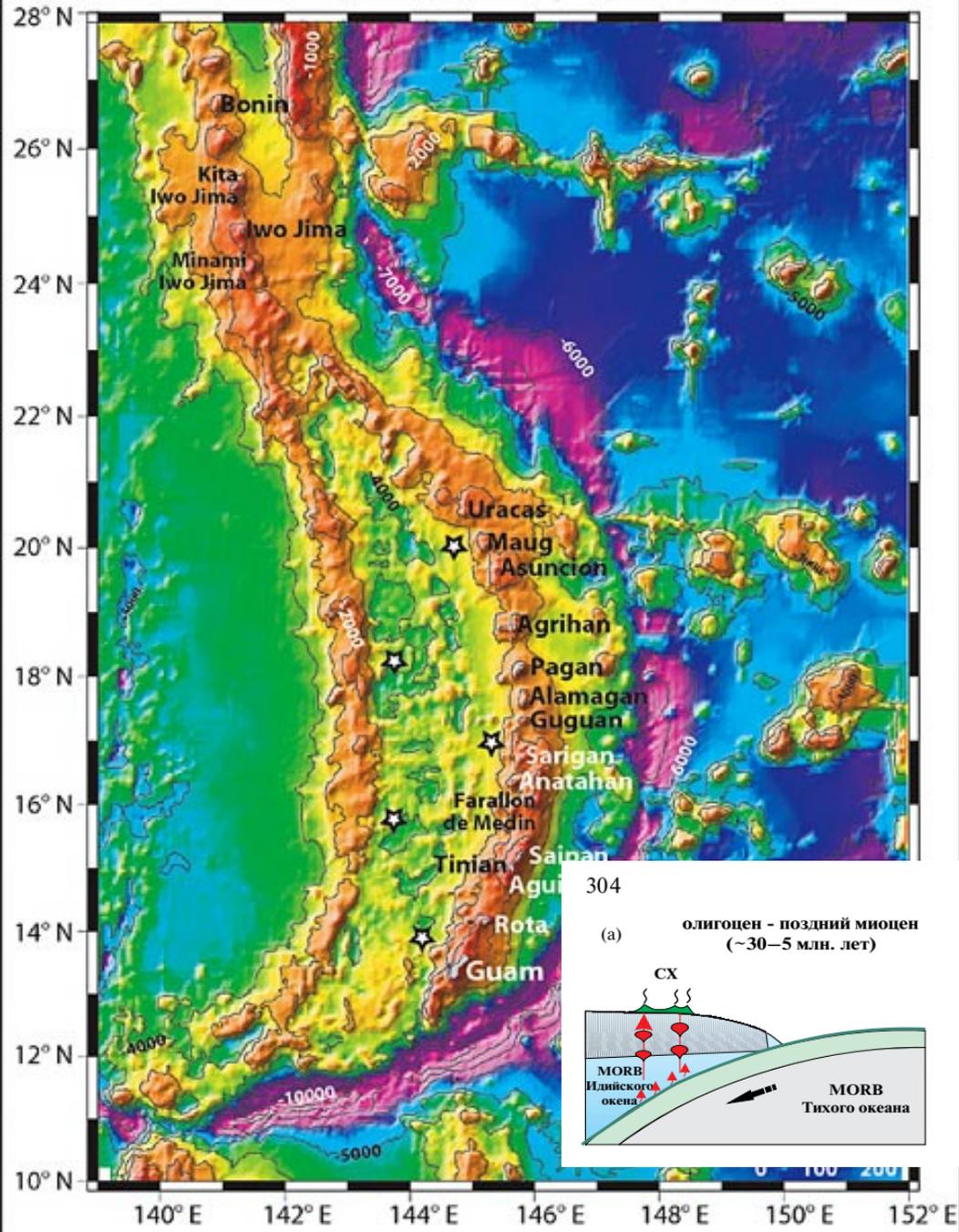
- Восточно-Тихоокеанский тип  
андский  
калифорнийский

# Типичное строение островодужных окраин (Западно-Тихоокеанского типа)



Black stars represent proposed hydrophone positions

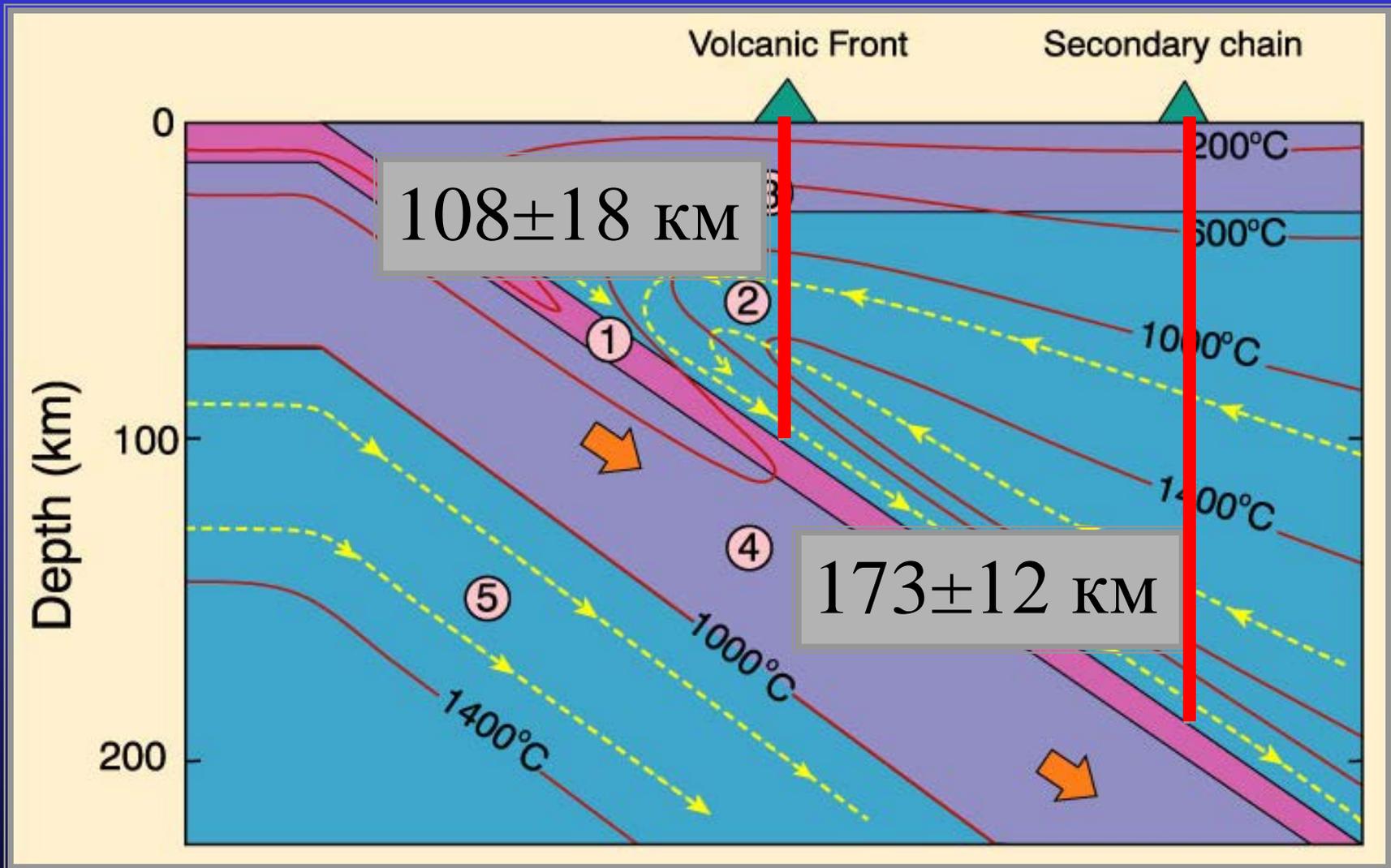
# Внешние и внутренние дуги



# Аномальное строение недр в островных дугах

- **нет резкой границы Мохо** (*чередование высоко- и низкоскоростных слоев*)
- **повышена мощность и поднята кровля астеносферы** (*разуплотнение мантии до 400 км*)
- **изостатическая неуравновешенность**
- **высокий тепловой поток**
- **промежуточные магматические камеры в коре**

# Двойные вулканические фронты



**Глубины магмогенерация - от 100 до 200 км**

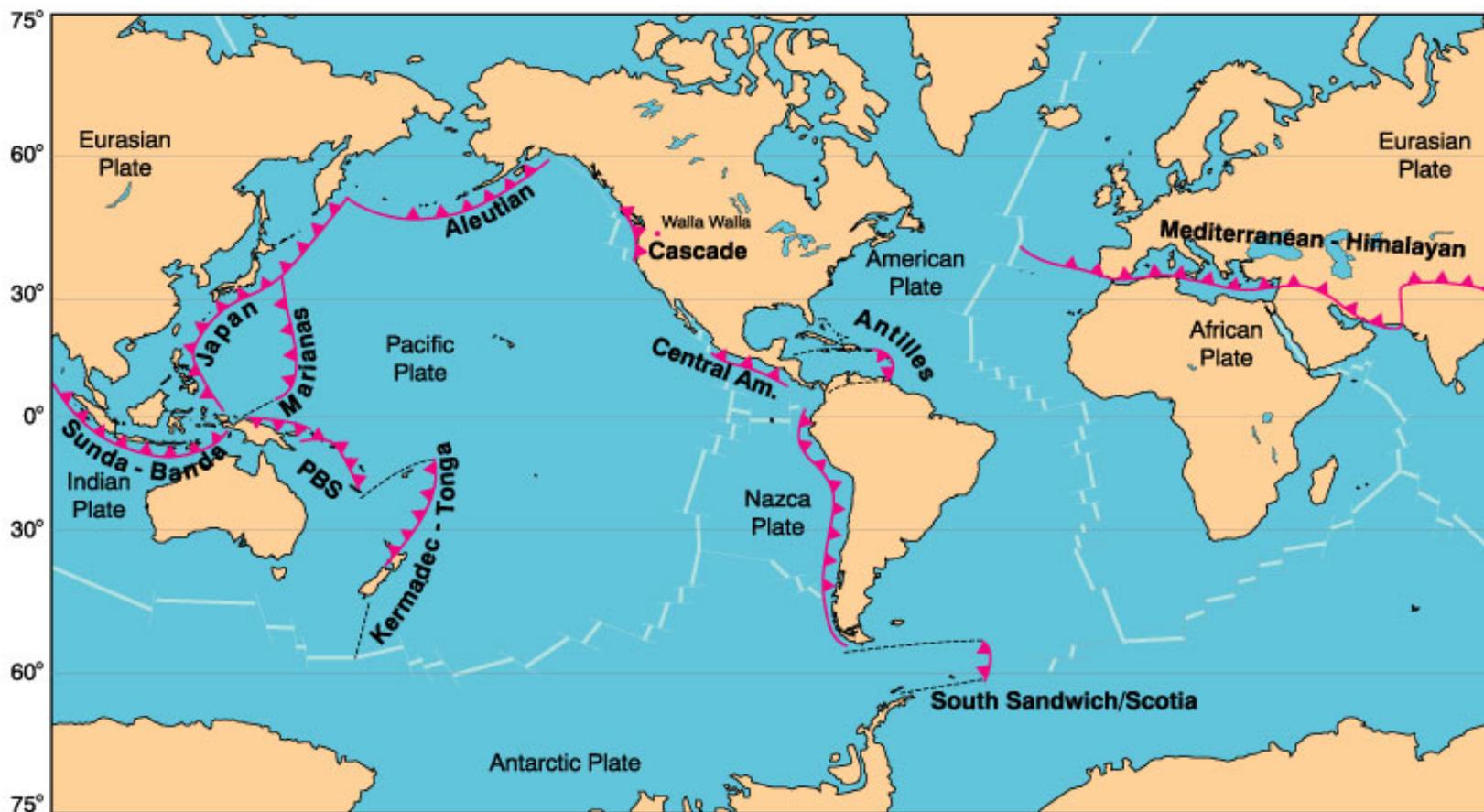
# Разделение островных дуга по "зрелости"

