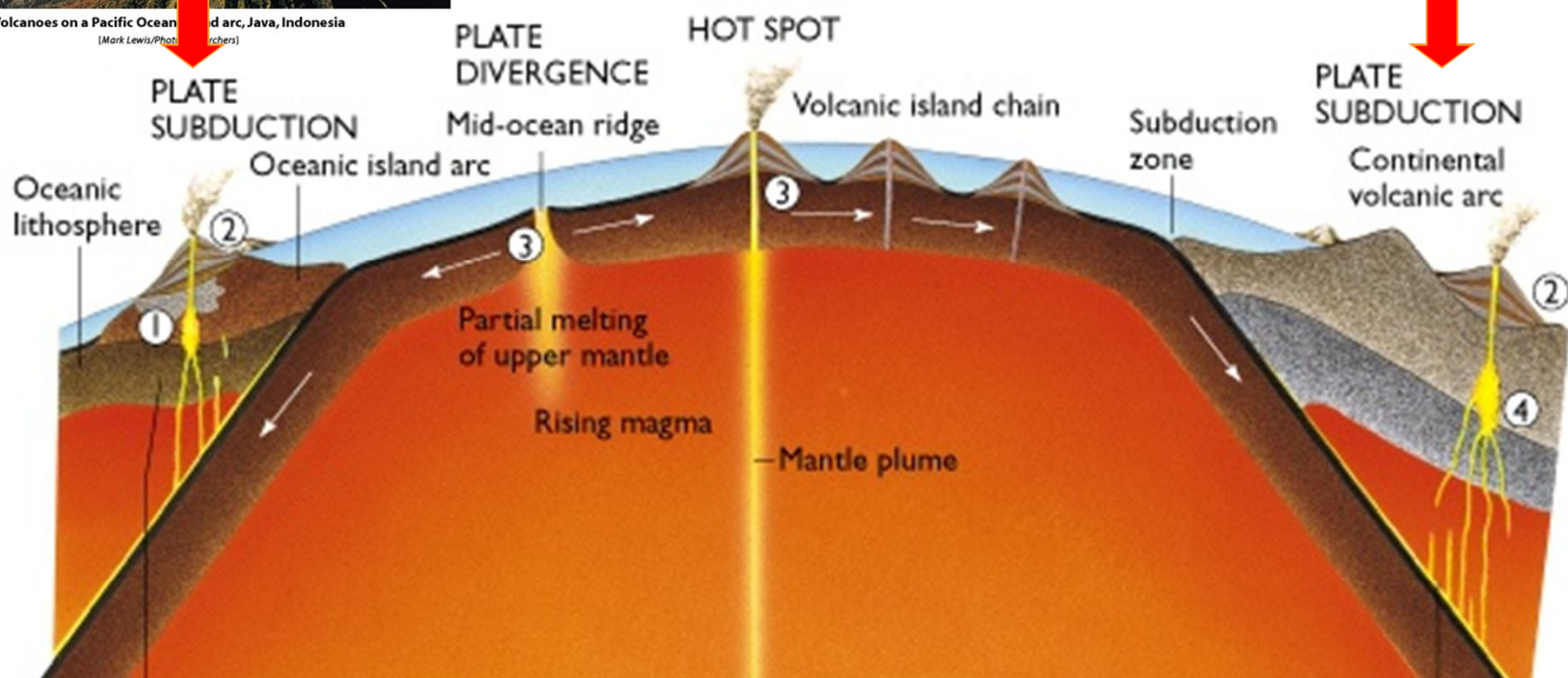
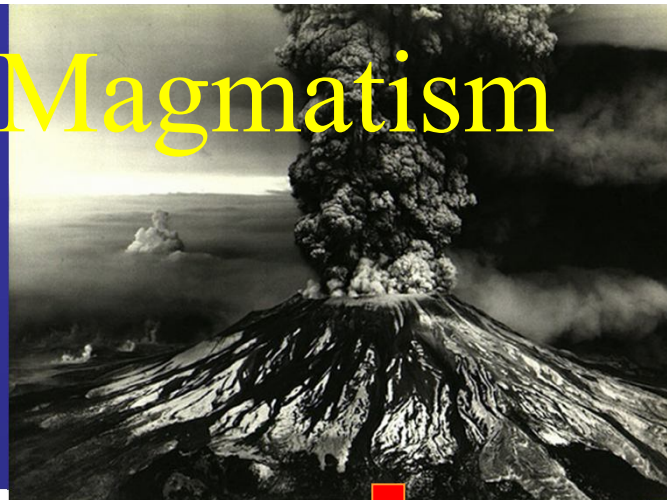


Subduction Zone (Arc) Magmatism



Volcanoes on a Pacific Ocean island arc, Java, Indonesia
(Mark Lewis/Photo Researchers)



1) Oceanic Island Arcs 2) Continental Arcs

Some partial melting in mantle wedge above subducting plate

- ① Mafic to intermediate plutonism
- ② Mafic to intermediate volcanism

- ③ Basaltic volcanism

- ④ Mafic to silicic plutonism

Some partial melting in mantle wedge above subducting plate

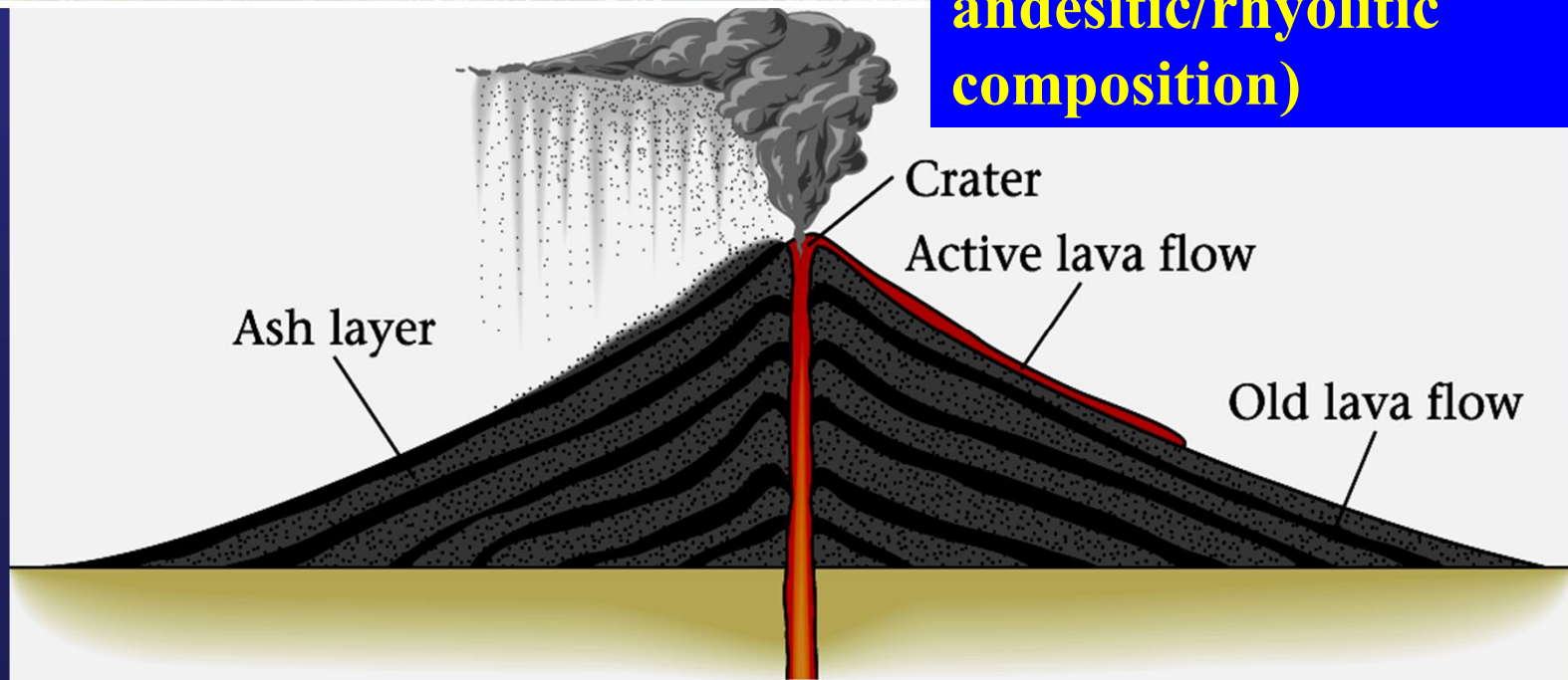
Composite or Stratovolcano – (Mt. Fuji, Japan)



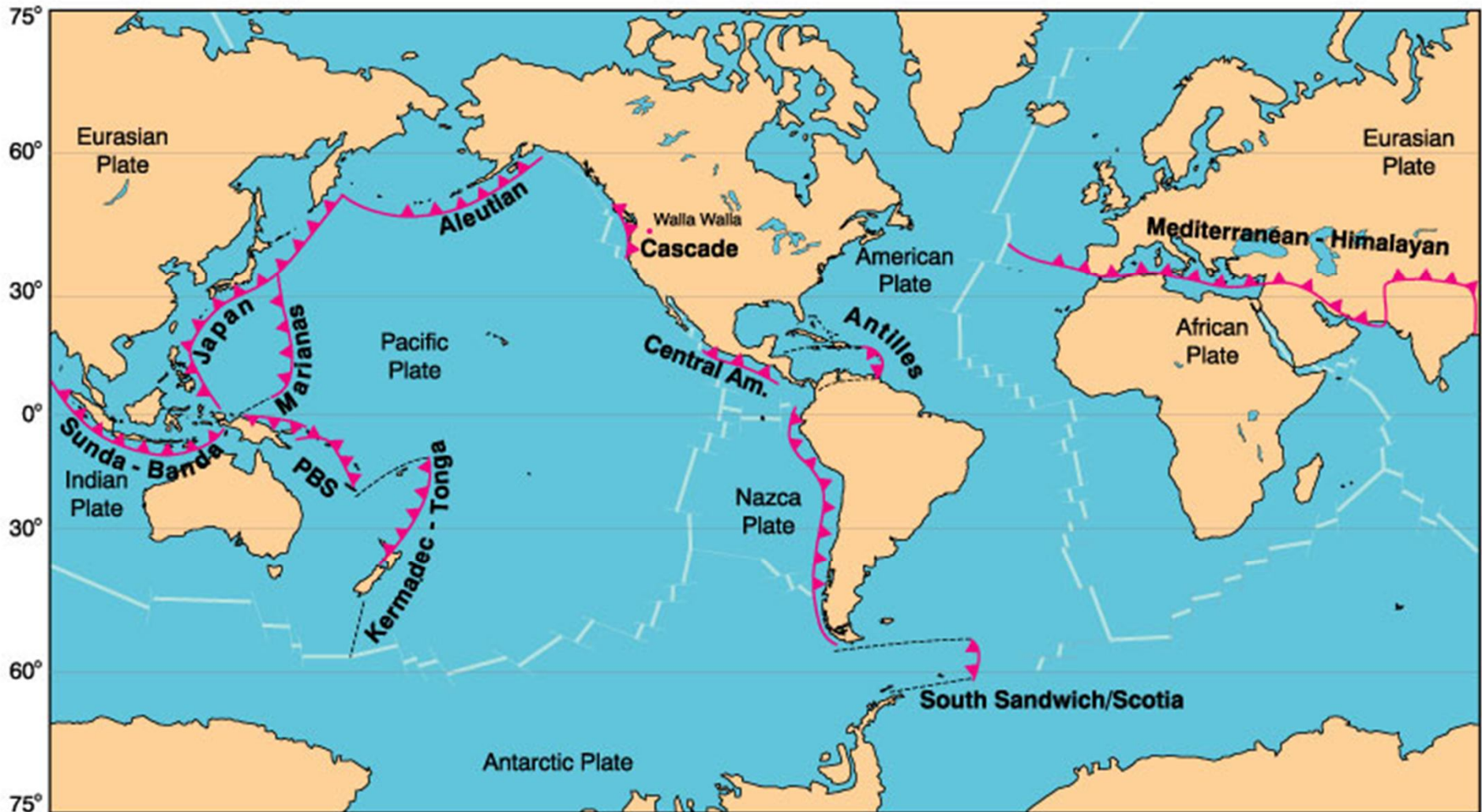
Subduction Zones

Explosive Eruptions

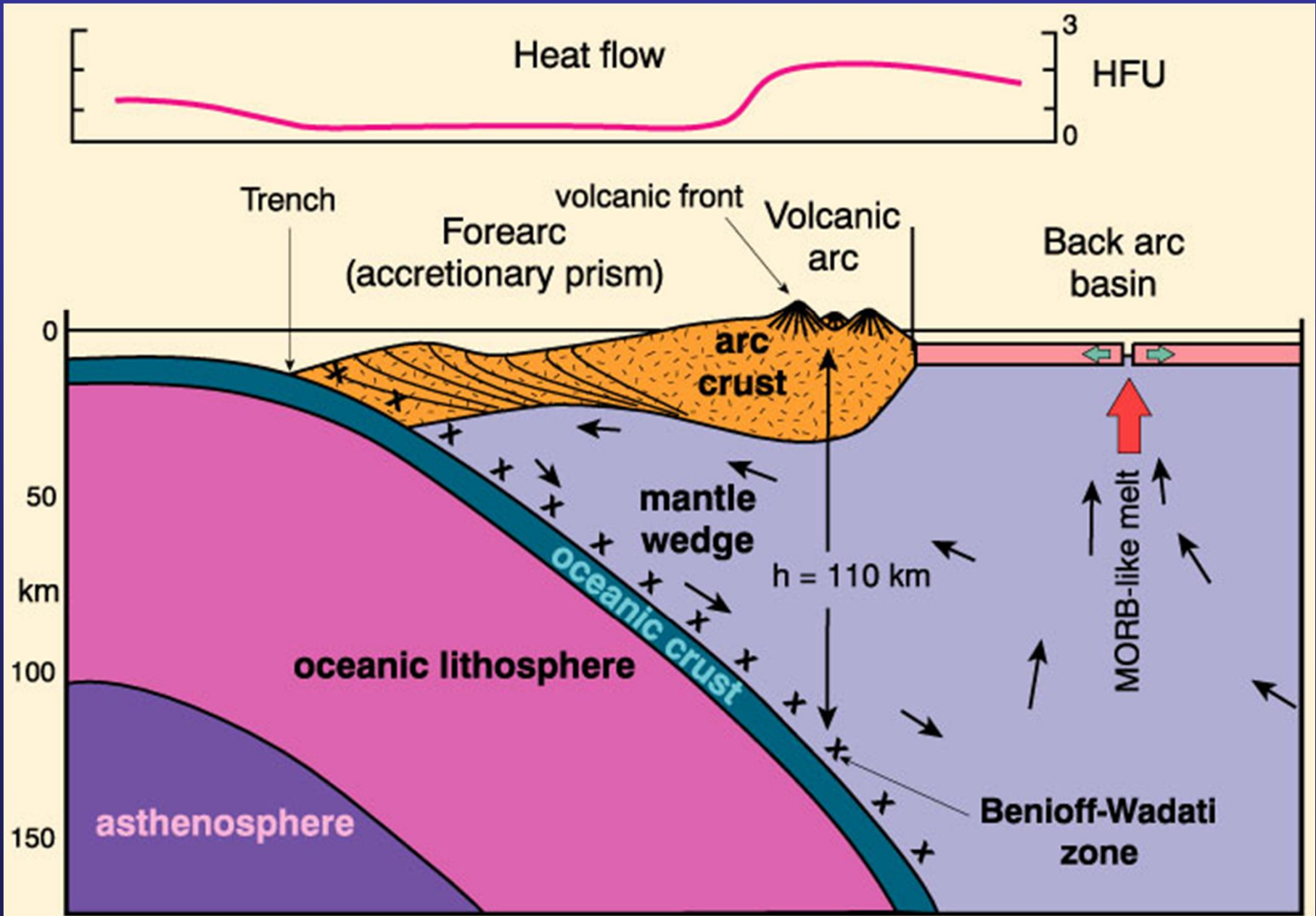
Composed of alternating layers of tephra and lava flows (mostly of andesitic/rhyolitic composition)