Энсиалические

("зрелые")

Энсиматические

(океанические, "юные")



# Примеры крупных островодужных вулканов



**Shishaldin** (Алеутские о-ва)



**Anak Krakatau** (Индонезия)



**Sakurajima** (Япония)

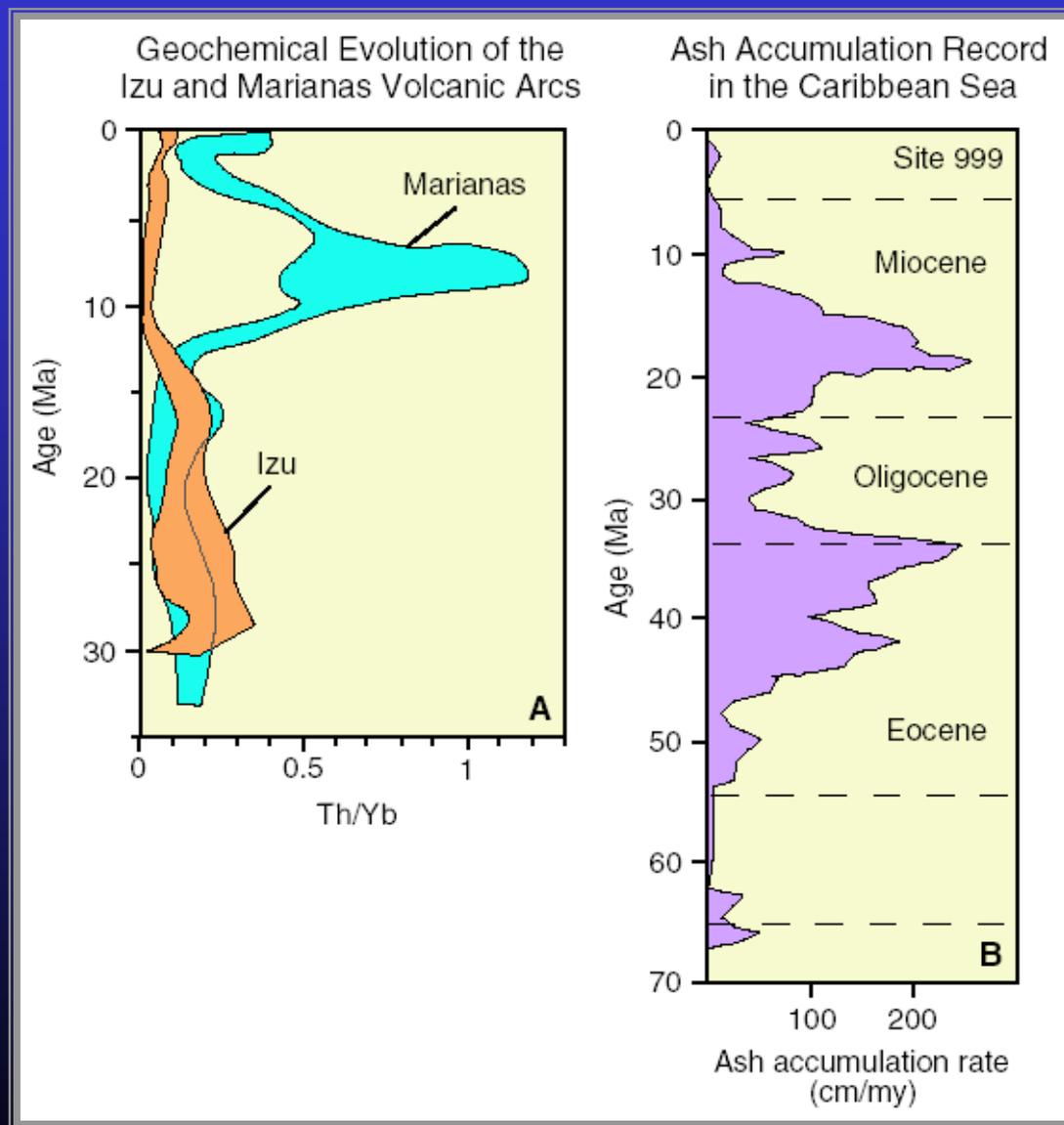


**Ulawun volcano** (PNG)

Палящая туча во время извержения влк. Unzen в  
Японии (nuee ardente )



# Геохимическая эволюция островных дуг и скорость формирования пепловых отложений



# Общие особенности строения островных дуг

## Островодужный комплекс



### Фундамент:

- субконтинентальное основание  
обычно палеозойского возраста (энсиалические дуги,  
Япония - до Докебрия?)
- офиолитовый комплекс (энсиматические дуги)

# Магматические серии островодужных комплексов



**Сочетание продольной и поперечной зональности**  
- СВЯЗЬ С ТИПОМ И МОЩНОСТЬЮ КОРЫ

# Поперечная зональность островных дуг

## От фронта к тылу:

- *снижение объемов*
- *увеличение доли первичных выплавок,*
- *снижение кремнекислотности*
- *рост содержаний несовместимых элементов*
- *снижение  $(^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr})^i$*
- *рост вариаций  $\epsilon_{\text{Nd}}$  (> гетерогенный источник)*

# Петрографические особенности

- **Толейты** – более дифференцированные, чем в океанах (до дацитов)

- порфиоровые

- фенокристы:  $An_{50-95} + A$

- неравновесные с расп

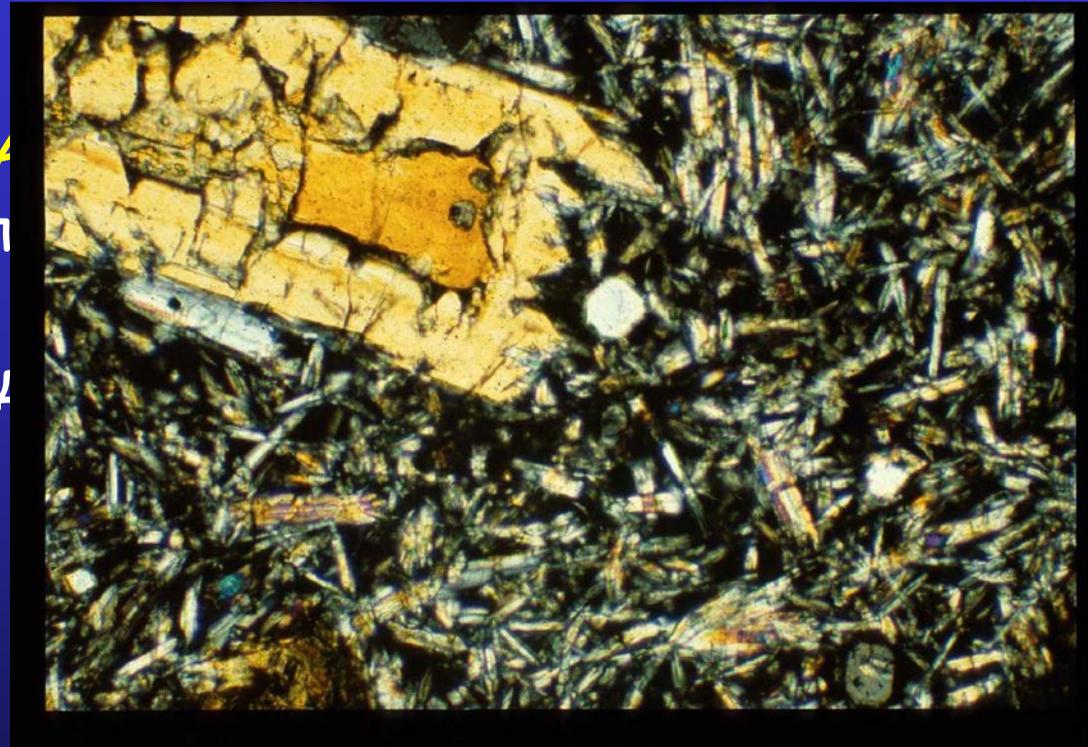
- **ИЩ** – доминируют анд

- обилие фенокрист: **Pl**

- ксенокристы

- включения

- признаки смешения



- **Бониниты** (марианиты-бониниты-дациты)

- без Pl фенокрист, парагенезы  $Pig(Cen) + Ca-aug \pm Ol, Sp$

- основная масса – до спинифекса; стекла часто дацитовые, неравновесные с расплавом

# Гомеогенные (родственные) включения

По составу делятся на:

- **алливалиты-эвкриты** - в низкокалийевых толеитах

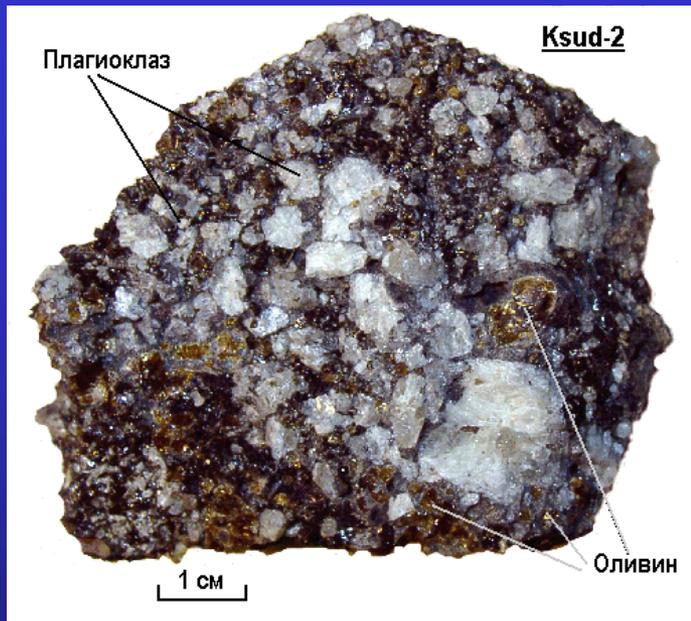


- **верлит-кортландит-пироксенит-габбро** - ИЩ и СЩ



Причины различий - разница в  $P_{H_2O}$

# Гомеогенные (родственные) включения

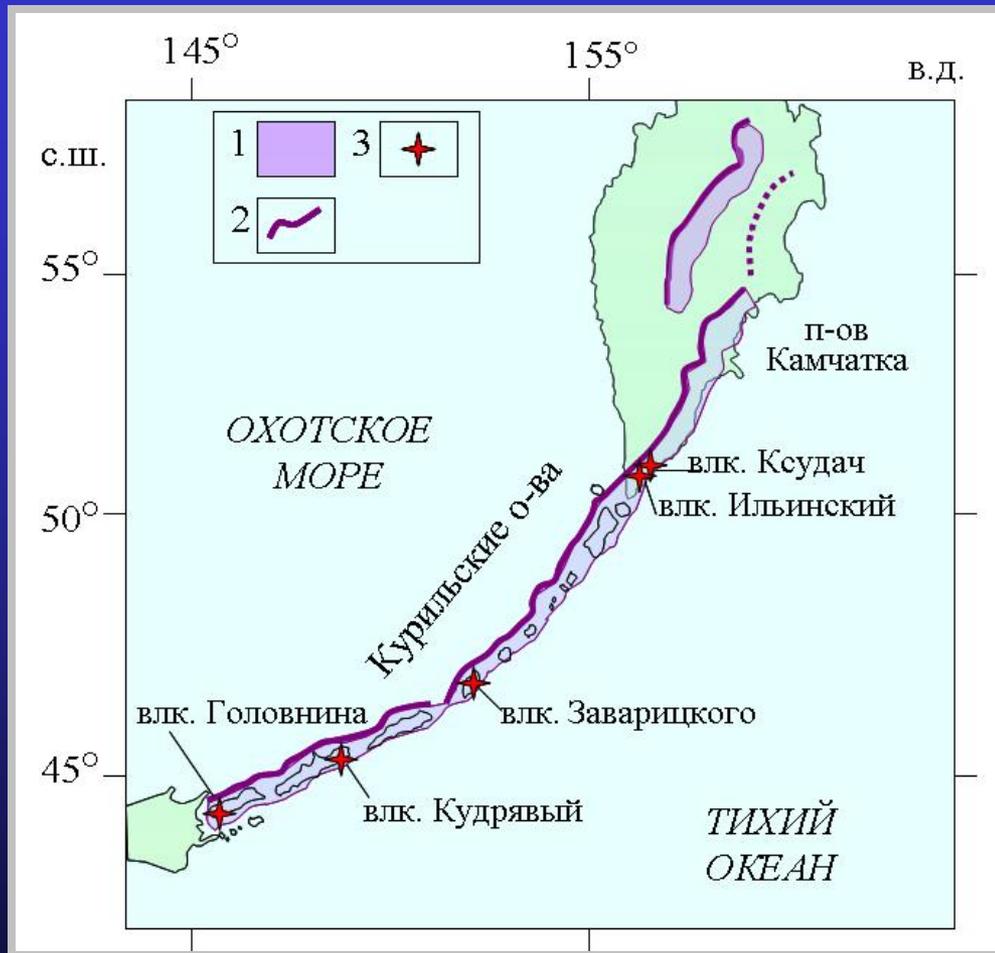


*Алливалит, Камчатка*

*Алливалит, о.Рам*

- **Алливалиты** - оливин - анортитовые крупнозернистые породы, обнаруженные в виде включений в изверженных породах многих вулканов Камчатки
- Название предложено Заварицким по аналогии с оливин-плагиноклазовой разновидностью троктолитов в основном расслоенном интрузиве на о. Рам (Шотландия) - по г. Халливал

# Вулканы, на которых были обнаружены алливалиты



Алливалитовые включения на влк. Желтовский (южная Камчатка)



Алливалит в игнимбрите влк. Карымский (Камчатка)



# Вулканы, на которых были обнаружены алливалиты



*Ильинский (Камчатка)*



*Головнина (о. Кунашир)*

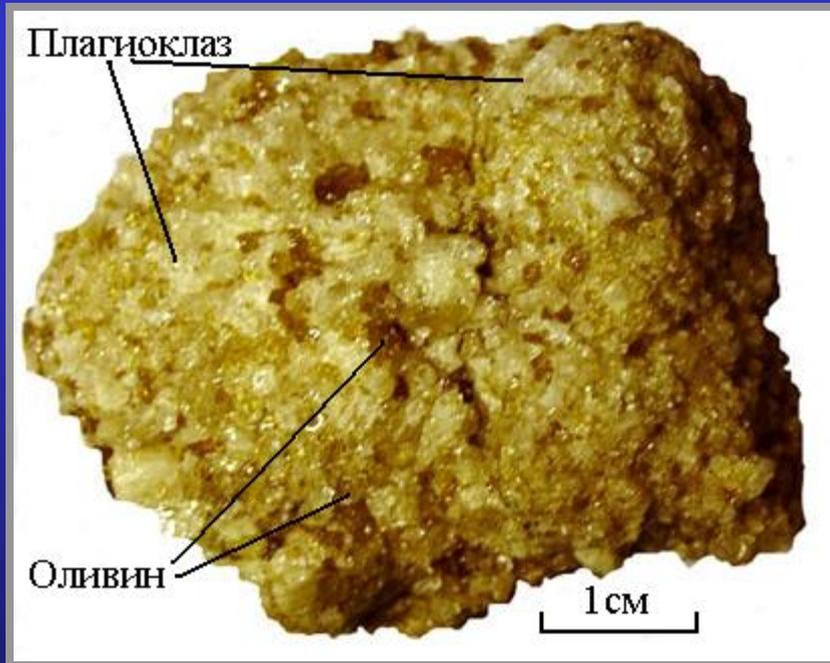


*Ксудач (Камчатка)*



*Кудрявый (о. Итуруп)*

# Структурные особенности алливалитов

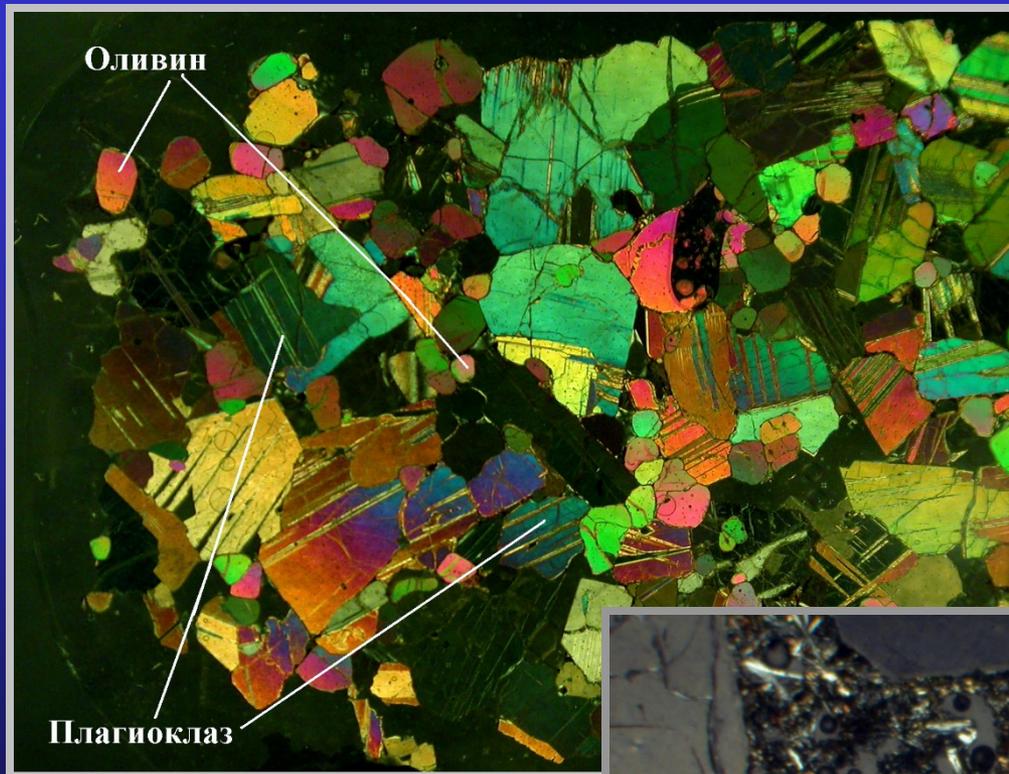


Oliv-Plag агрегат с кумулятивной структурой (образец с вулкана Ксудач)

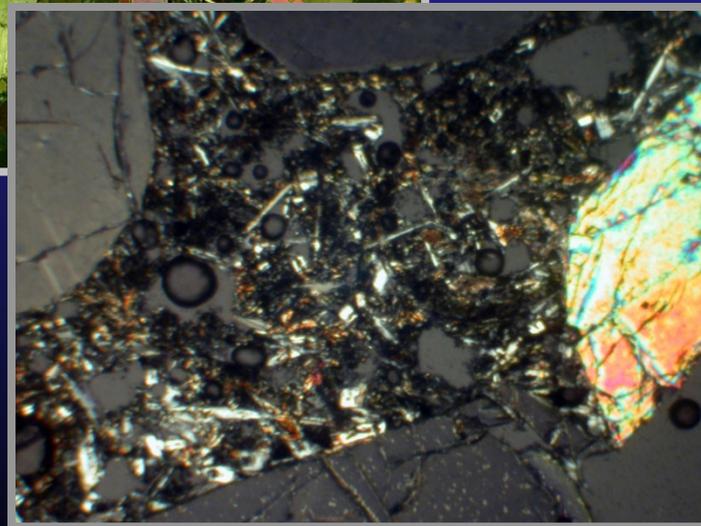


Oliv-Plag агрегат с порфировидной ккумулятивной структурой (образец с вулкана Ксудач)