Global Distribution of Subduction Zones



Structure of an Island Arc



Volcanic Rocks of Oceanic Island Arcs

Table 16-1. Relative Proportions of Quaternary Volcanic Island Arc Rock Types

Locality	B	B-A	A	D	R
Talasea, Papua	9	23	55	9	4
Little Sitkin, Aleutians	0	78	4	18	0
Mt. Misery, Antilles (lavas)	17	22	49	12	0
Ave. Antilles	17	42		39	2
Ave. Japan (lava, ash falls)	14	85		2	0

After Gill (1981, Table 4.4) B = basalt B-A = basaltic andesite

A = andesite, D = dacite, R = rhyolite

High proportion of basaltic andesite and andesite

TABLE 8-2 Representative chemical compositions of various basalts

Components	N-MORB ^a	E-MORB ^a	OIT ^b	OIAB ^c	IAT ^d	CFT ^e
SiO ₂	48.77	47.74	50.51	47.52	51.90	50.01
TiO ₂	1.33	1.59	2.63	3.29	0.80	1.00
Al ₂ O ₃	15.90	15.12	13.45	15.95	16.00	17.08
Fe ₂ O ₃	1.33	2.31	1.78	7.16	—	—
FeO	8.62	9.74	9.59	5.30	9.56	10.01
MnO	0.17	0.20	0.17	0.19	0.17	0.14
MgO	9.67	8.99	7.41	5.18	6.77	7.84
CaO	11.16	11.61	11.18	8.96	11.80	11.01
Na ₂ O	2.43	2.04	2.28	3.56	2.42	2.44
K ₂ O	0.08	0.19	0.49	1.29	0.44	0.27
P ₂ O ₅	0.09	0.18	0.28	0.64	0.11	0.19

^aN-MORB, normal mid-ocean ridge basalt; E-MORB, enriched MORB.

^bOIT, ocean island tholeiite.

^cOIAB, ocean island alkali basalt (Kohala, Hawaii).

^dIAT, island arc tholeiite.

^eCFT, continental flood tholeiite.

Major Elements and Magma Series

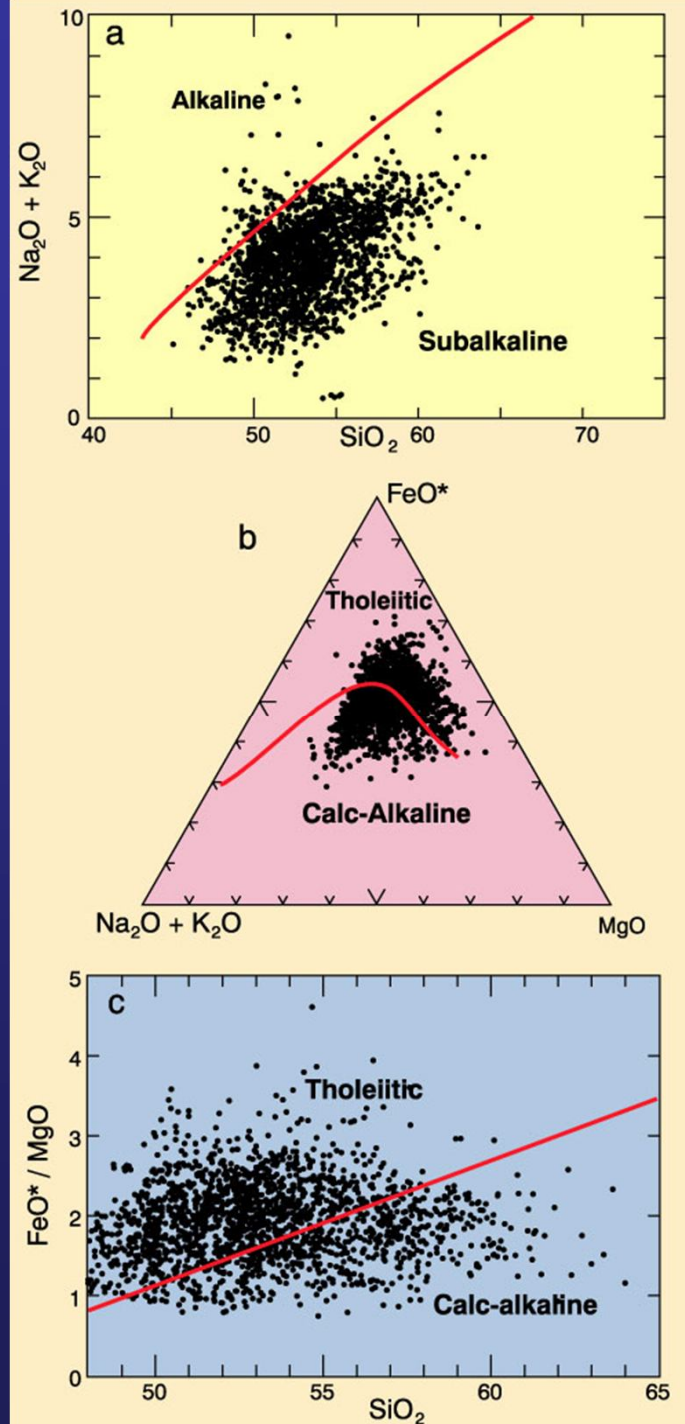
a. Alkali vs. silica

b. AFM

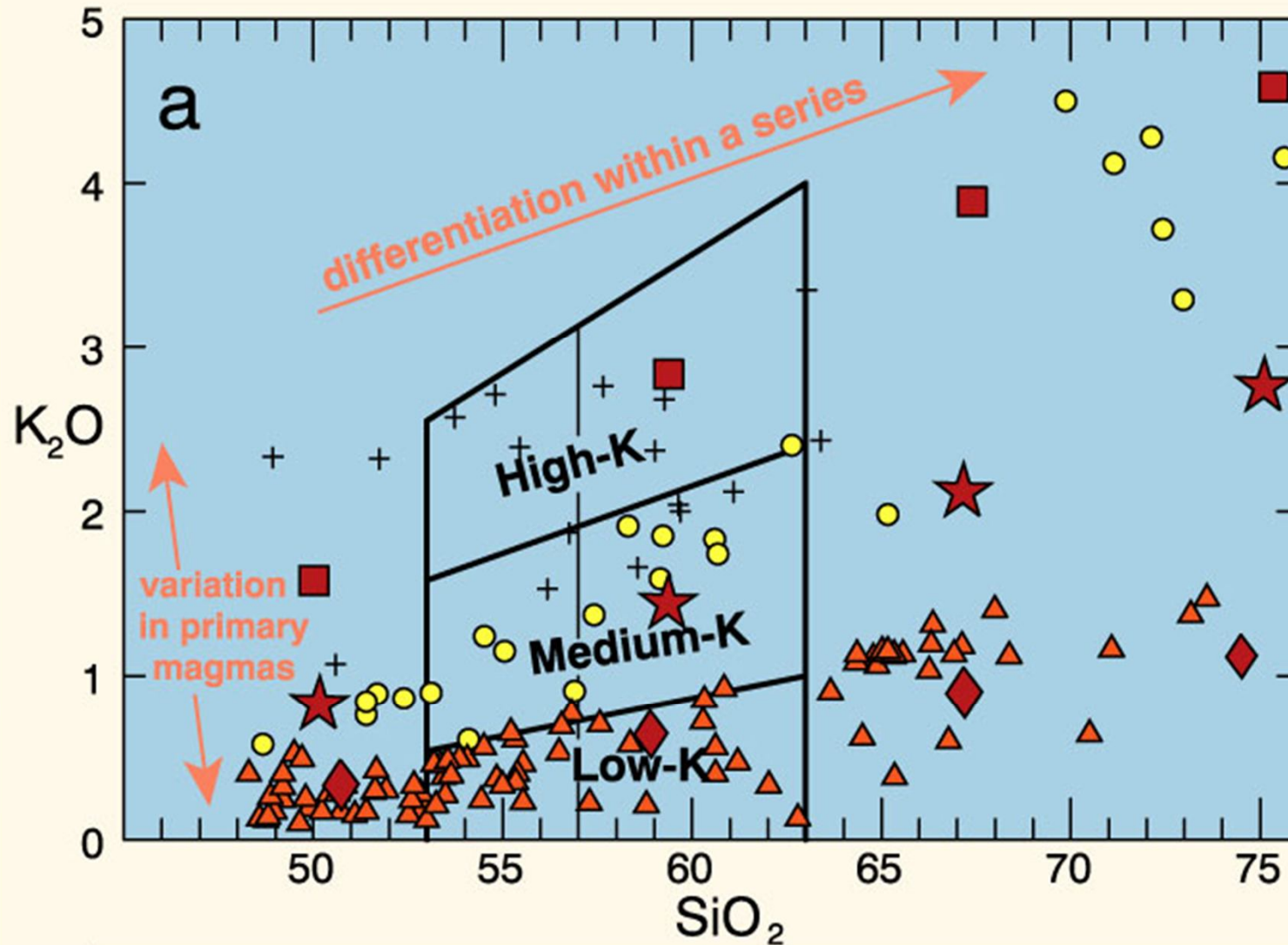
c. FeO^*/MgO vs. silica

diagrams for 1946 analyses from
~ 30 island and continental arcs
with emphasis on the more
primitive volcanics

Figure 16-3. Data compiled by Terry Plank (Plank and Langmuir, 1988) *Earth Planet. Sci. Lett.*, 90, 349-370.



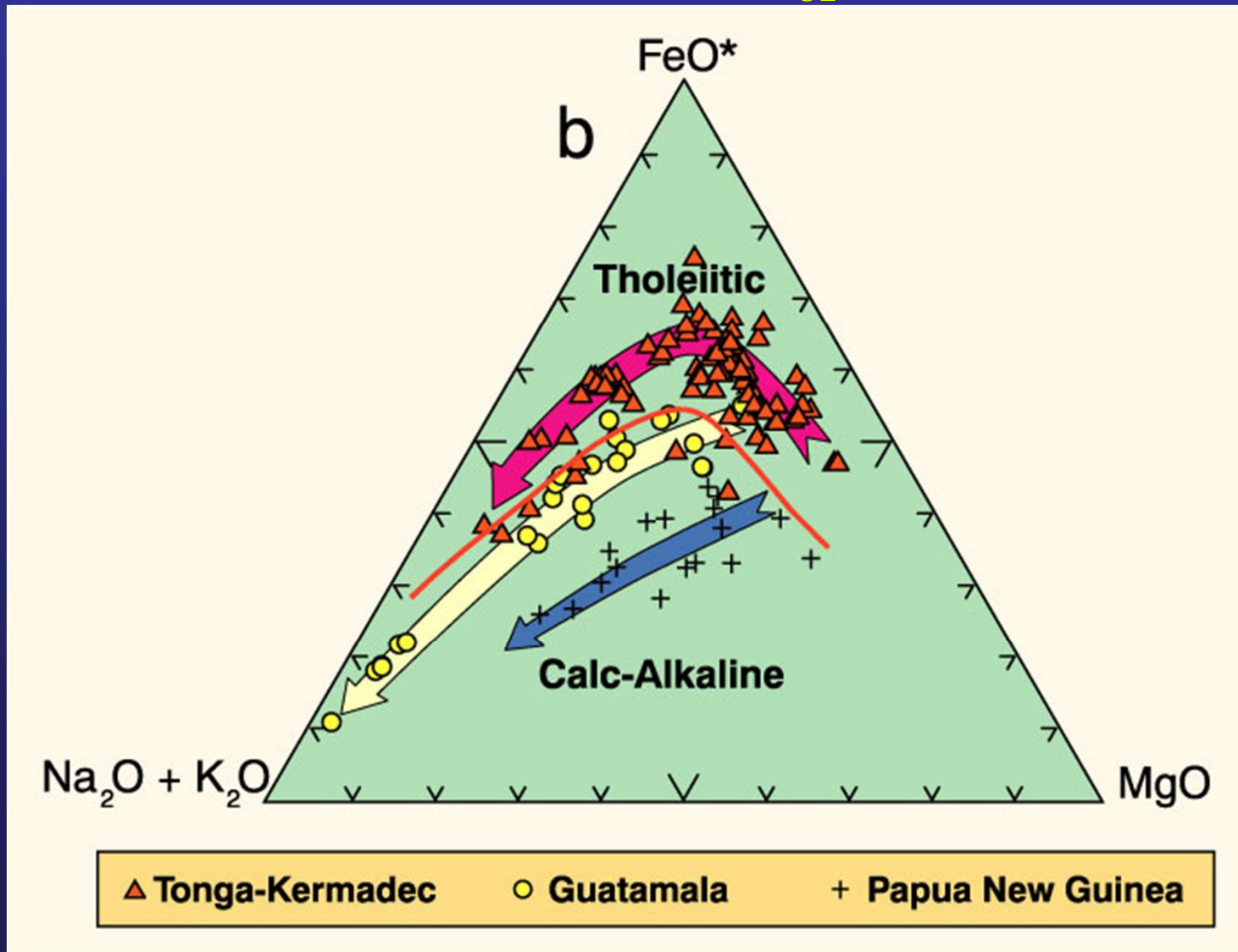
K_2O is an important discriminator \rightarrow 3 sub-series



▲ Tonga-Kermadec ○ Guatamala + Papua New Guinea

Early crystallization of an Fe-Ti oxide phase

Probably related to the high water content of calc-alkaline magmas in arcs, dissolves \rightarrow high f_{O_2}



Параметры островодужного вулканизма

- Хорошо известно, что островодужные лавы (в том числе и примитивные) наиболее окислены по сравнению с другими геотектоническими обстановками.
- Фугитивность кислорода определенная в различных островодужных перидотитах также очень высокая (вплоть до QFM+ 2).
- Предполагается строгая зависимость между степенью плавления, окислительной обстановкой и обогащением переносимыми во флюиде элементами.

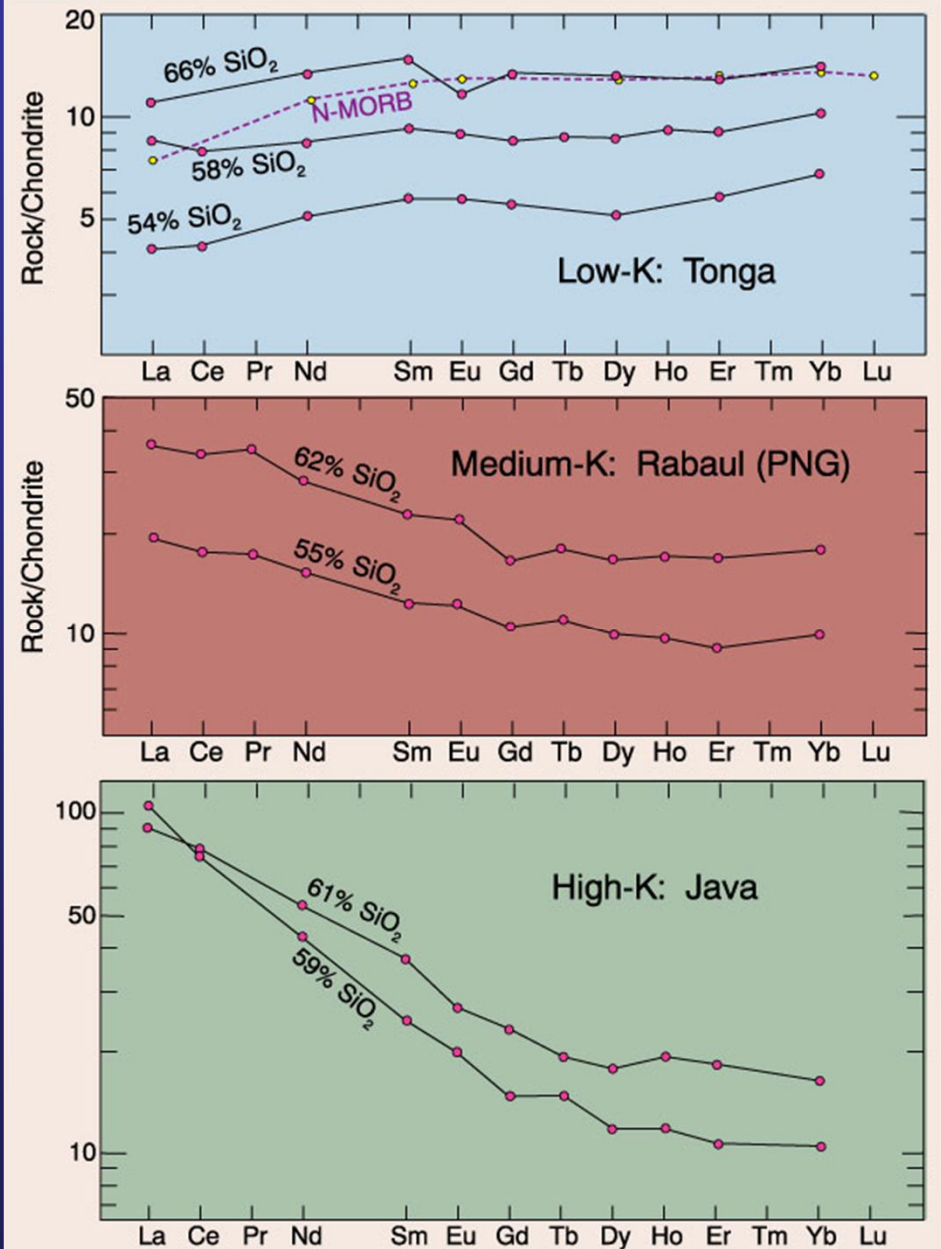
Параметры островодужной мантии

- предполагают, что степень плавления мантии под островными дугами сходна с СОХ-обстановками, т.е. $> 15\%$. предлагают интервал $10-25\%$, считают, что островодужная мантия претерпевает плавление $15-35\%$.(1988-1994)

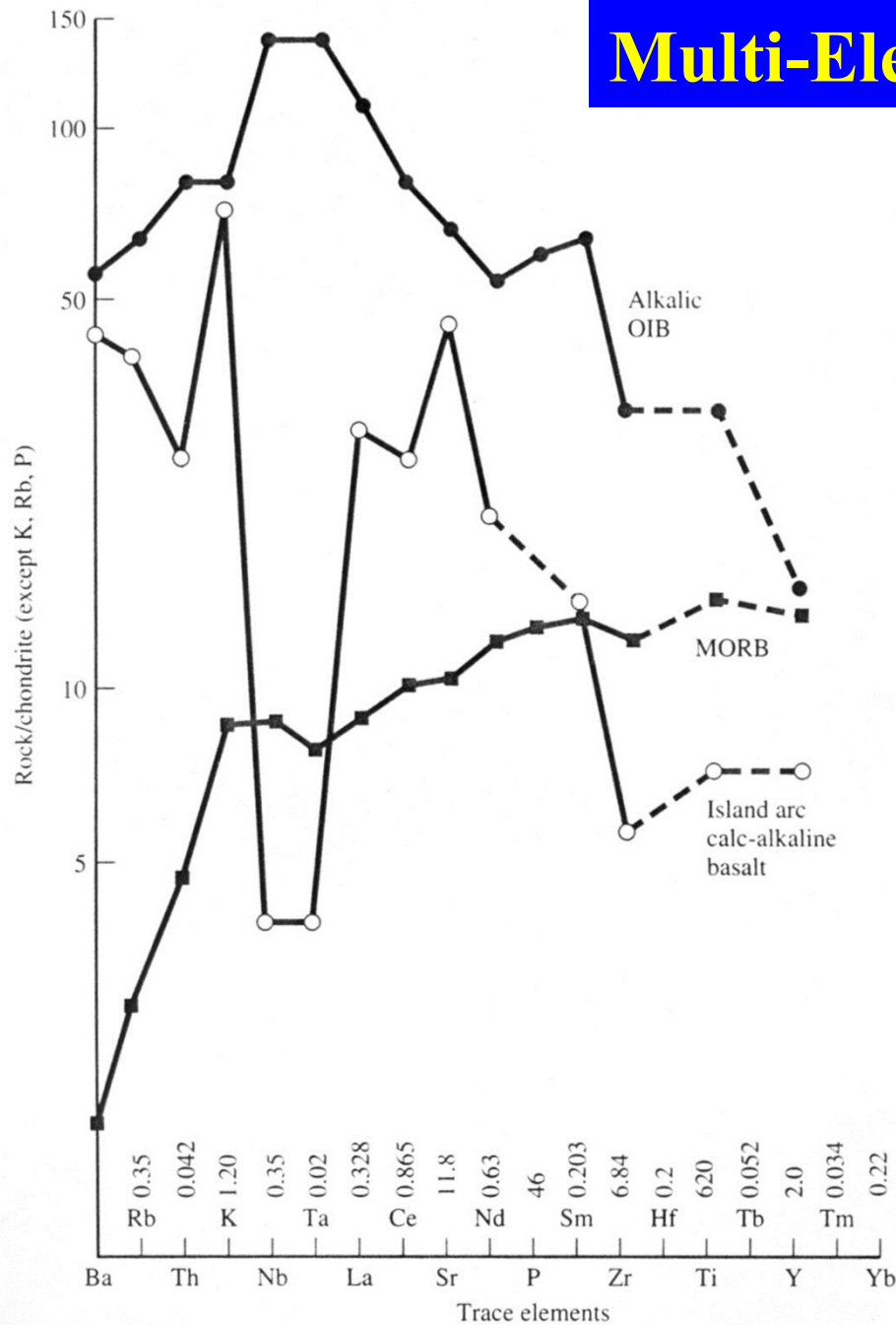
Trace Elements

- REEs

- Slope within series is similar, but height varies with FX due to removal of Ol, Plag, and Pyx
- (+) slope of low-K → DM
 - ◆ Some even more depleted than MORB
- Others have more normal slopes
- Thus heterogeneous mantle sources
- HREE flat, so no deep garnet