# Кумулятивный алливалит с вулкана Головнина



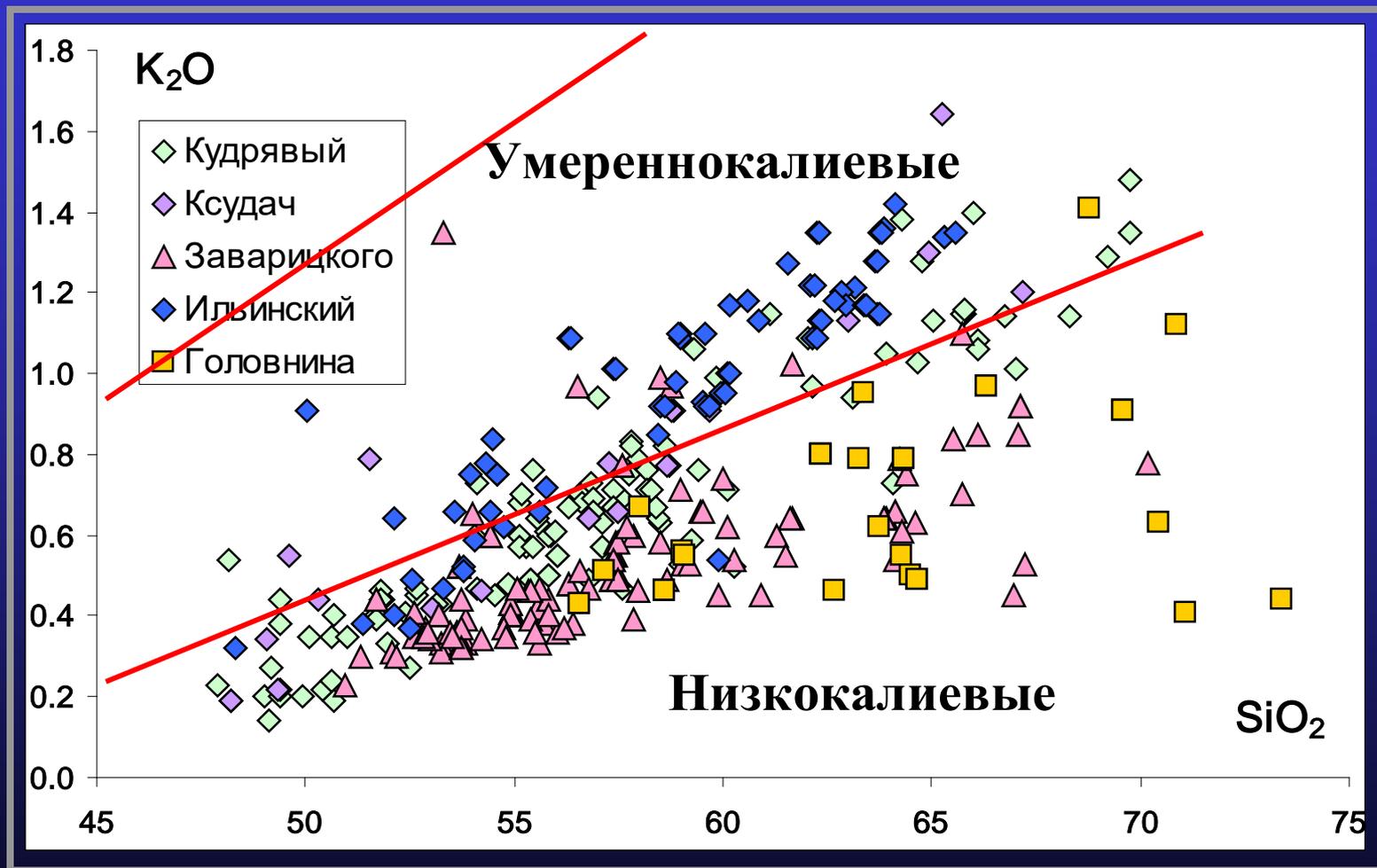
Адкумуляты?



## Минеральный состав алливалитов:

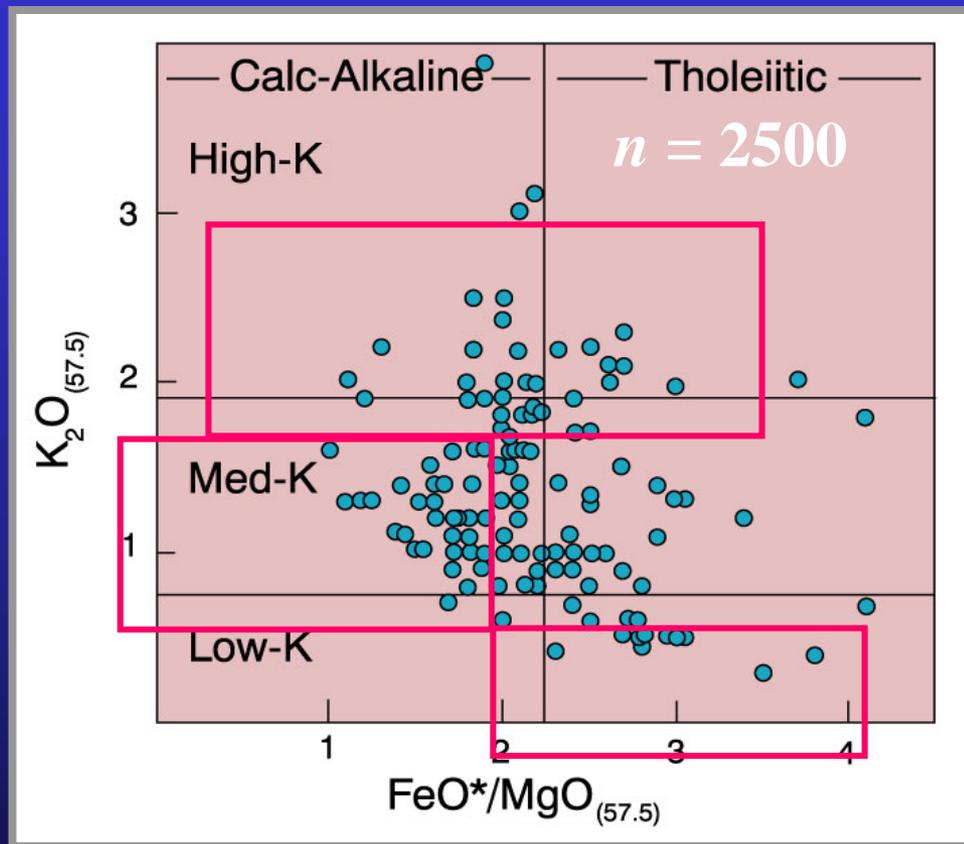
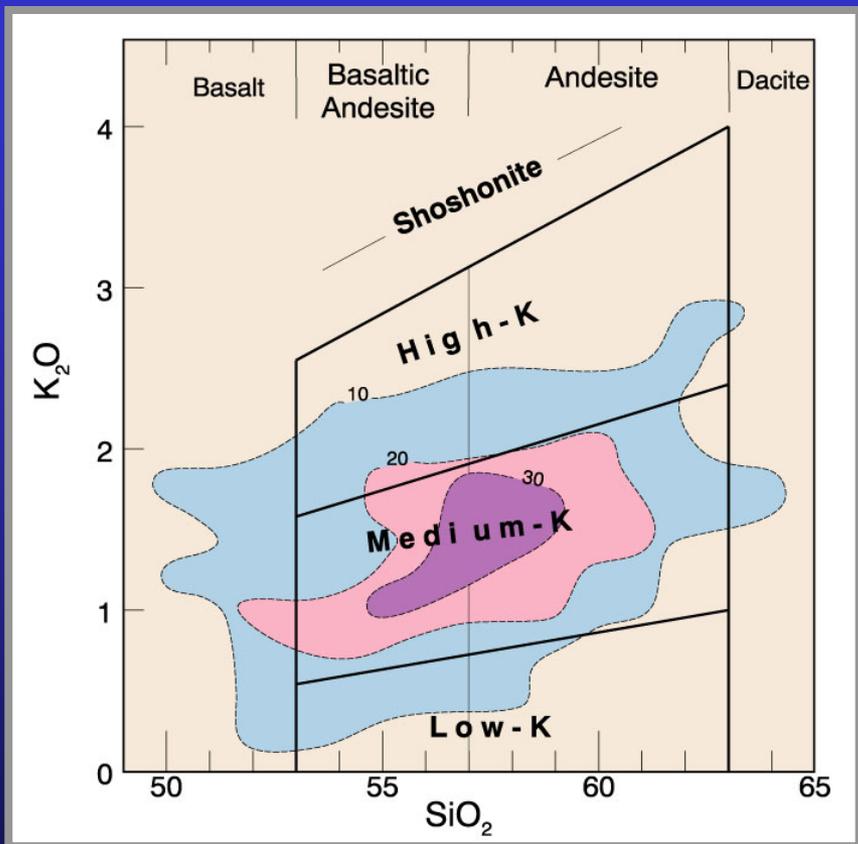
- Плагноклаз (  $An_{89-97}$  ) - от 50 до 100%
- Оливин (  $Fo_{69-81}$  ) - от 10 до 40%
- Клинопироксен до 10%
- Ортопироксен - менее 1%
- Титано-магнетит - до 5%
- Хромшпинелид - менее 1%
- Раскристаллизованное вулканическое стекло - 5-10%

# Химический состав алливалитов



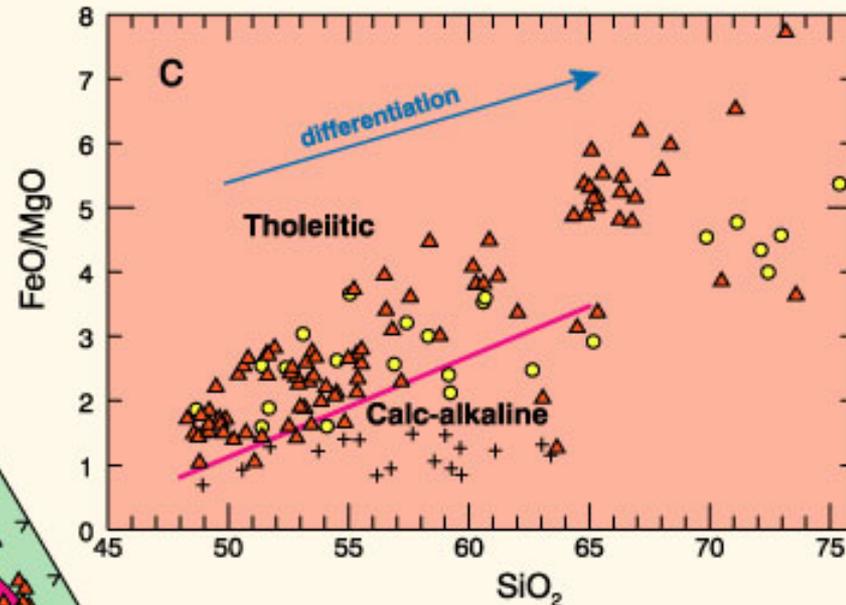
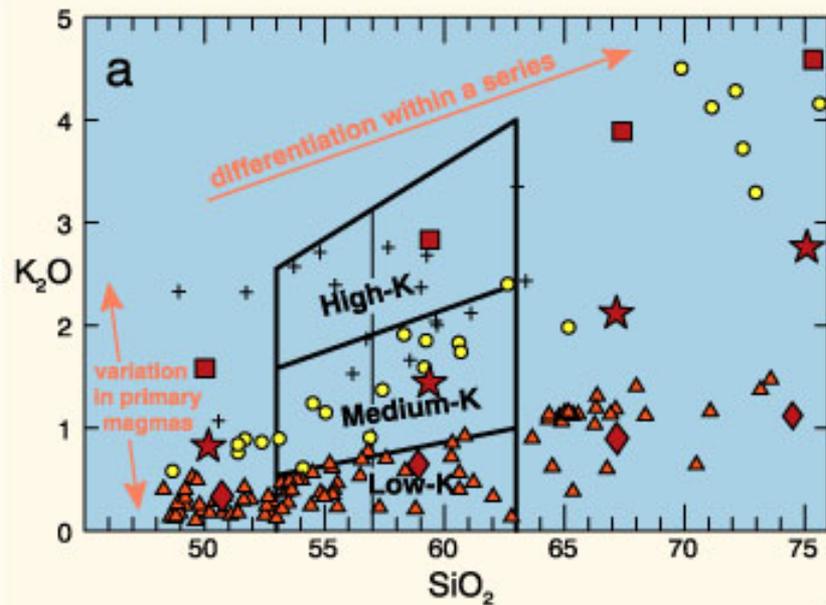
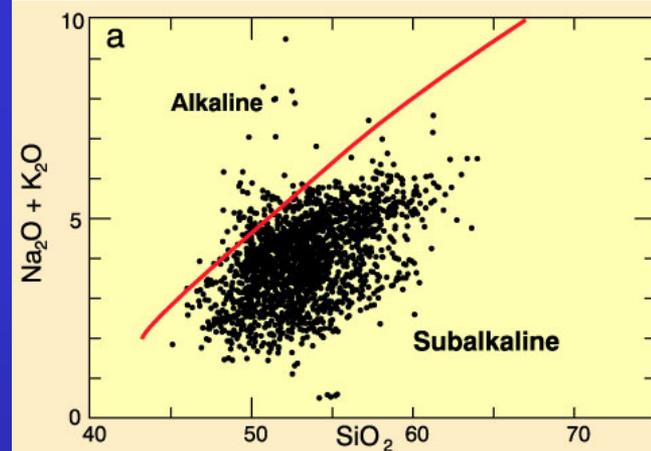
**ПЕТРОХИМИЧЕСКАЯ  
КЛАССИФИКАЦИЯ  
ВУЛКАНИЧЕСКИХ  
СЕРИЙ**