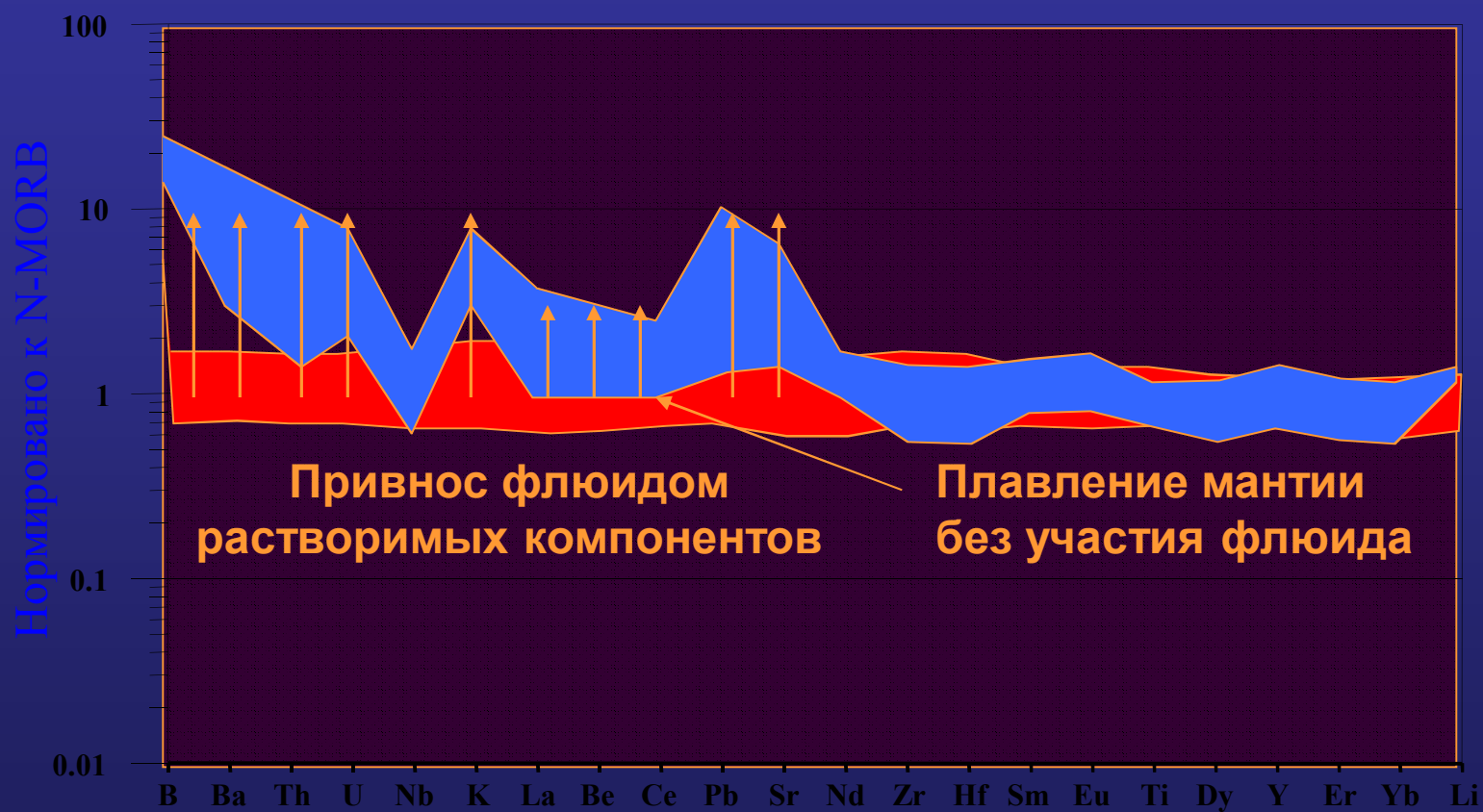


Multi-Element Diagrams

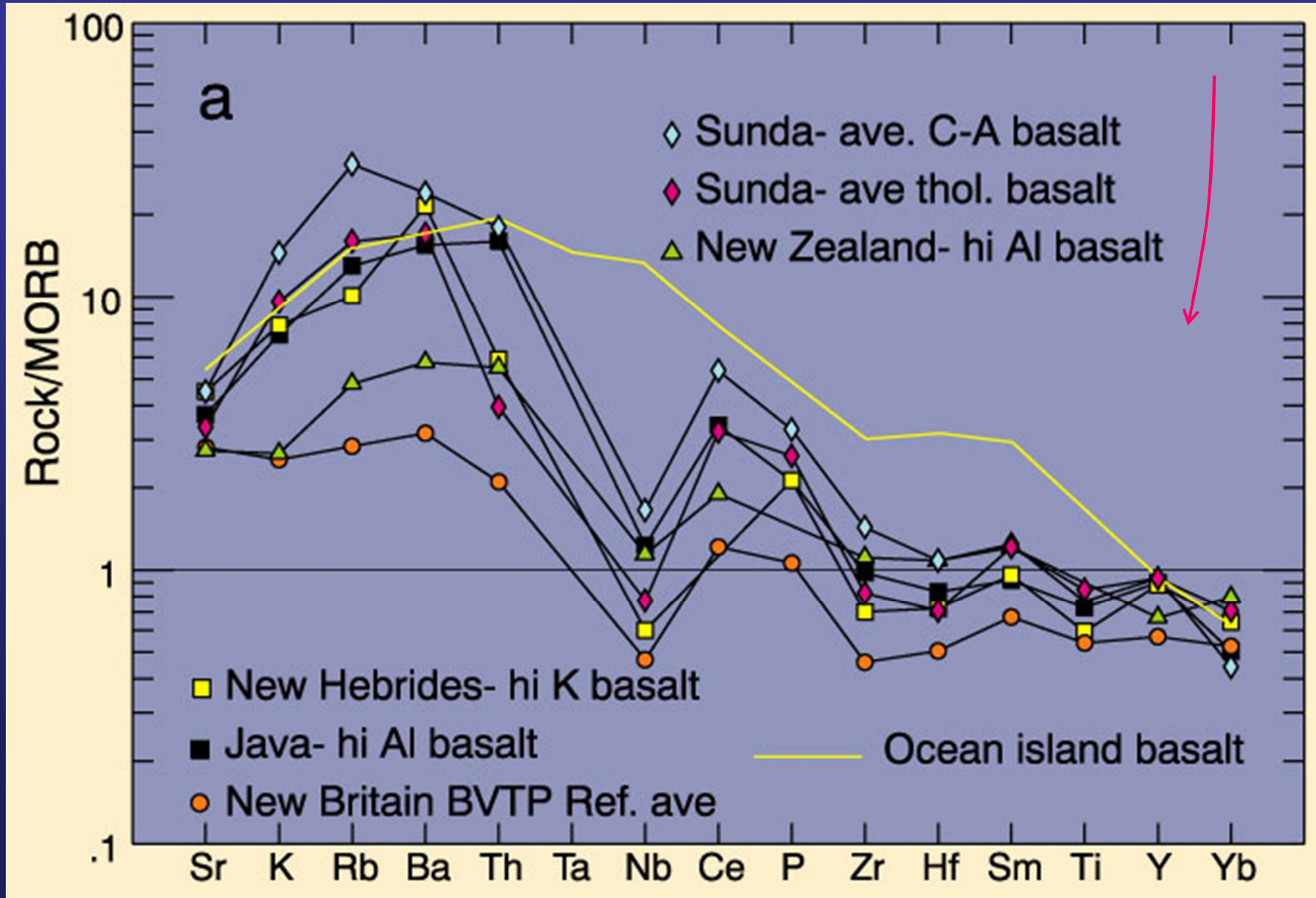


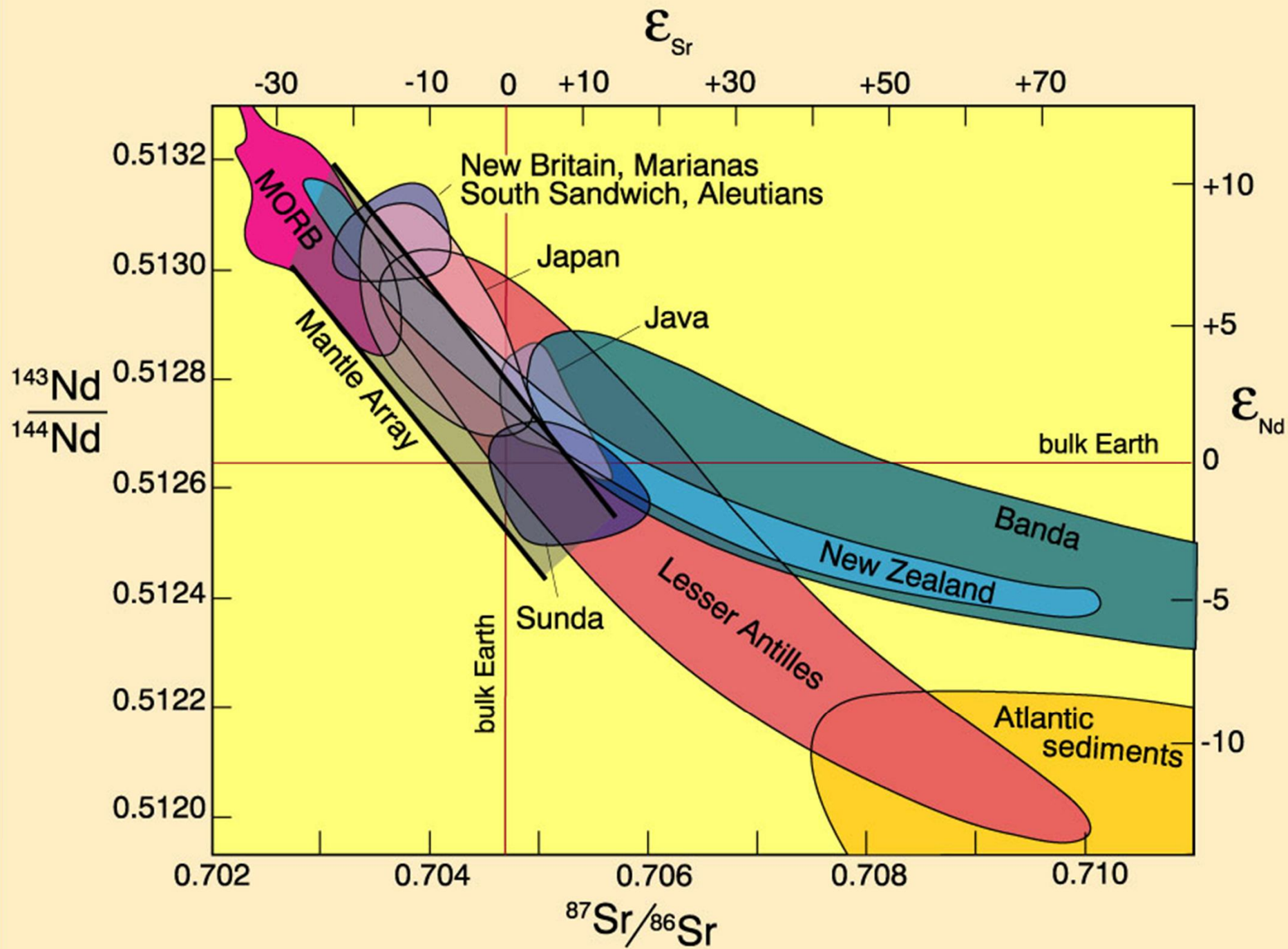
Tectonic Setting from distinctive trace element patterns

Островодужная геохимическая специфика



What is it about subduction zone setting that causes fluid-assisted enrichment?





$^{10}\text{Be}/\text{Be}_{\text{total}}$ vs. $\text{B}/\text{Be}_{\text{total}}$ diagram ($\text{Be}_{\text{total}} \approx {}^9\text{Be}$ since ^{10}Be is so rare)

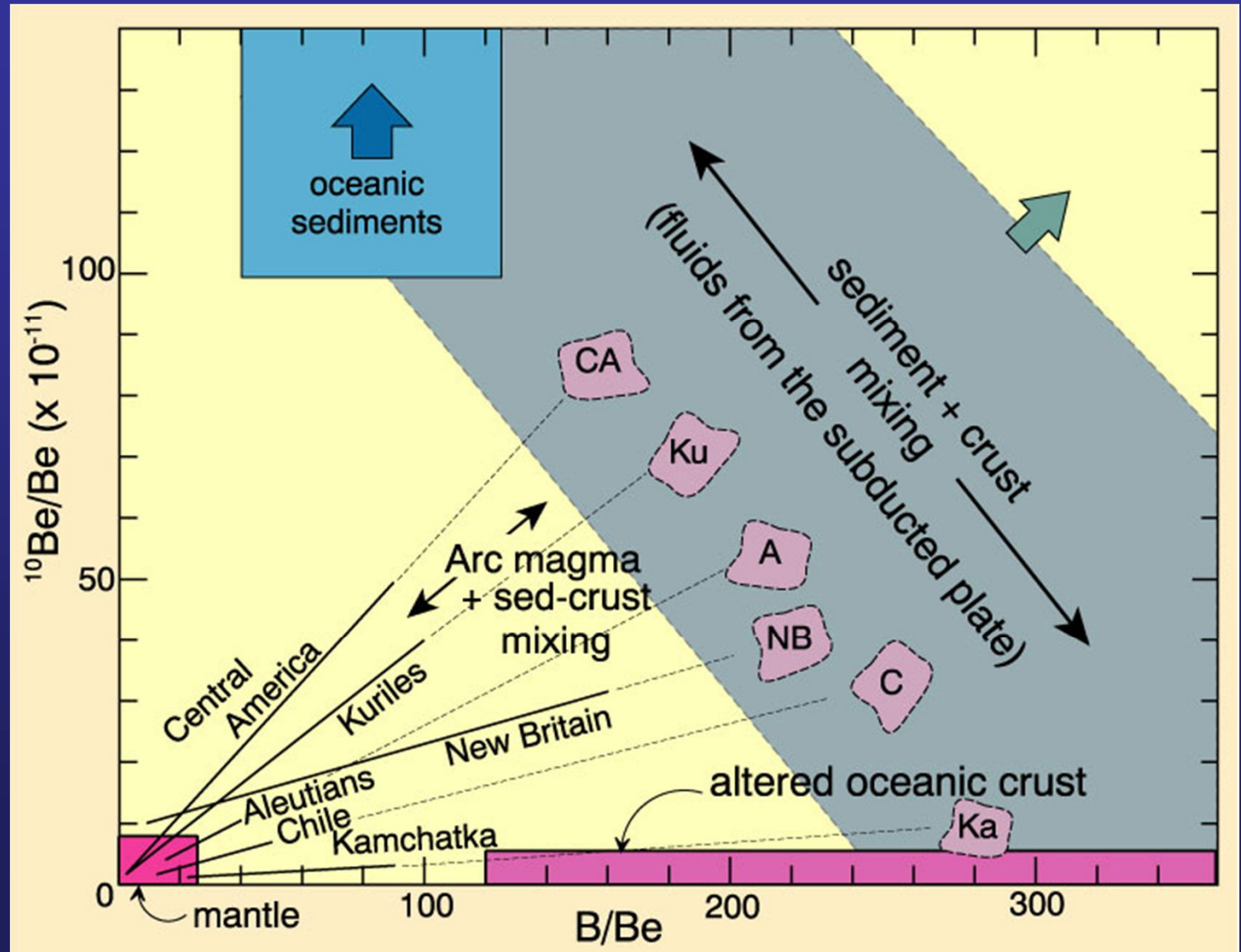
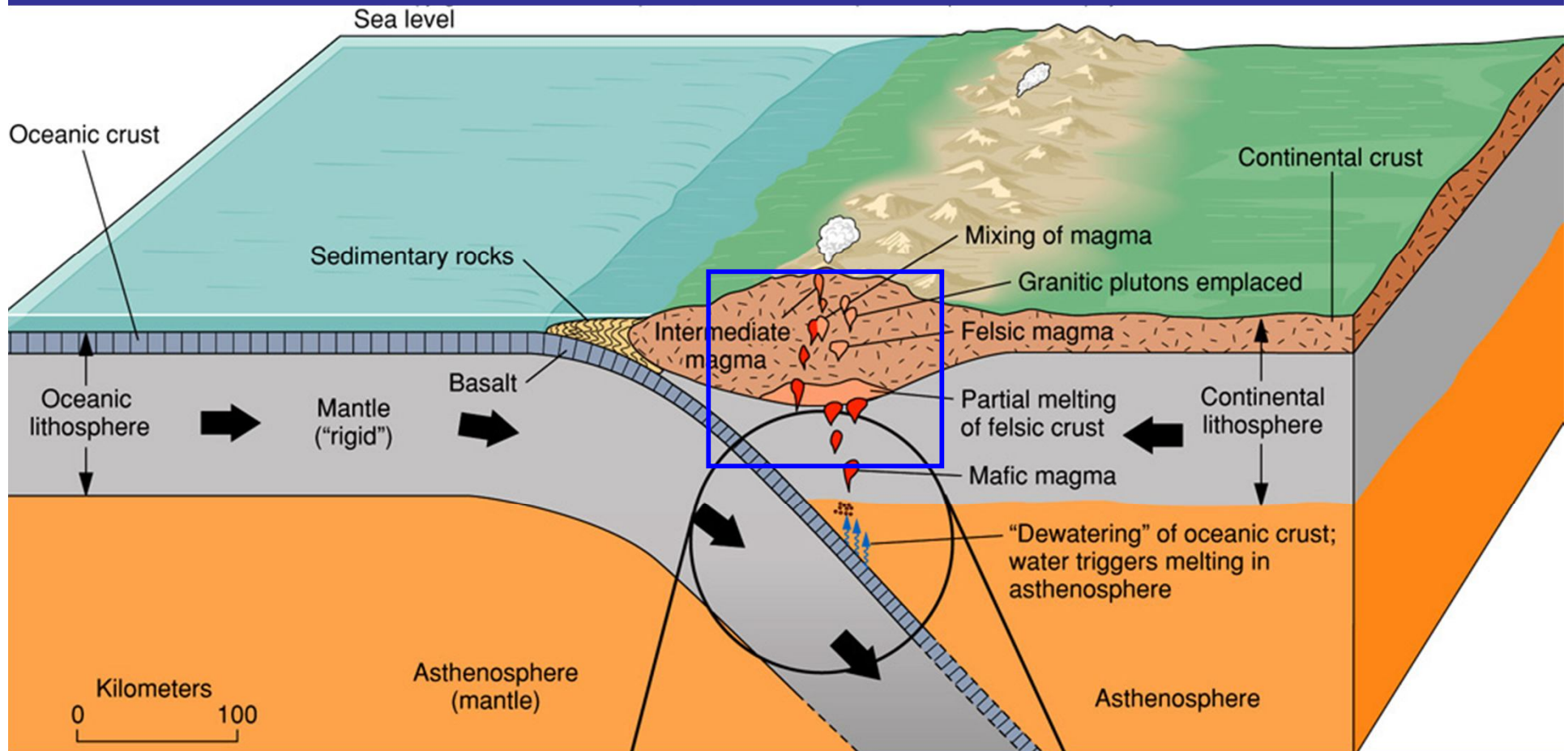


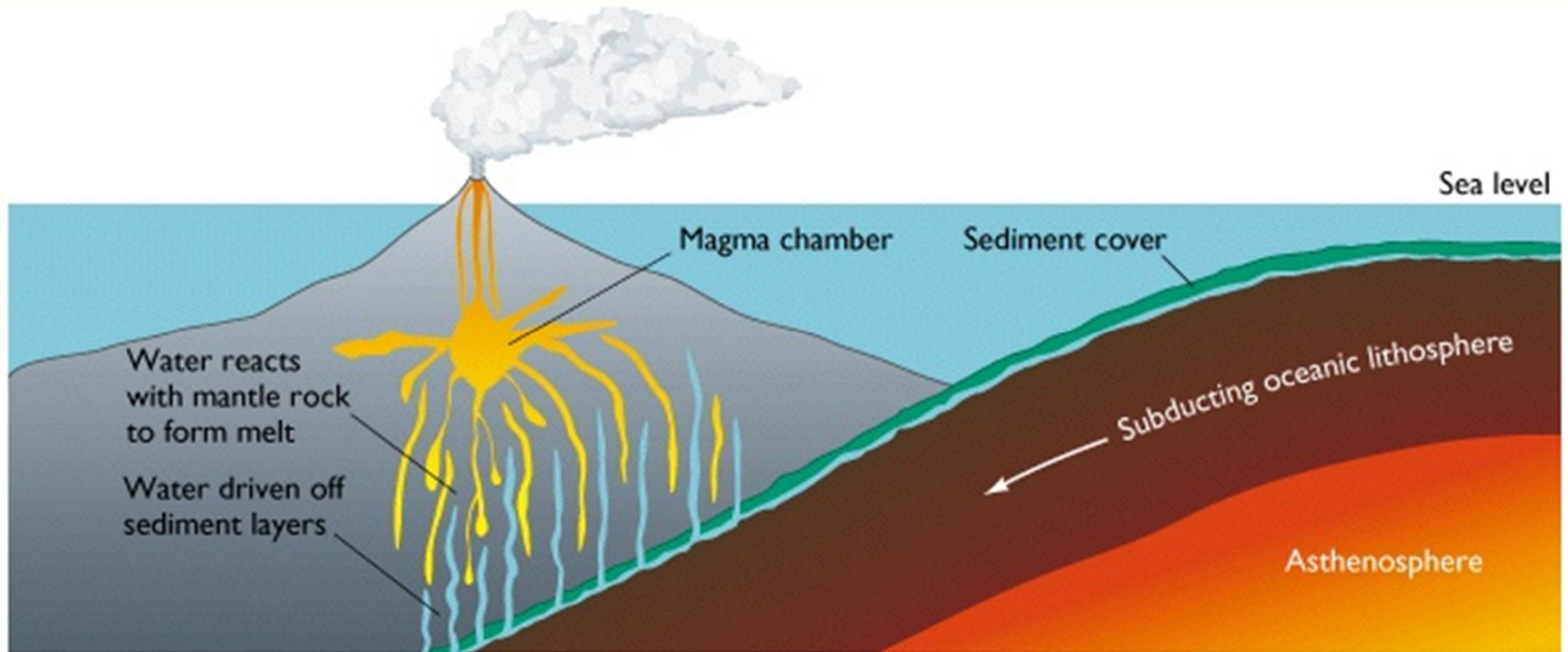
Figure 16-14. $^{10}\text{Be}/\text{Be}(\text{total})$ vs. B/Be for six arcs. After Morris (1989) *Carnegie Inst. of Washington Yearb.*, 88, 111-123.

Petrogenesis of Island Arc Magmas

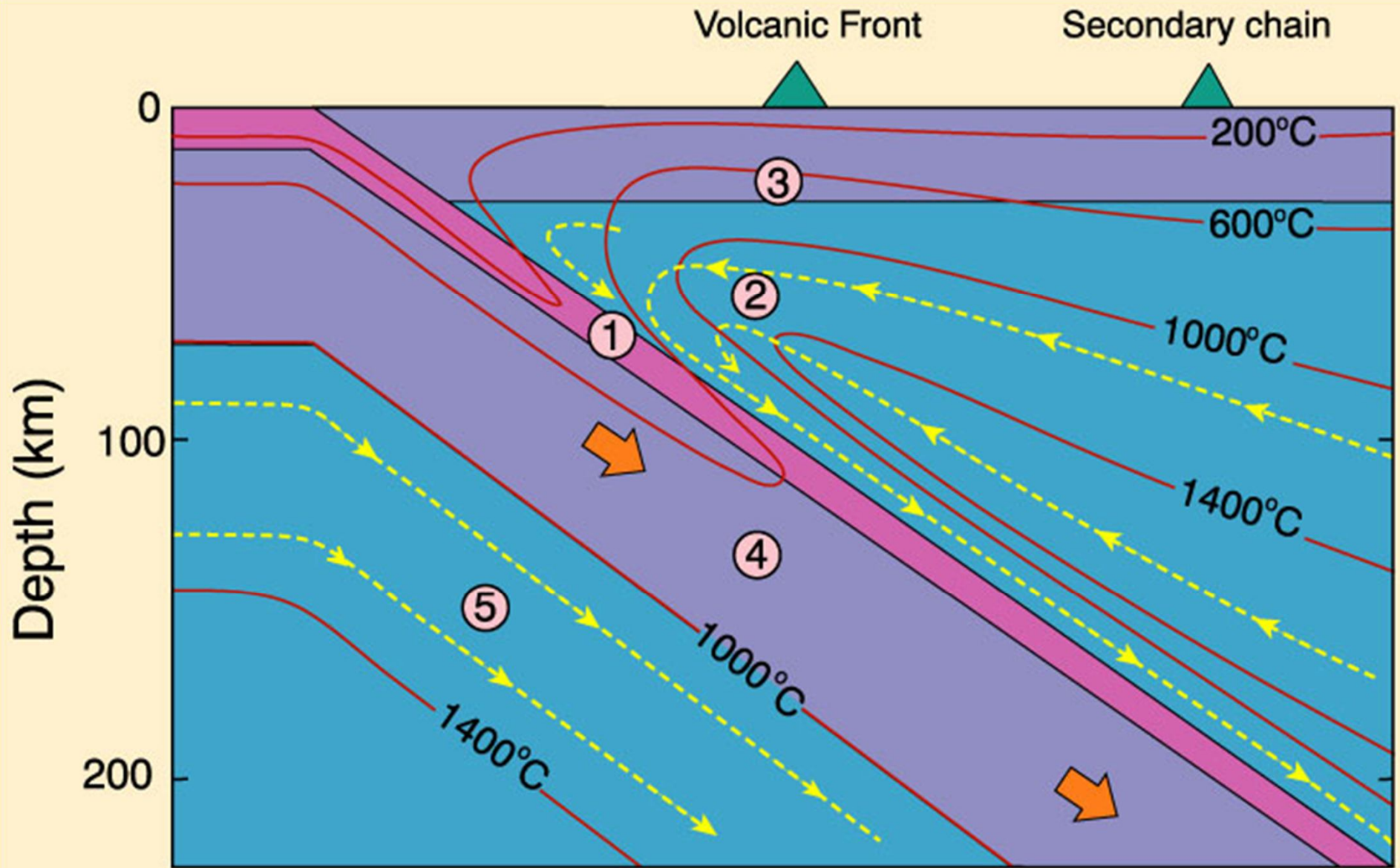


“Flux melting” of mantle above subducting plate produces basaltic magmas

“Flux Melting” at a Subduction Zone



Typical thermal model for a subduction zone

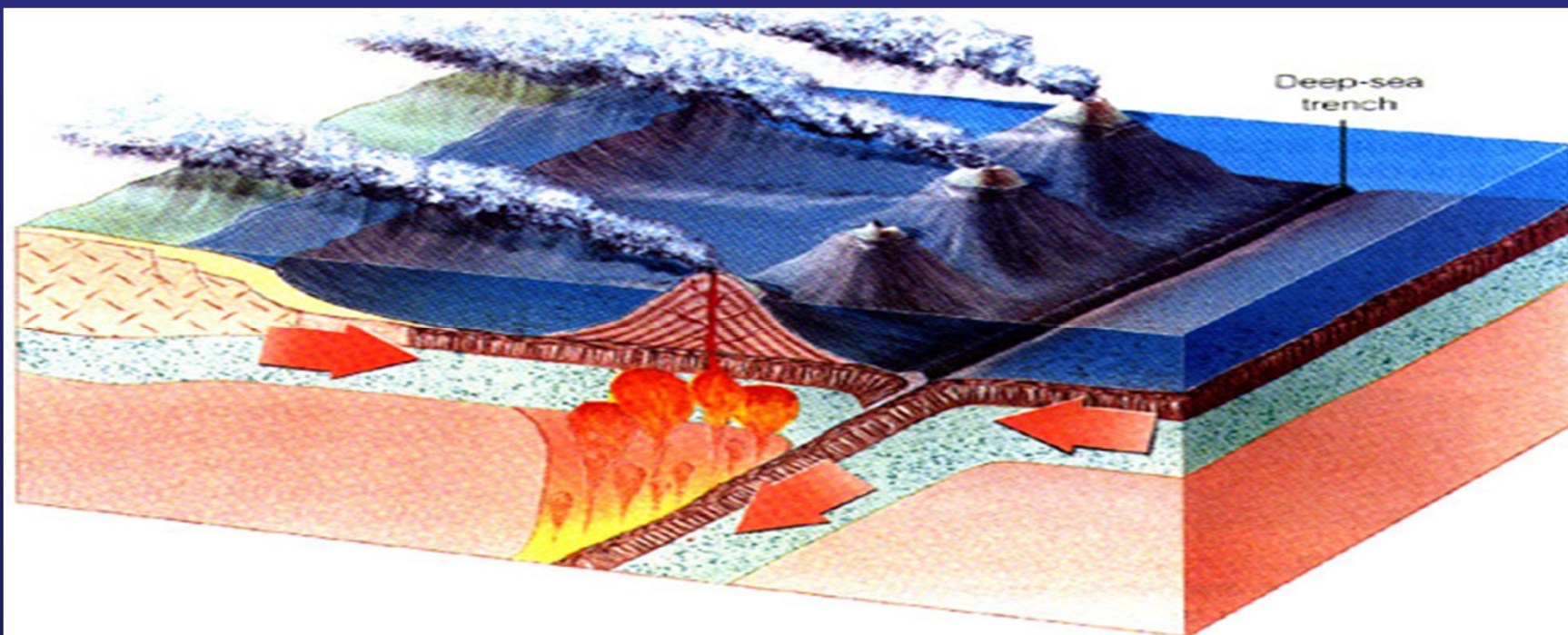


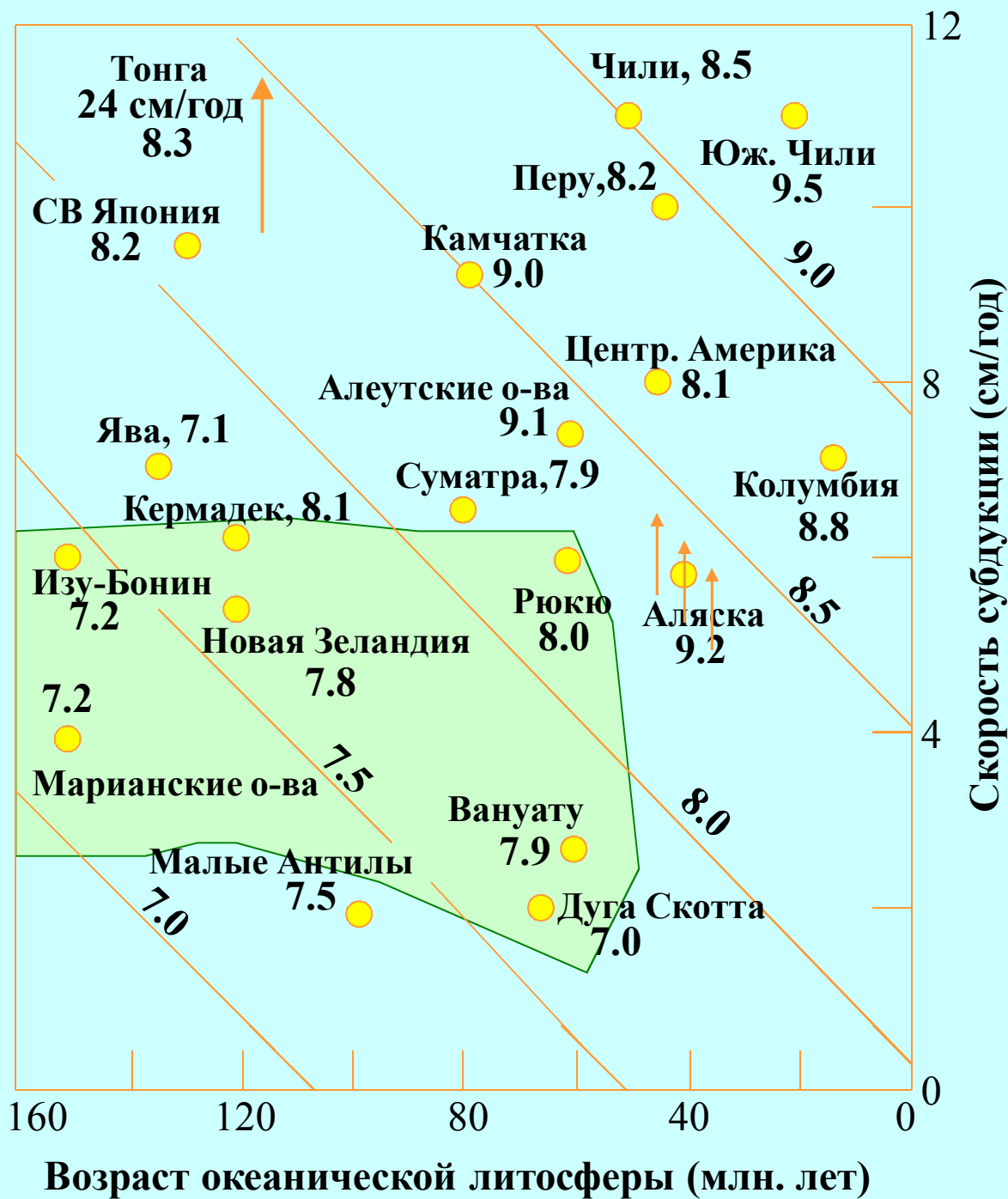
Зональность островных дуг.

задуговые бассейны
(Южно-Китайское море,
Охотское море и т.д.)

Вулканический фронт

Преддуговые обстановки





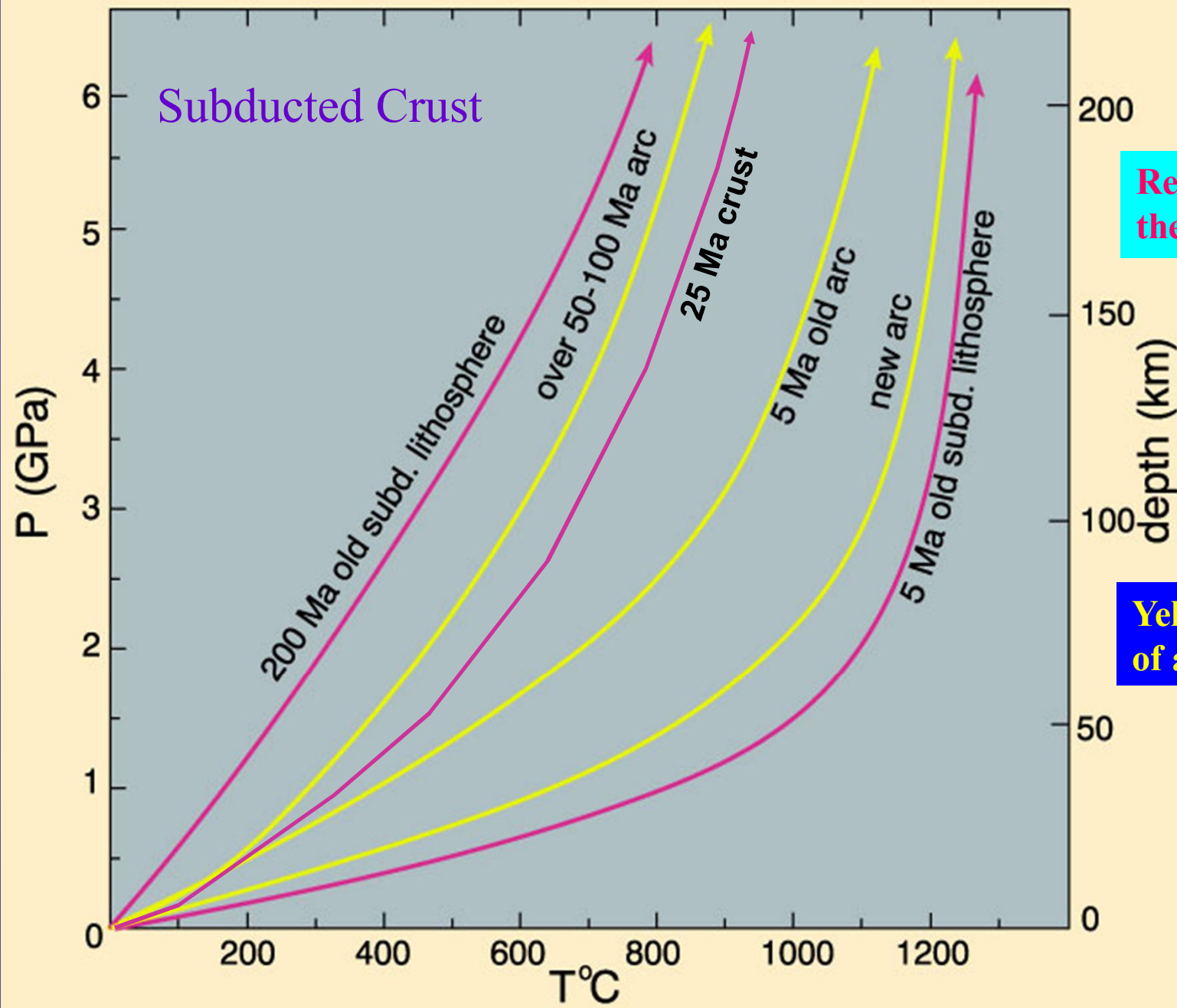
Связь сейсмичности и скорости субдукции

По Stern, 2002

Чем моложе океаническая плита и выше скорость субдукции, тем выше сейсмичность и больше вероятность крупных землетрясений.