# Классификационное значение "калиевости" пород

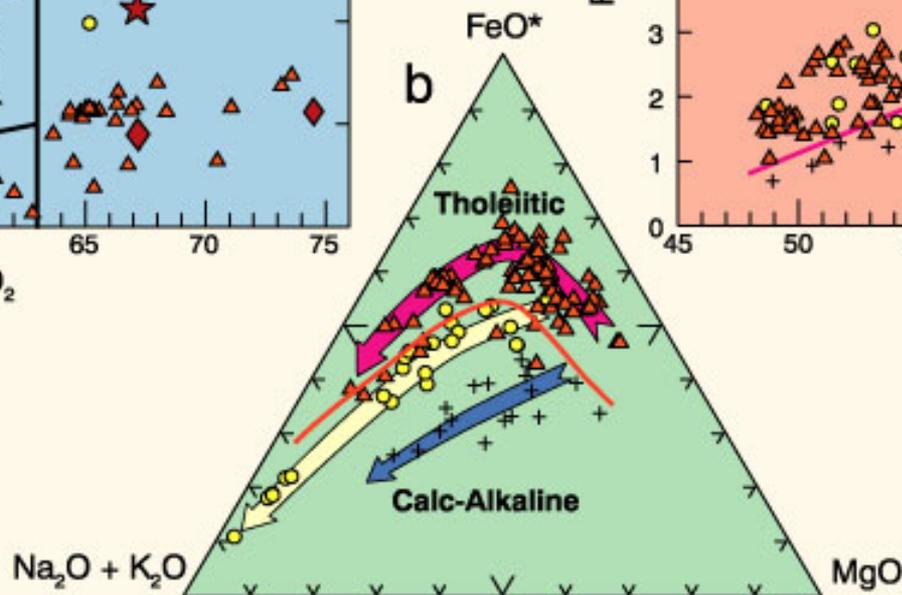


Деление на 6 серий по соотношению  $K_2O - FeO/MgO$

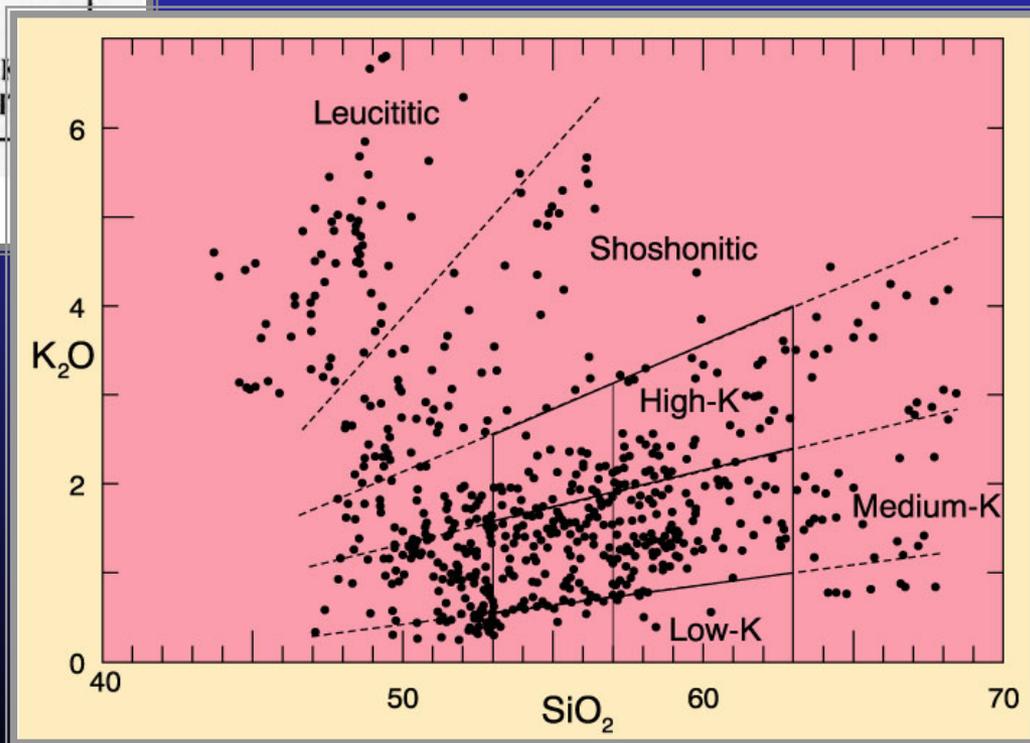
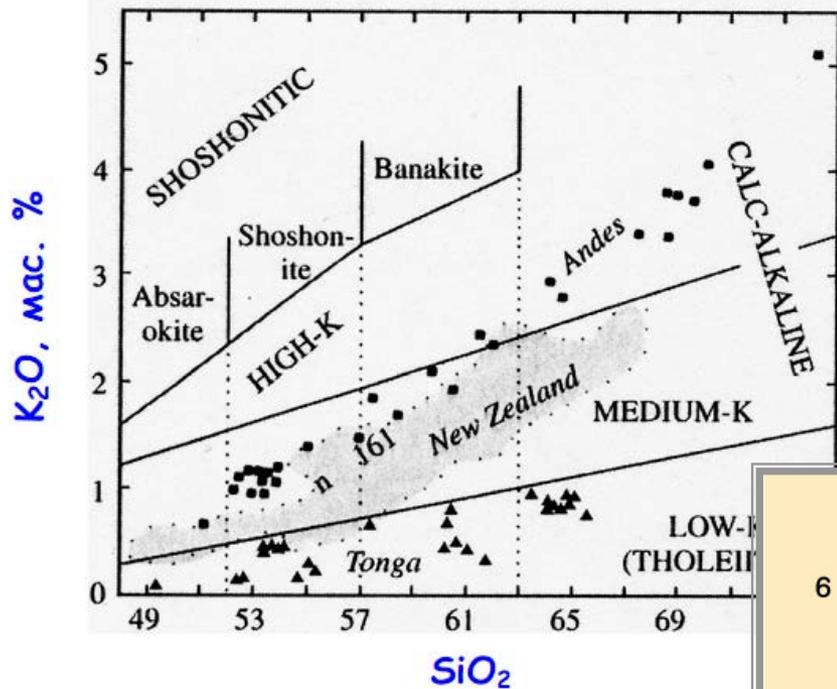
# Дополнительные дискриминационные диаграммы