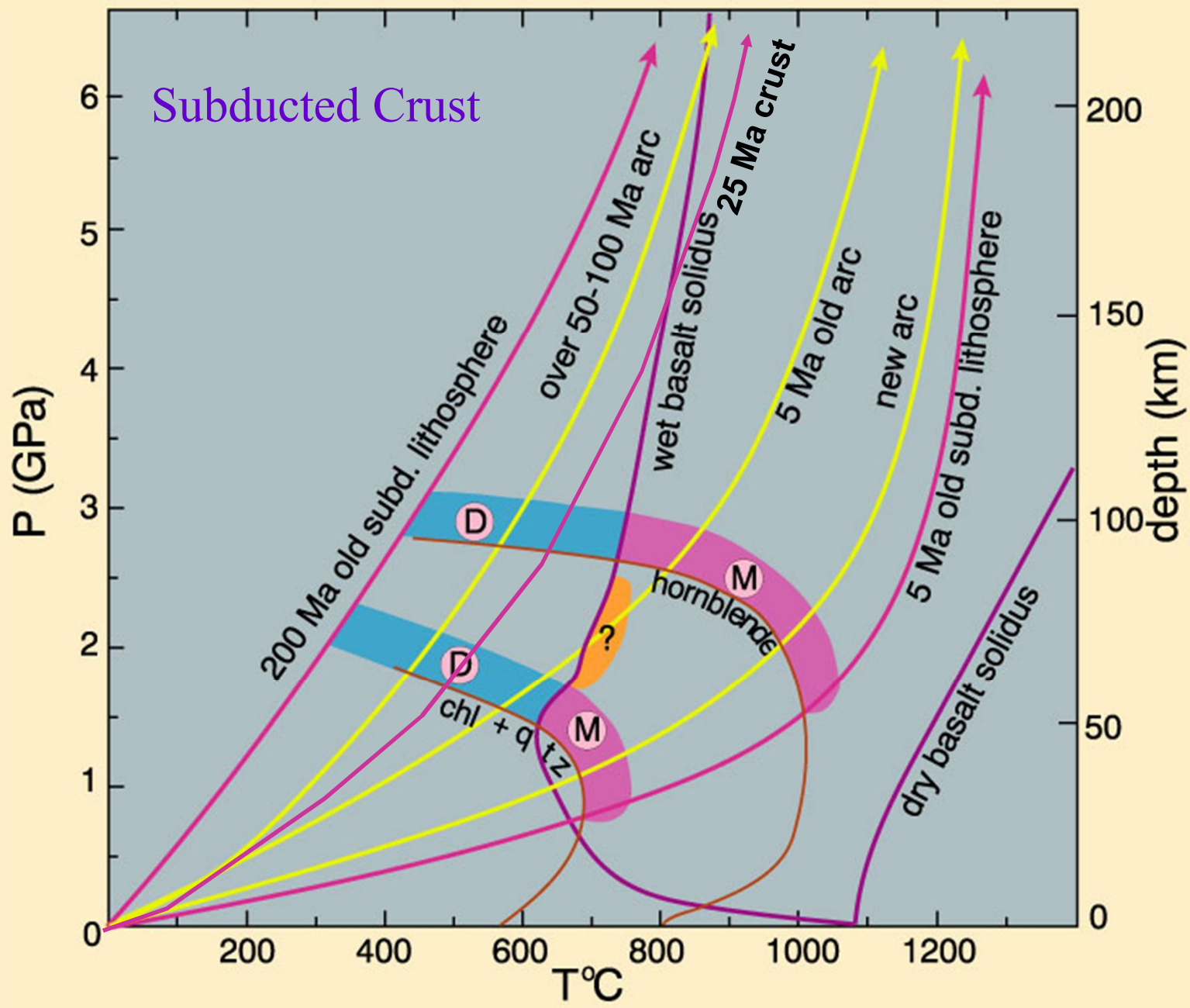
Чем старше океаническая плита, тем больше угол наклона сейсмофокальной зоны.

Образование задуговых бассейнов характерно для невысоких скоростей субдукции плит, возрастом более 50 млн. лет



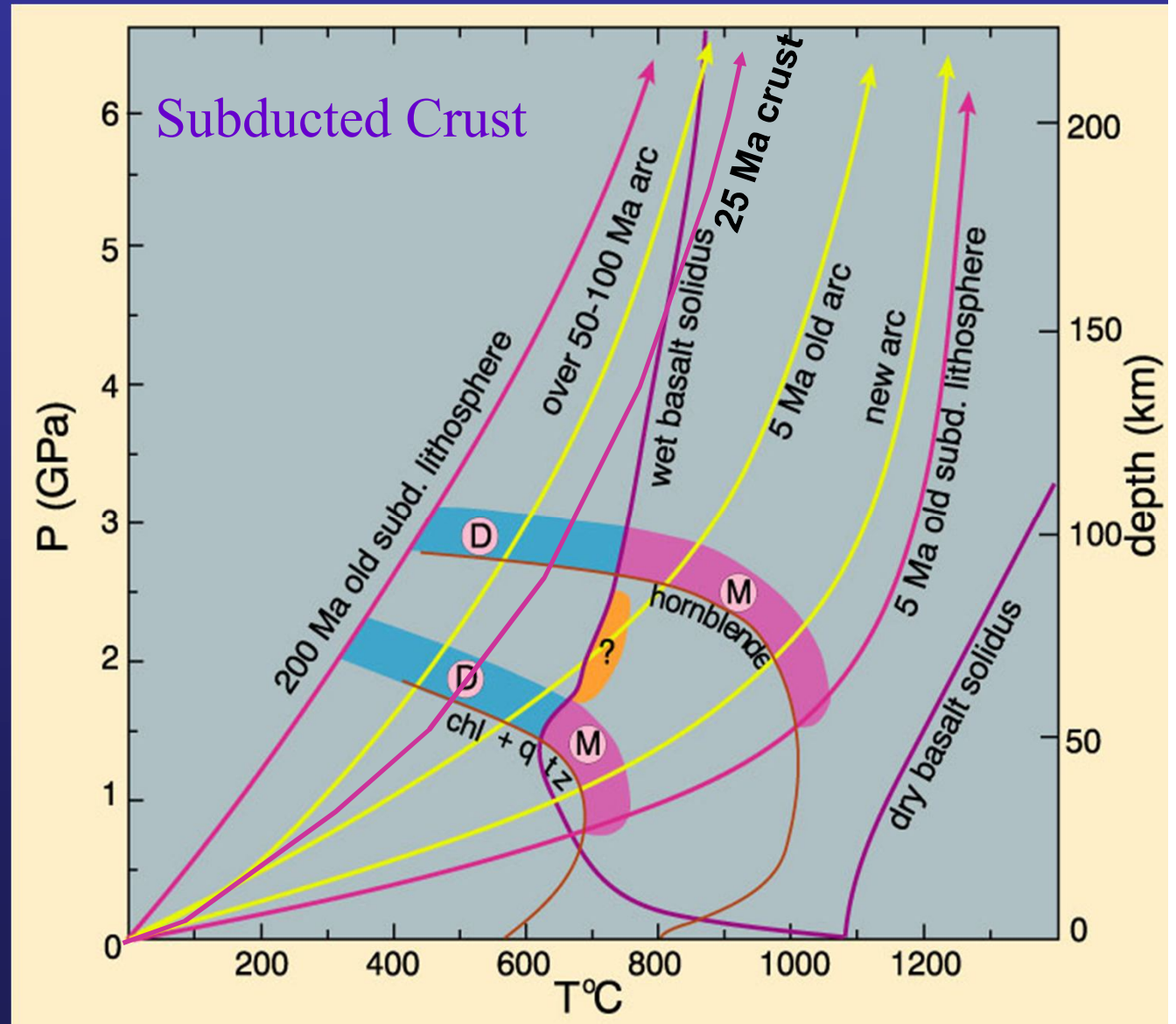
Red curves = age of the subducted slab

Yellow curves = age of arc system

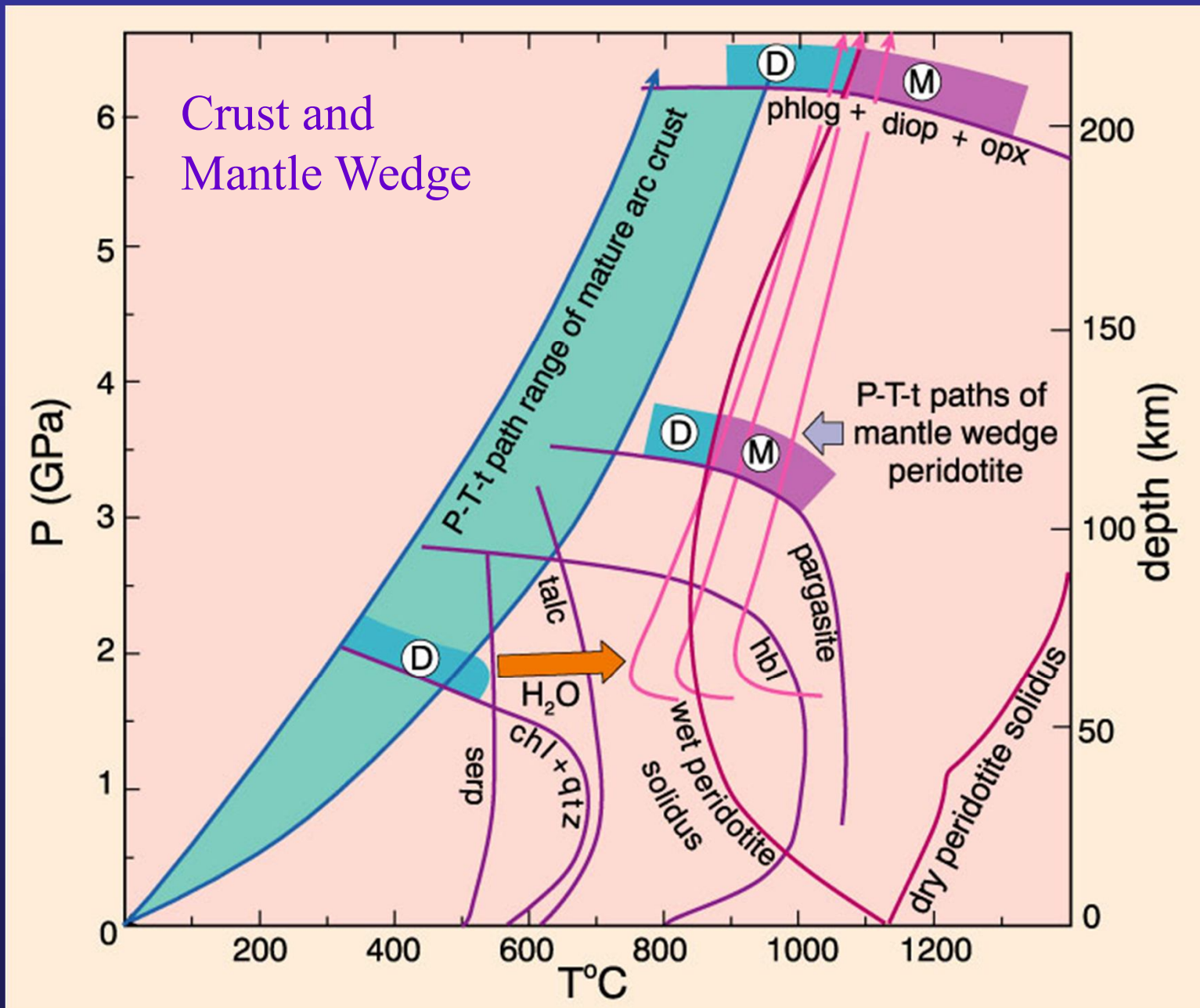


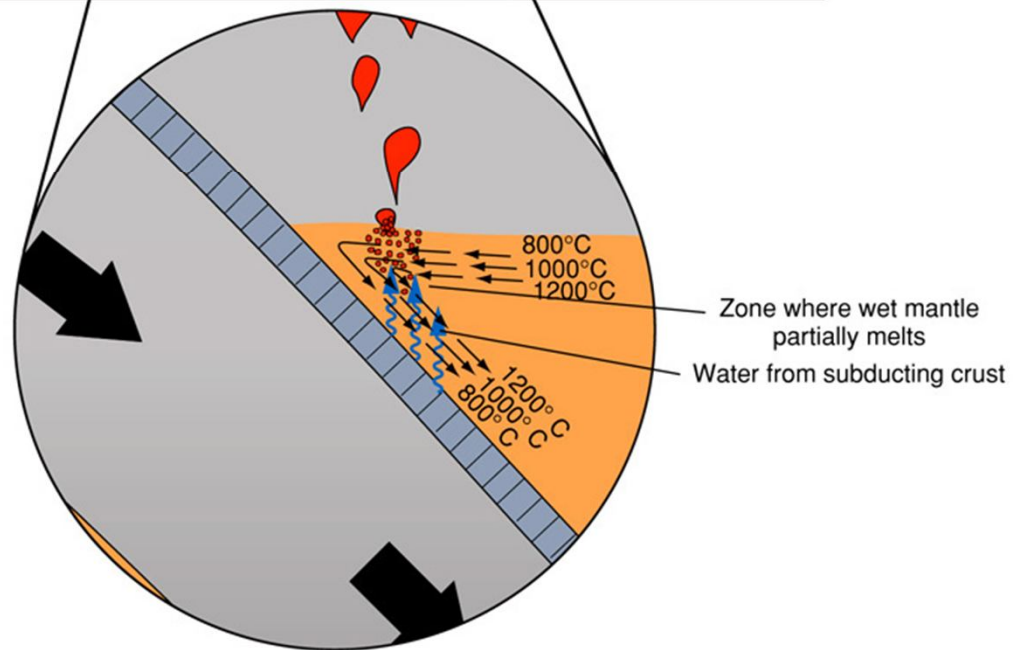
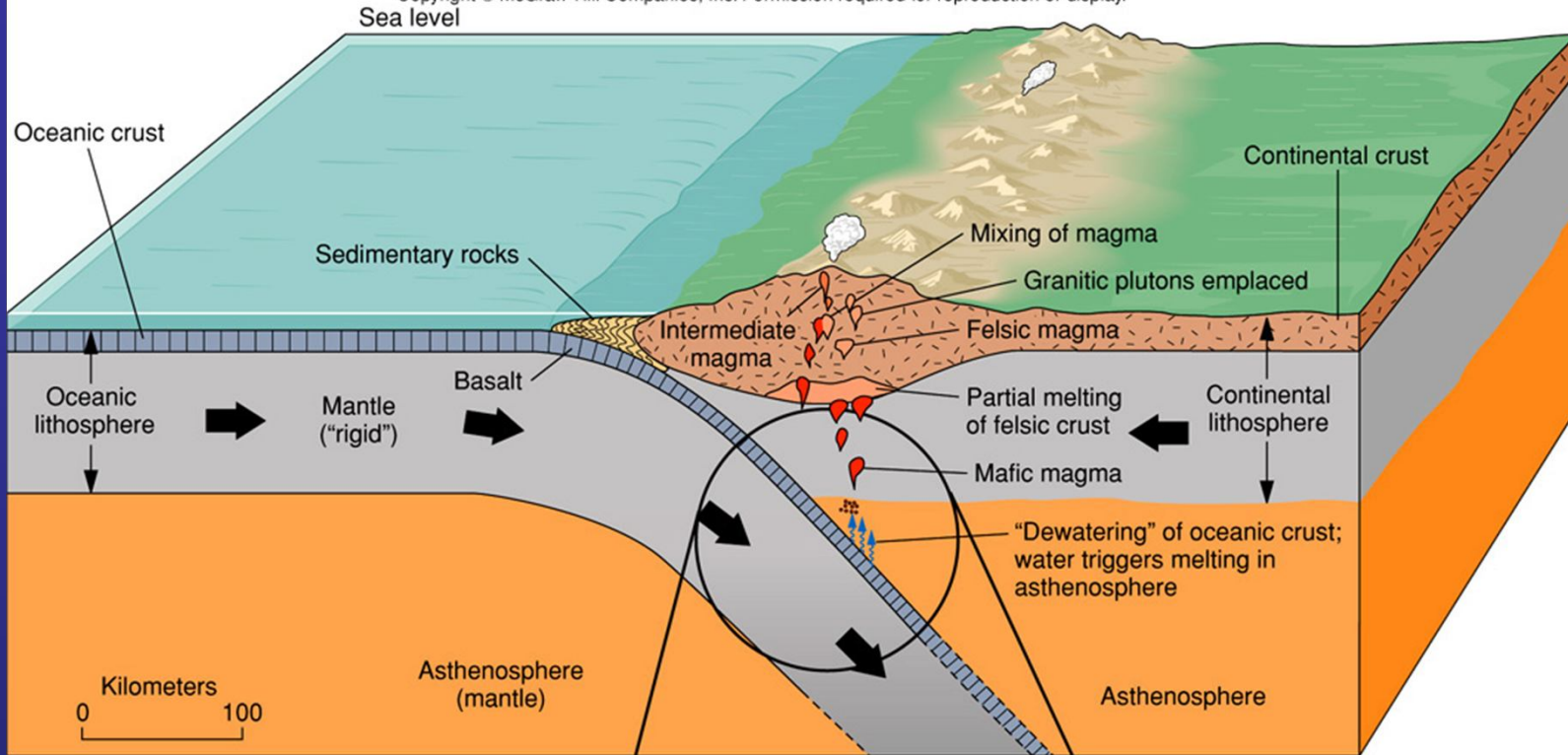
1. Dehydration (D) and liberation of water takes place (mature arcs with lithosphere > 25 Ma old)

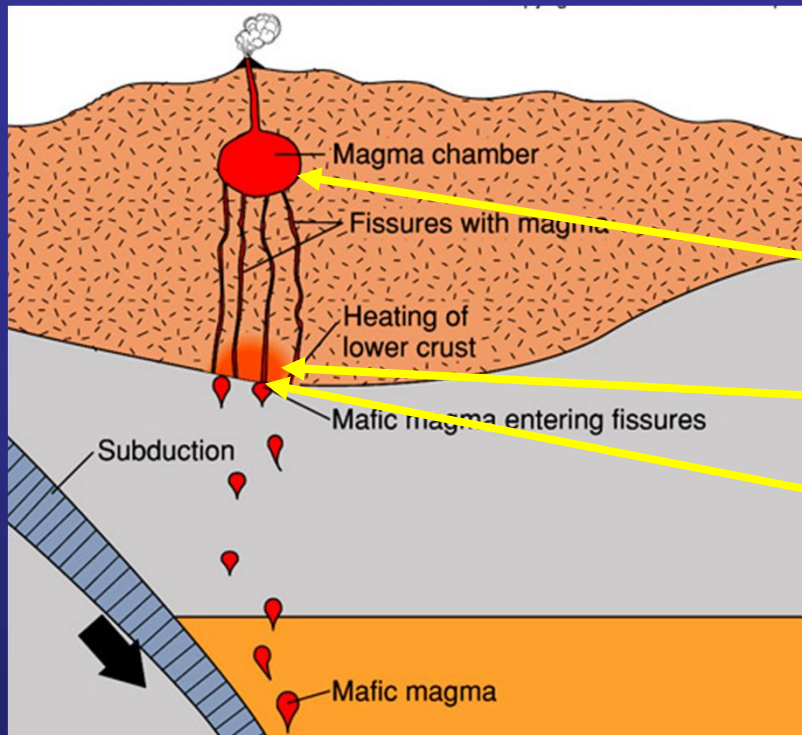
2. Slab melting (M) ONLY occurs in arcs subducting young lithosphere, as dehydration of chlorite and/or amphibole release water above the wet solidus to form Mg-rich andesites directly.



- Amphibole-bearing hydrated peridotite should melt at ~ 120 km







Origin of Andesitic Magmas

Modification of a Basaltic "Parent"

1. Crystallization in Magma Chambers

2. Assimilation of Continental Crust

3. Magma Mixing:

(basalt + rhyolite = andesite)

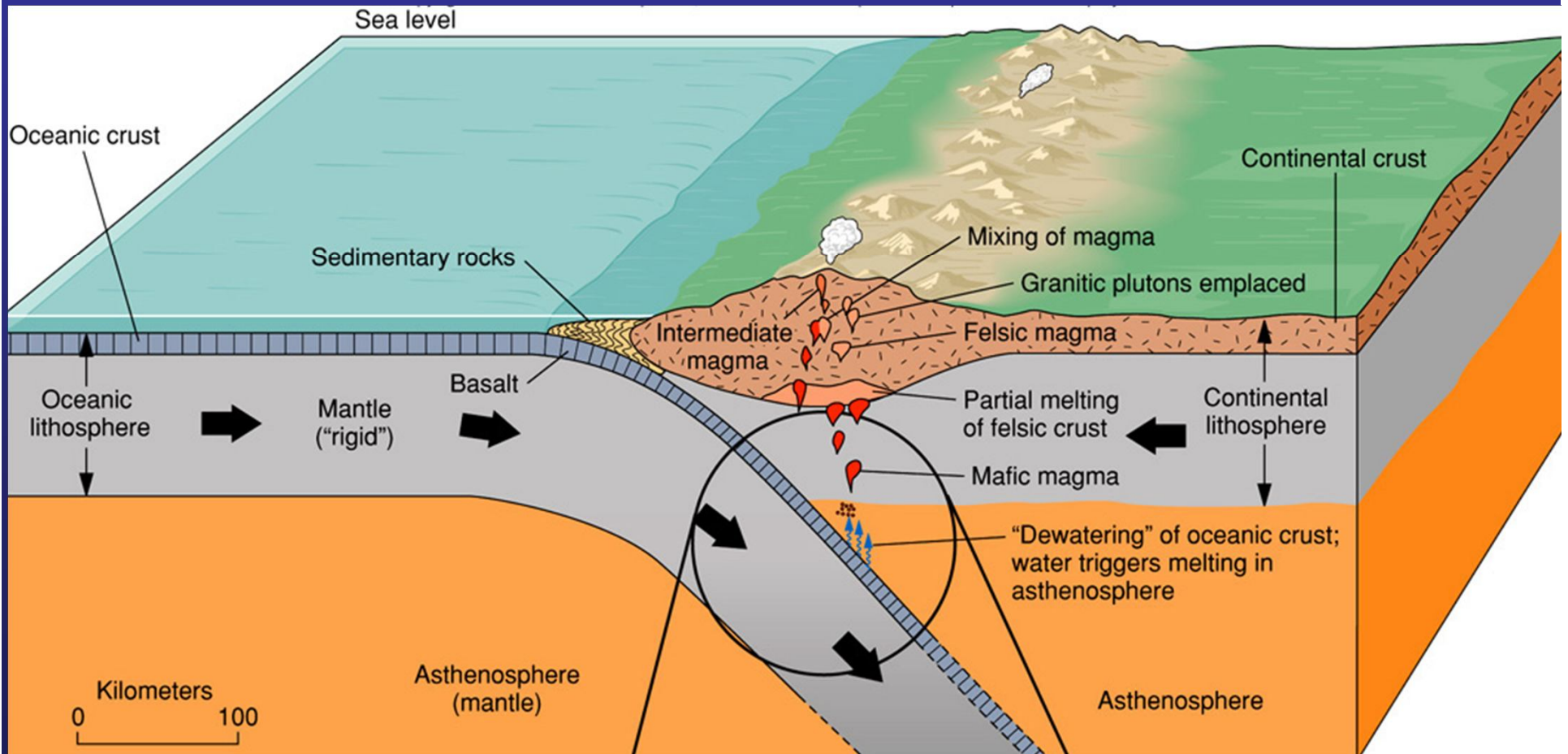
AFC Process = Assimilation Fractional Crystallization

Андезитовый вулканизм

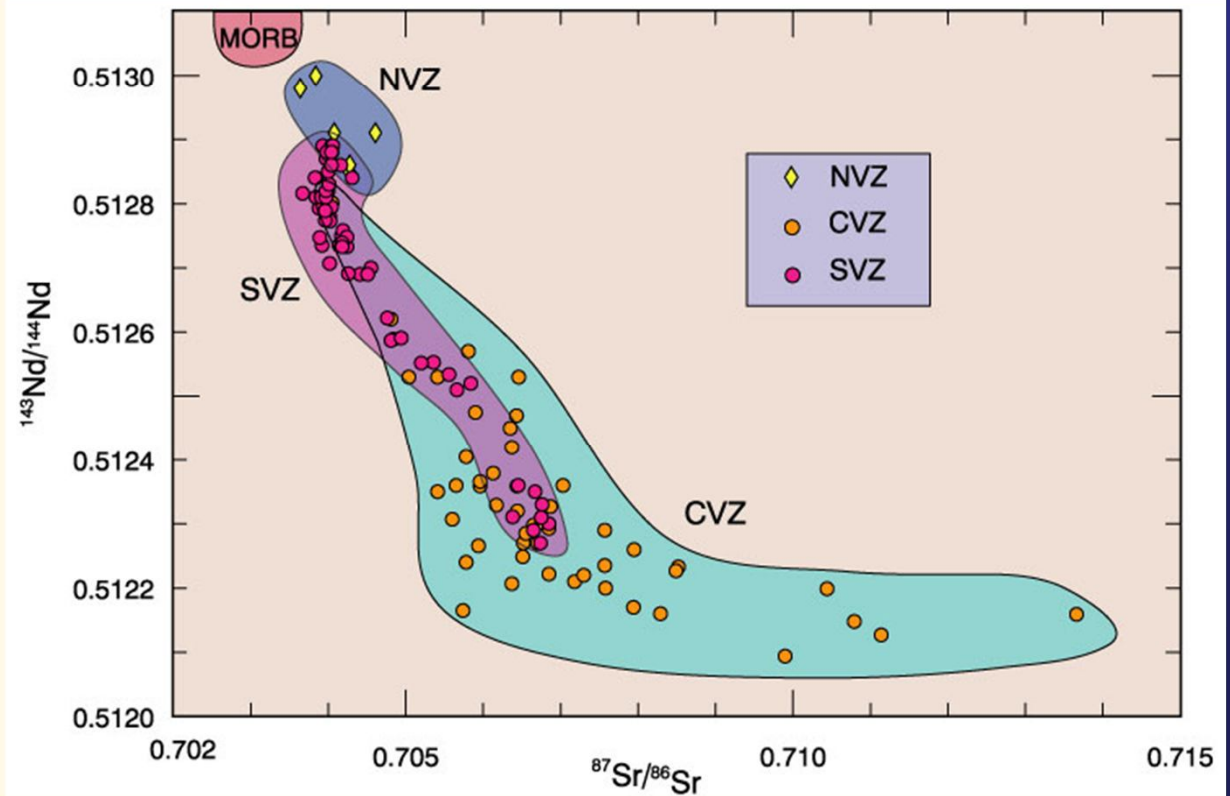
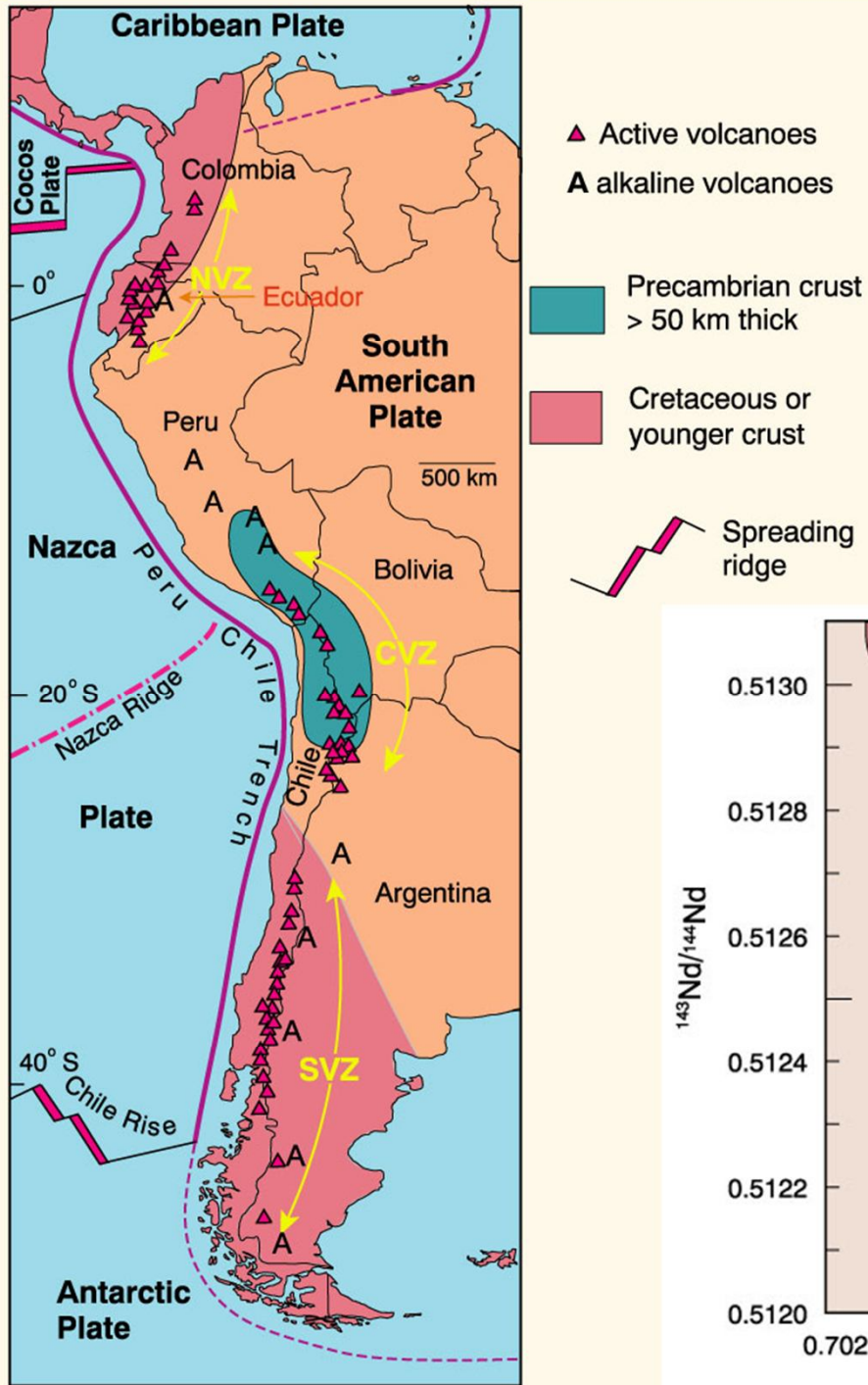
- Андезиты наиболее характерны для островных дуг. Их обилие вызывает многочисленные дискуссии по поводу механизмов их образования. Ключевая проблема островодужных андезитов заключается в том, что для мантийных выплавок они слишком богаты кремнеземом и маломагнезиальны, а для коровых, наоборот, содержат слишком мало кремнезема. По всей видимости, появление андезитов требует специфических условий, которые реализуются в пределах островодужной геотектонической обстановки.