- ▲ Tonga-Kermadec
- Guatamala
- + Papua New Guinea



# Другие примеры толеитовых и известково-щелочных серий

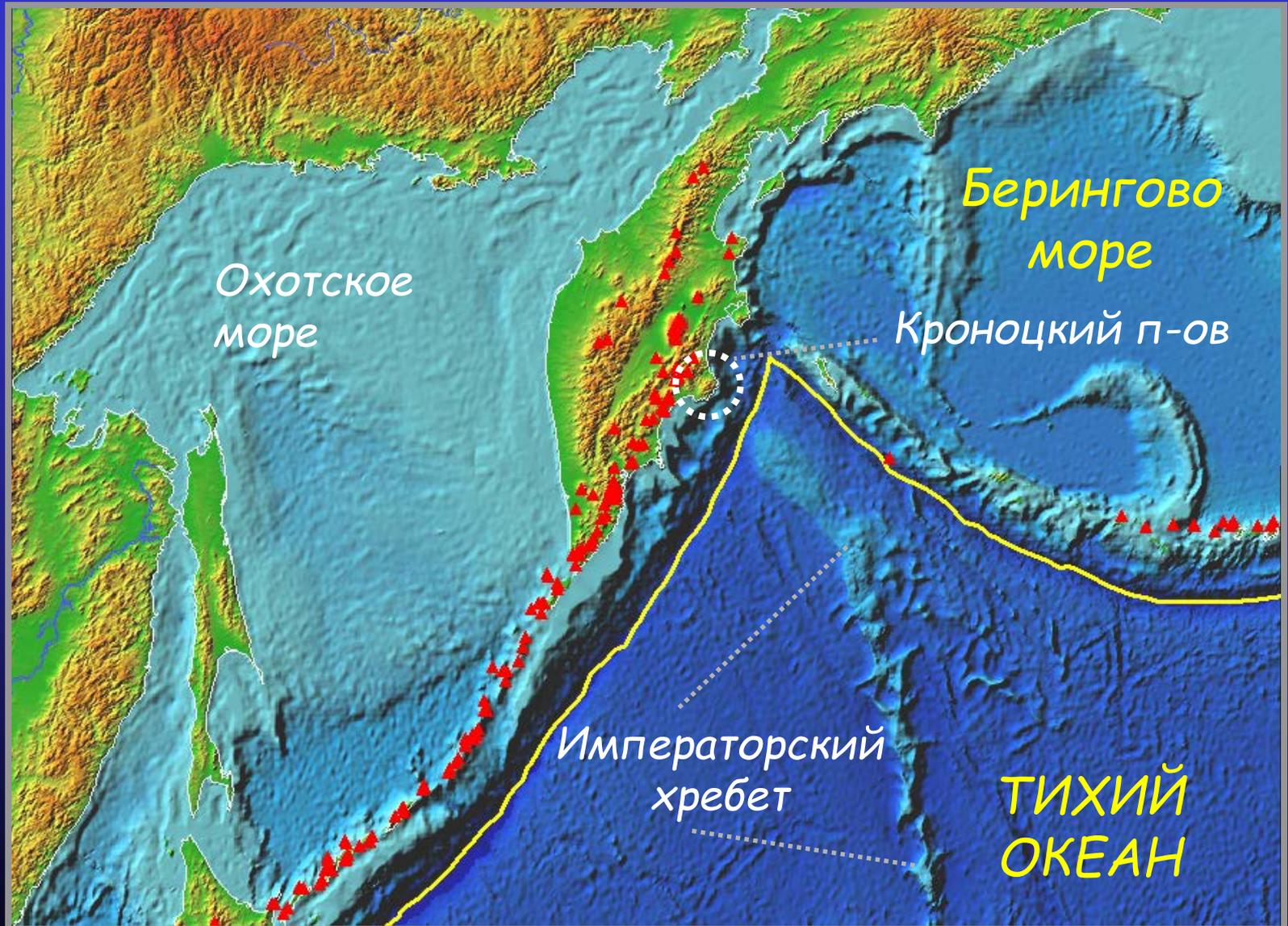


**700 анализов вулканитов дуг Банда и Зондской**

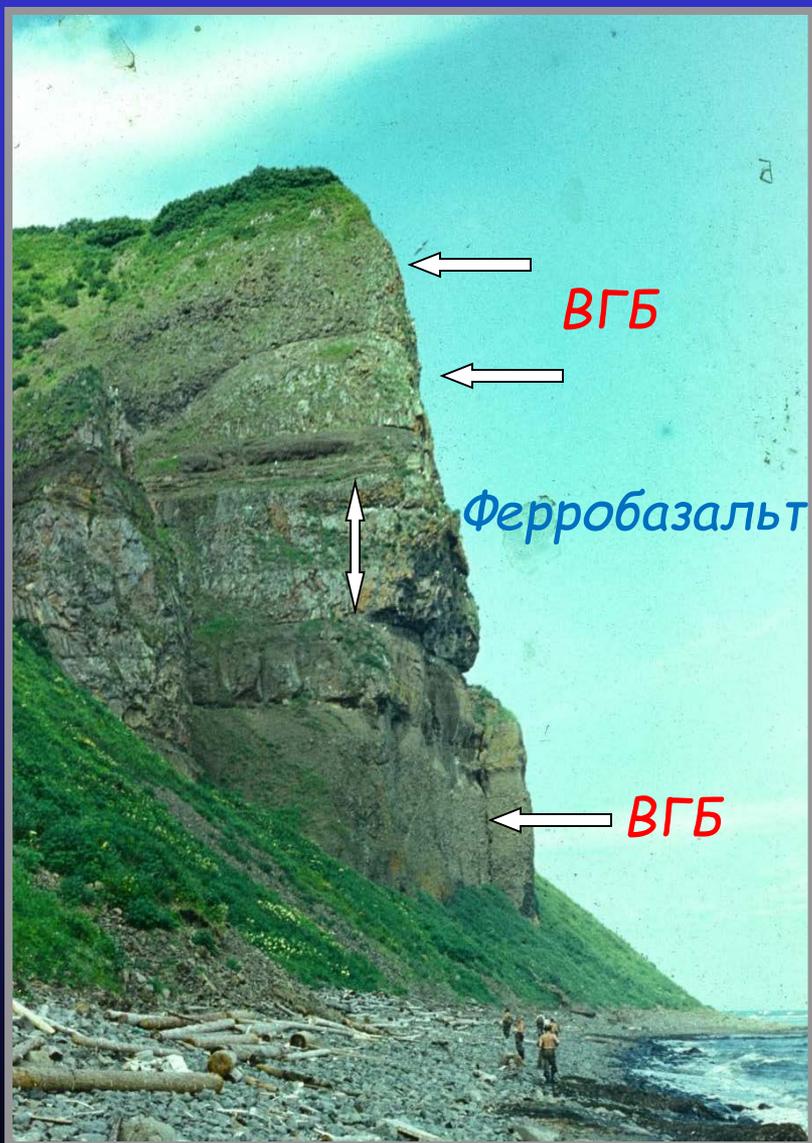
	N-MORB	IAT	Med-K CA	Bon
SiO <sub>2</sub>	50	49	49	56
TiO <sub>2</sub>	1.5	0.5	0.58	0.2
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	17	15	12.4	10.5
FeO	9.0	9.0	10.0	8.0
MnO	0.11	0.2	0.18	0.15
MgO	6.3	10.3	15.3	11.2
CaO	11.8	12.6	11.1	7.4
Na <sub>2</sub> O	2.9	1.5	2.0	1.5
K <sub>2</sub> O	0.15	0.20	0.9	0.4
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.14	0.06	0.15	0.02
Ba	6ppm	20	60	30
Nb	3.5ppm	0.6	0.8	1.0

# ОСТРОВОДУЖНЫЕ ТОЛЕИТЫ

# Кроноцкие базальты как пример островодужных толеитов



# Переслаивание высоко-Аl и ферробазальтов (Кроноцкая серия, Восточная Камчатка)

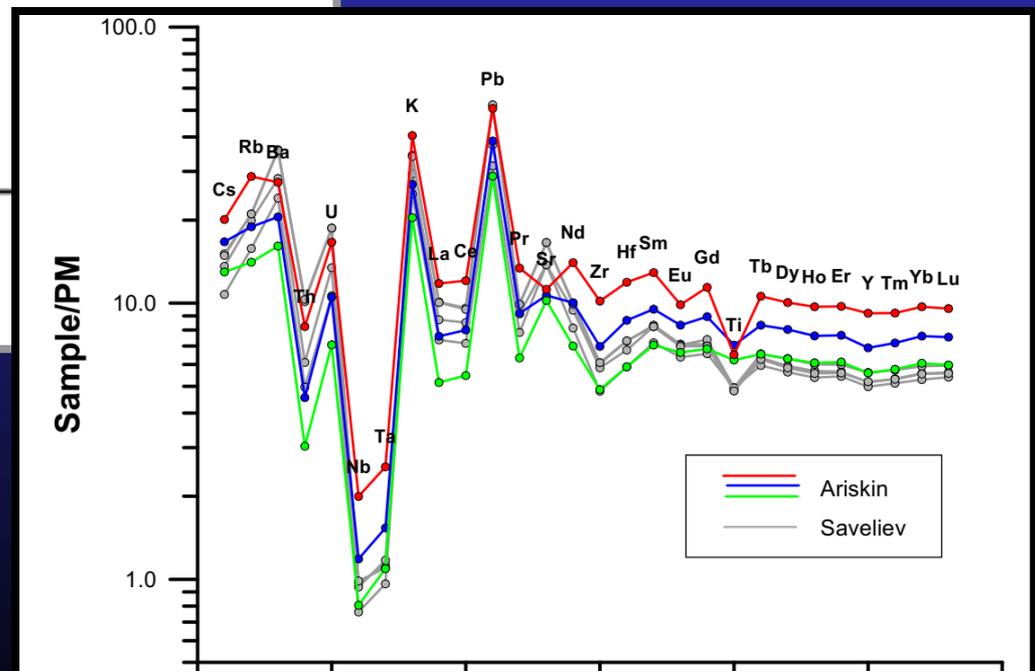
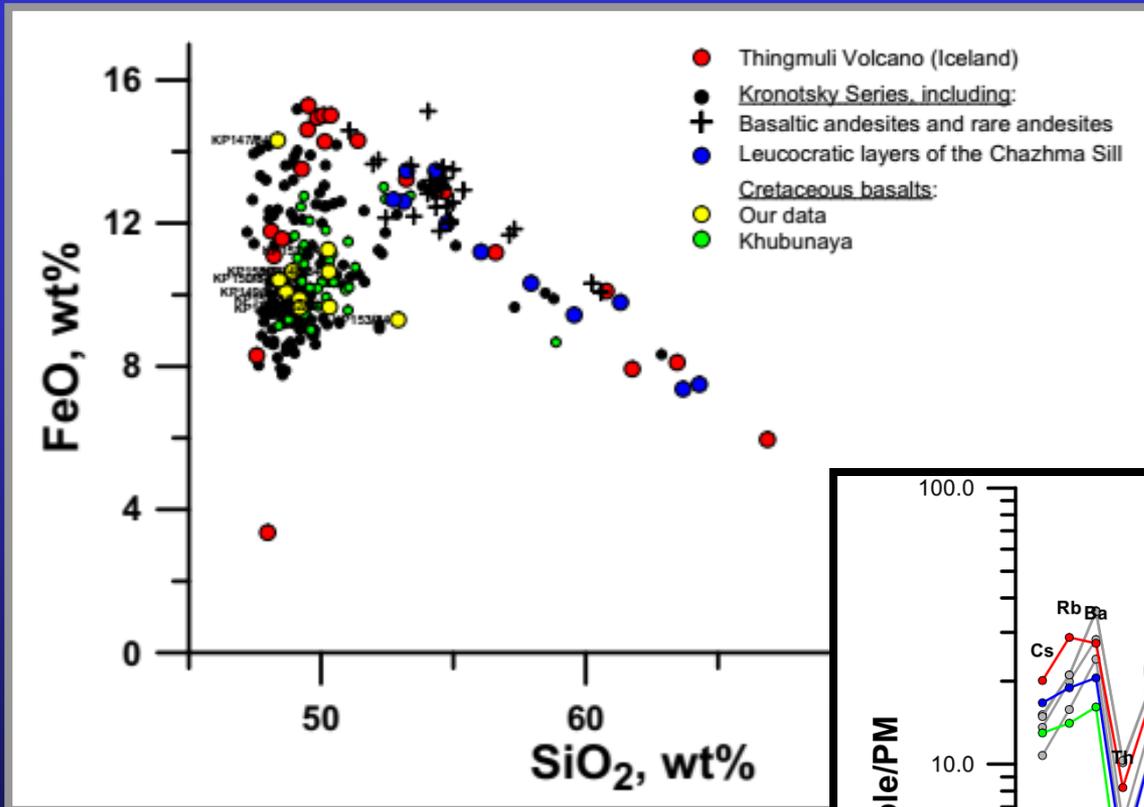


Средние составы базальтов  
Кроноцкой серии

Оксиды, мас. %	Средний ферробазальт	Средний высоко-Аl базальт (ВГБ)
SiO <sub>2</sub>	49.86	49.16
TiO <sub>2</sub>	1.16	0.77
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15.70	20.72
FeO	13.45	9.76
MnO	0.24	0.16
MgO	5.87	4.30
CaO	10.80	12.19
Na <sub>2</sub> O	1.97	2.14
K <sub>2</sub> O	0.48	0.42
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.21	0.17
mg#	0.437	0.440

# Геохимия пород толеитовых серий энсиалических островных дуг

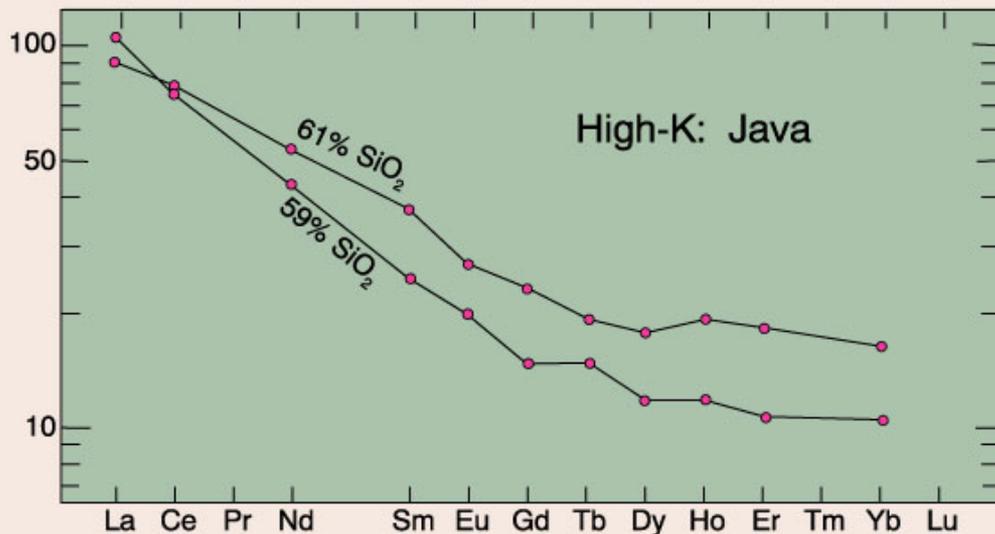
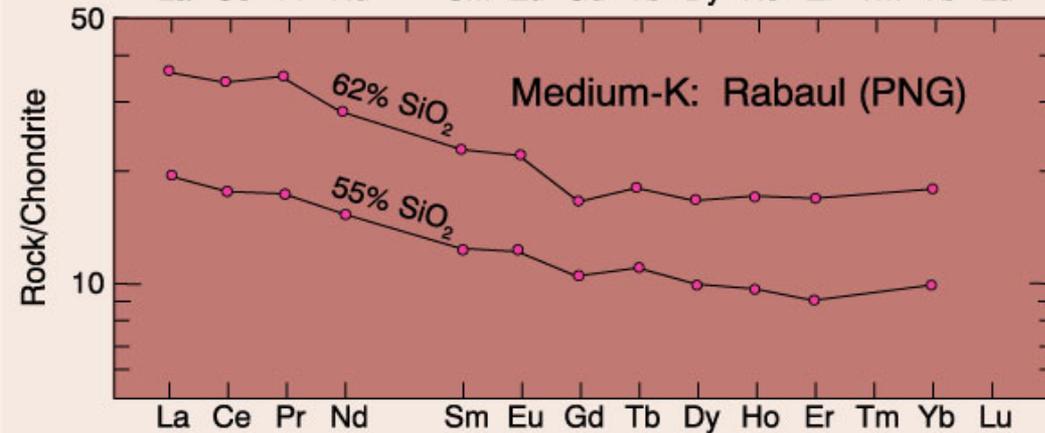
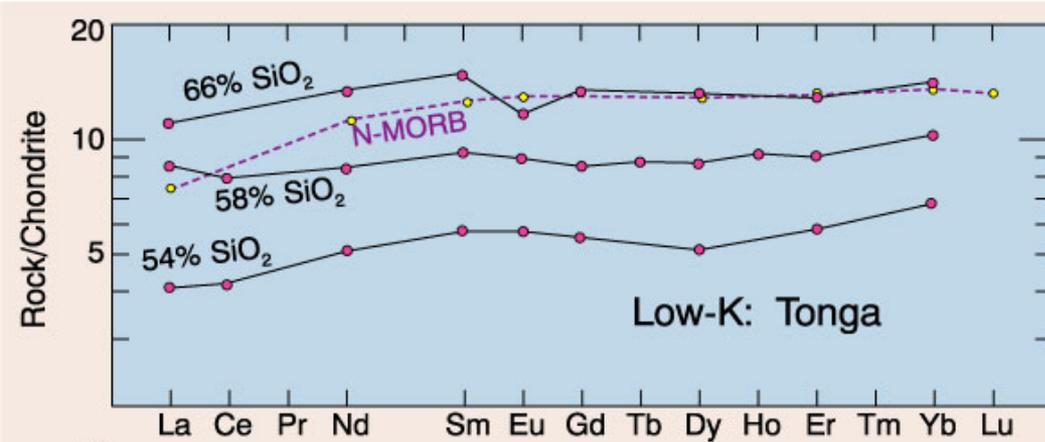
Чажмиский силл



ГЕОХИМИЯ  
ИЗВЕСТКОВО-ЩЕЛОЧНЫХ  
СЕРИЙ

# Сравнение серий разной калиевости

гетерогенный источник  
субпараллельные  
графики  
в единых сериях  
(фракционирование  
OI, Crx, PI)  
истощенный источник  
низко-К серий  
нет обеднения ТРЗЭ -  
источник выше  
зоны гранатовых  
лерцолитов



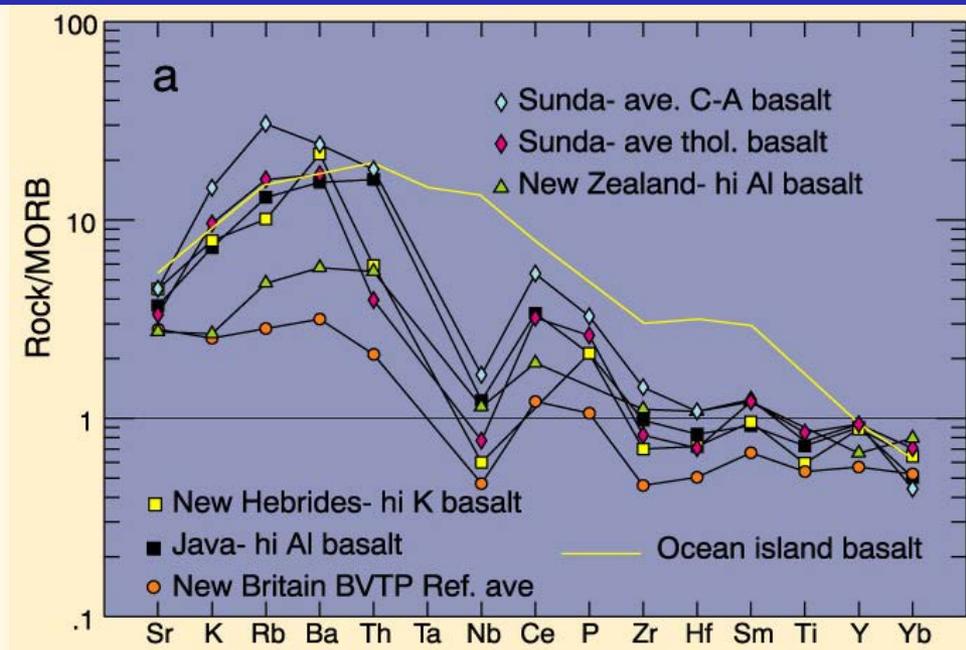
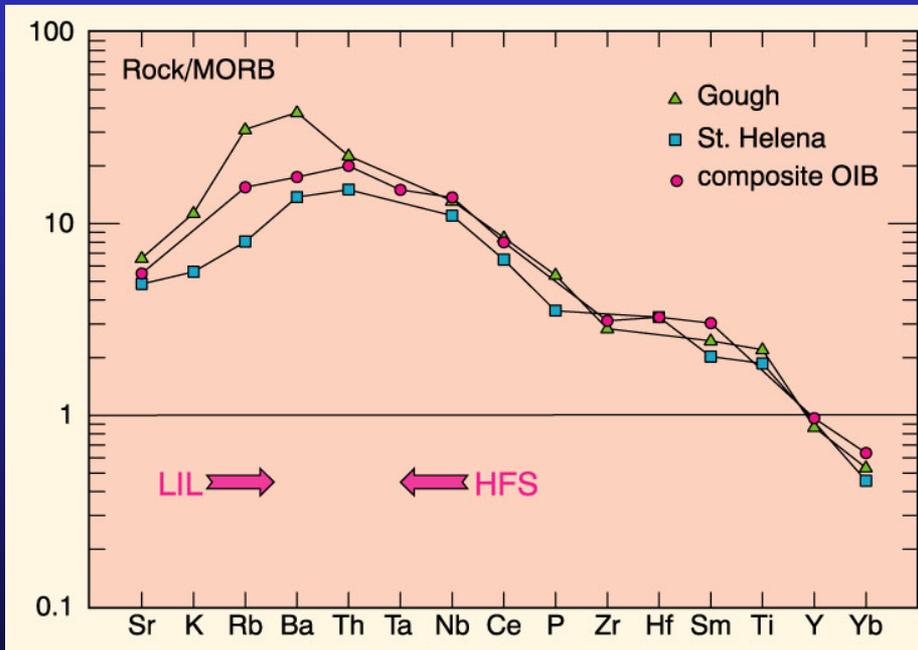
# Сравнение геохимических спектров ОИВ и известково-щелочных серий островных дуг

Океанические острова

*n* = 2500

*Pearce (1983) ordering*

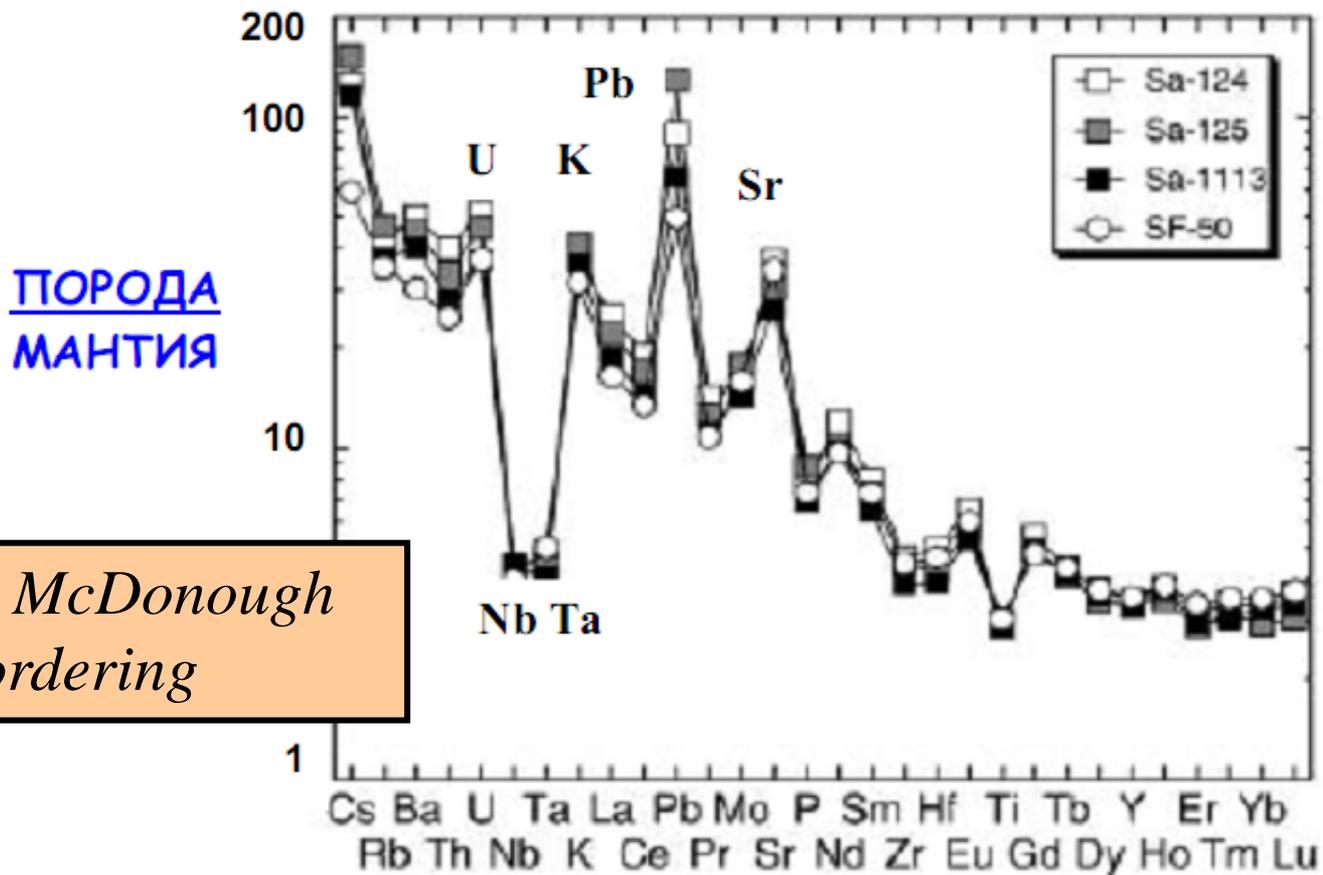
Островные дуги



**Ta-Nb минимум - наиболее яркая особенность !!!**

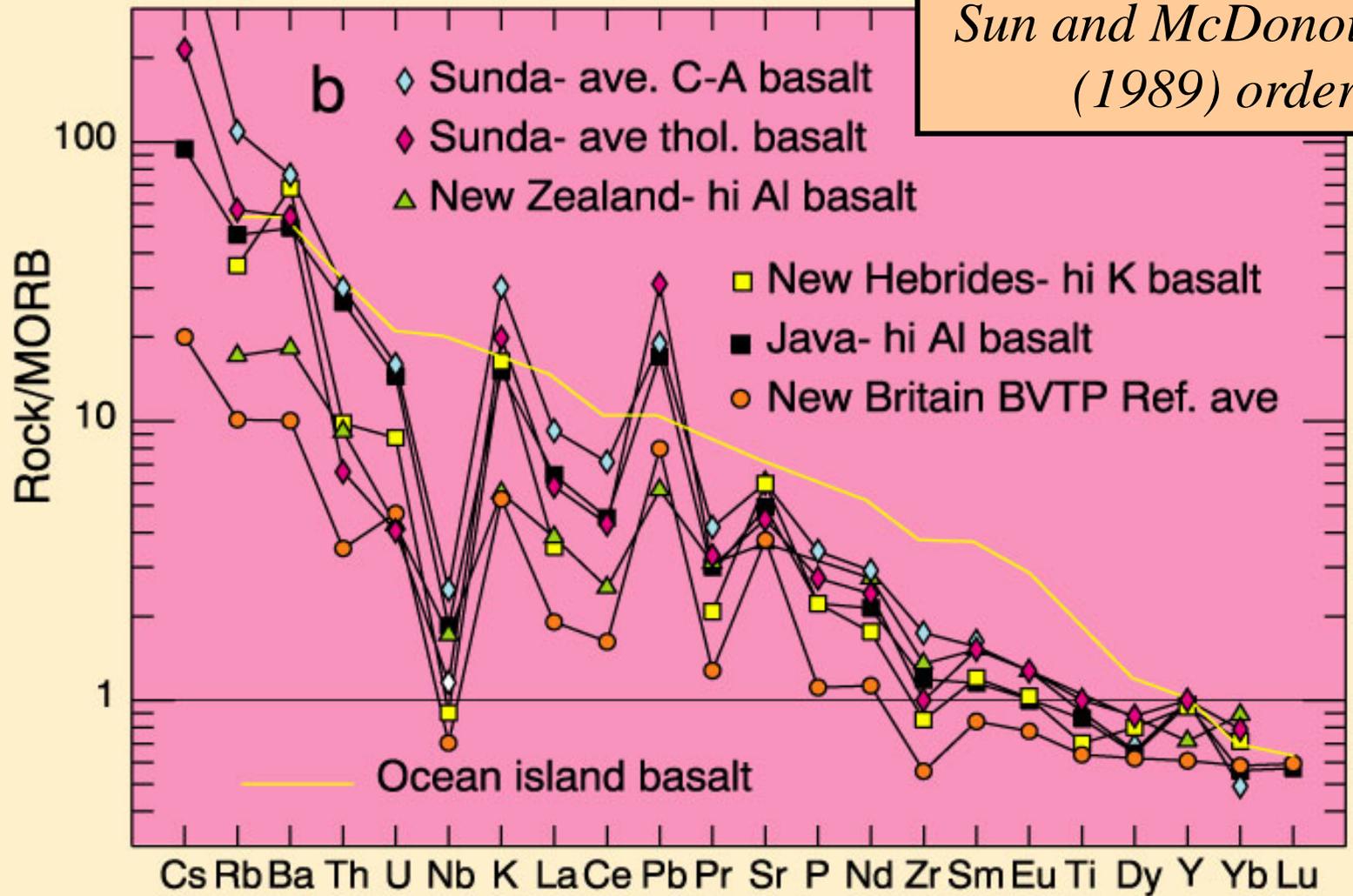
# Геохимия пород известково-щелочных серий

МИКРОЭЛЕМЕНТЫ В ПОРОДАХ ИЗВЕСТКОВО-ЩЕЛОЧНОЙ СЕРИИ ВУЛКАНА САЛИНА (ЭОЛИЙСКАЯ ДУГА, СИЦИЛИЯ)



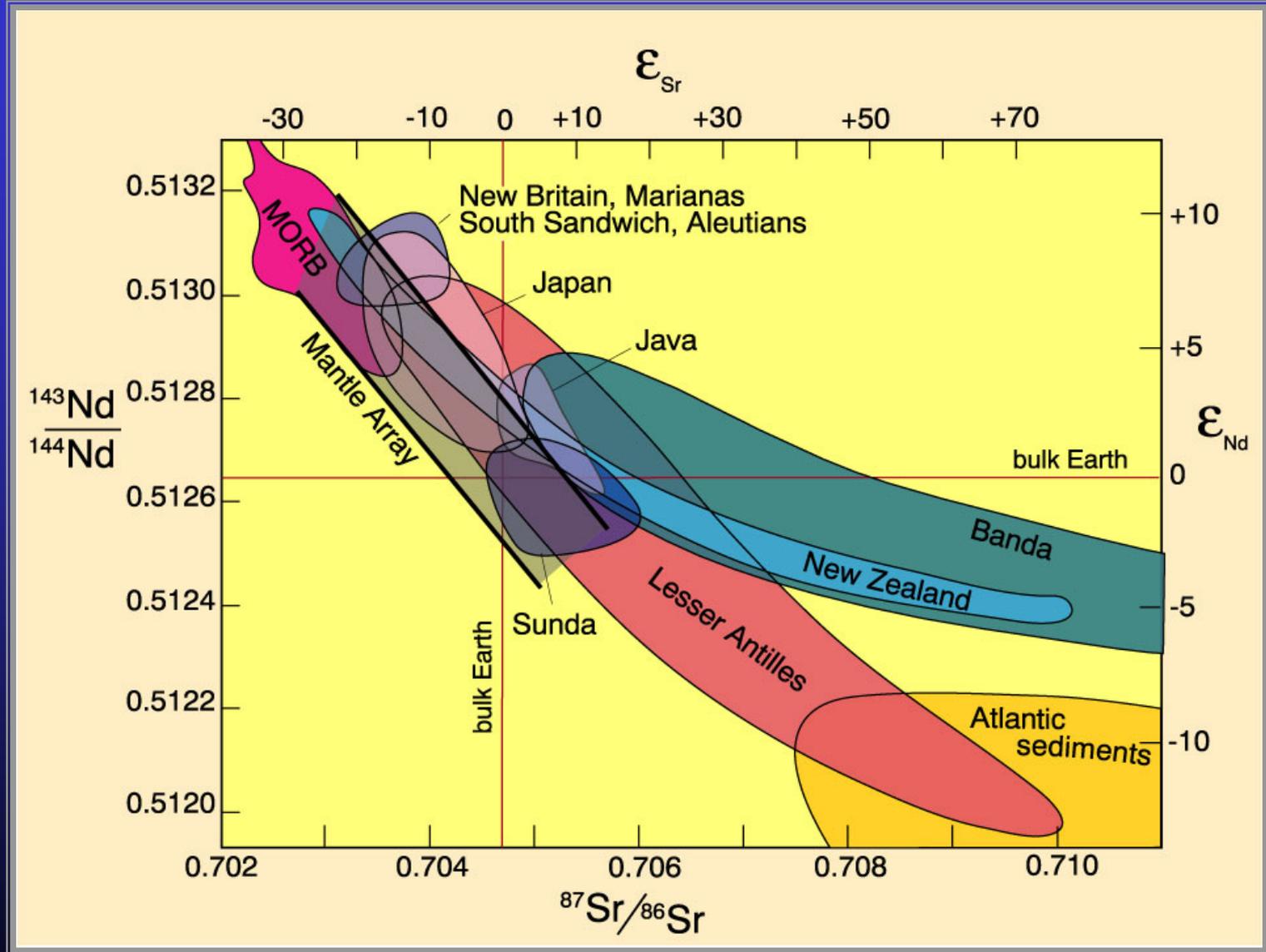
*Sun and McDonough  
(1989) ordering*

# Другие примеры известково-щелочных серий



*Sun and McDonough  
(1989) ordering*

# Sr-Nd систематика островодужных серий



# СХЕМА МАГМАОБРАЗОВАНИЯ