- 1. Модель плавления гидратированной верхней мантии [например, Green, 1973]. Добавление воды при умеренных давлениях в системе CMAS смещает составы выплавов в более кремнеземистую сторону по сравнению с базальтами. Однако, образовавшиеся расплавы должны быть высокомагнезиальными, что не соответствует природным андезитам.
- 2. Частичное плавление коровых пород [например, Beard&Longfren, 1991] .
- 3. Дифференциацию исходных базальтовых магм наиболее часто привлекают для объяснения происхождения андезитовых серий .[например, Tatsumi, 1995]
- 4. Смешение между базальтами и дацитами [Anderson, 1976; Sakyama, 1981].
- 5. Смешение между базальтами и коровыми расплавами [Eichelberger, 1978]
- 6. Для образования некоторых андезитов (адакитов) привлекают плавление субдуцированной плиты [Defant&Drummond, 1990]

Continental Arc Magmatism

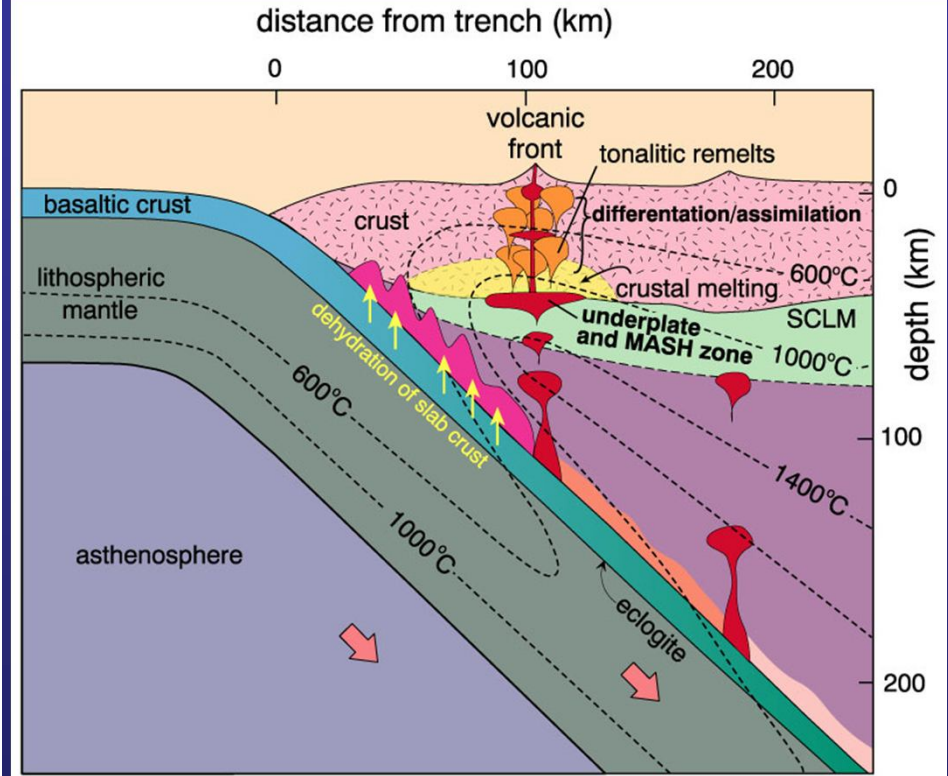
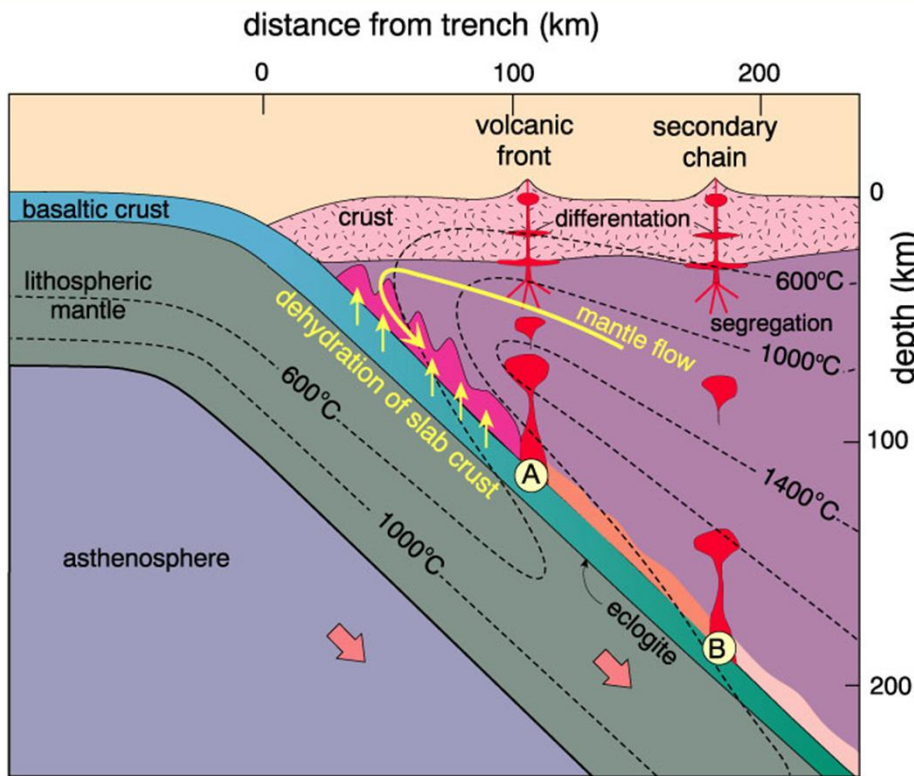


Andean Arc



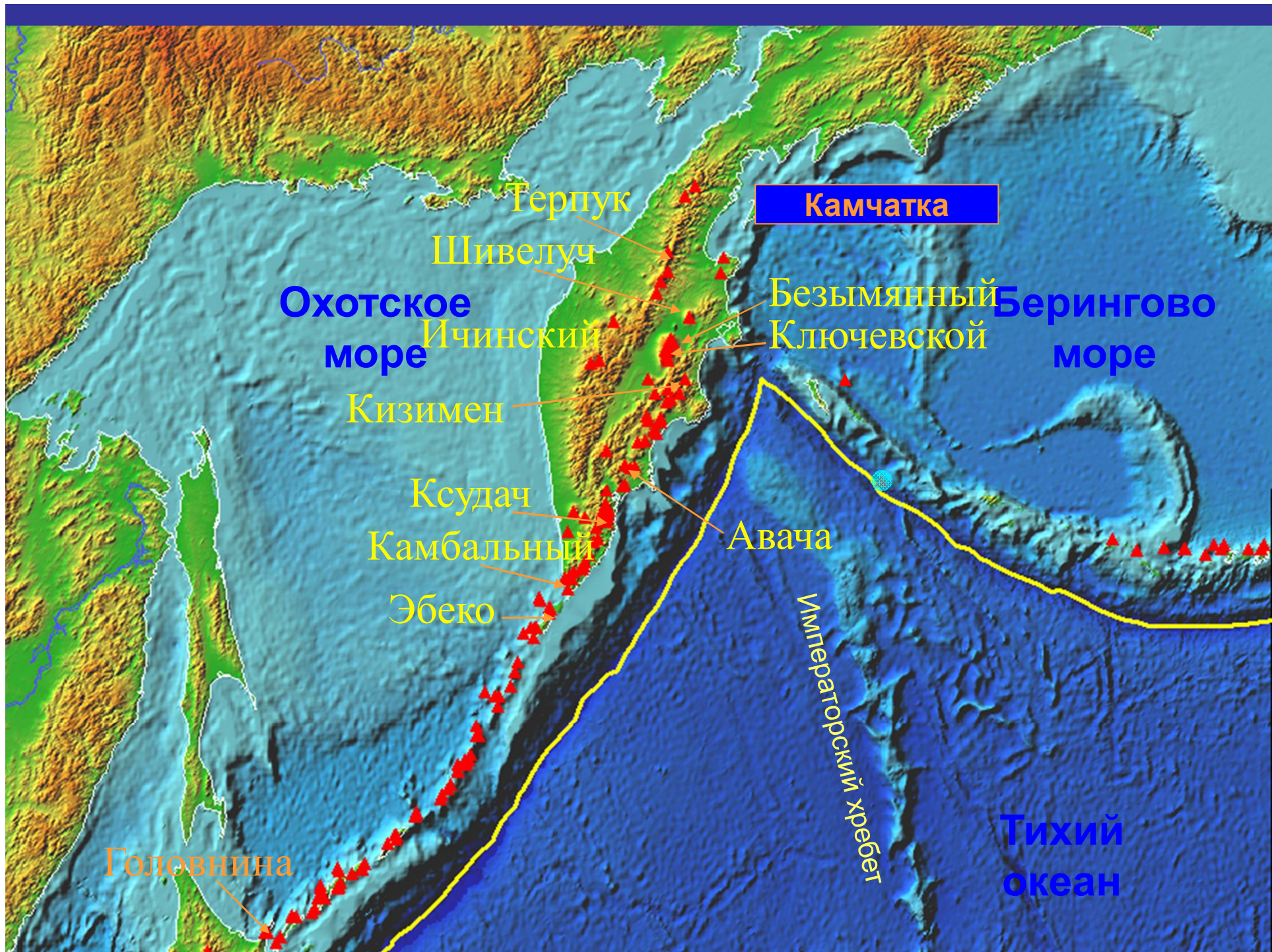
Oceanic Island Arcs

Continental Arcs



Basaltic andesite
Less crustal influence

More silicic rocks,
intrusive suites
more crustal influence



Вулканические пояса

- Неоген
- Четвертичный

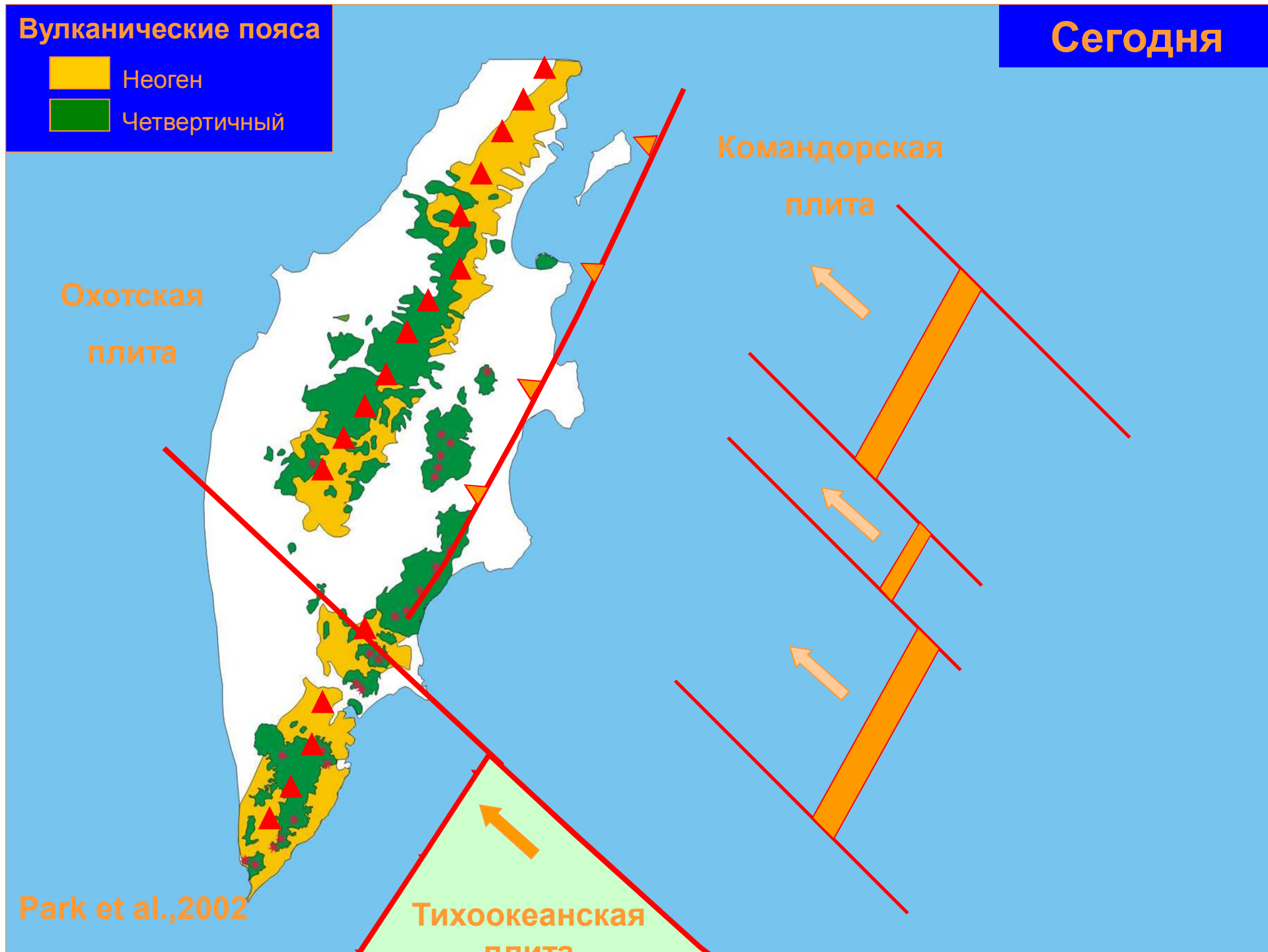
Сегодня

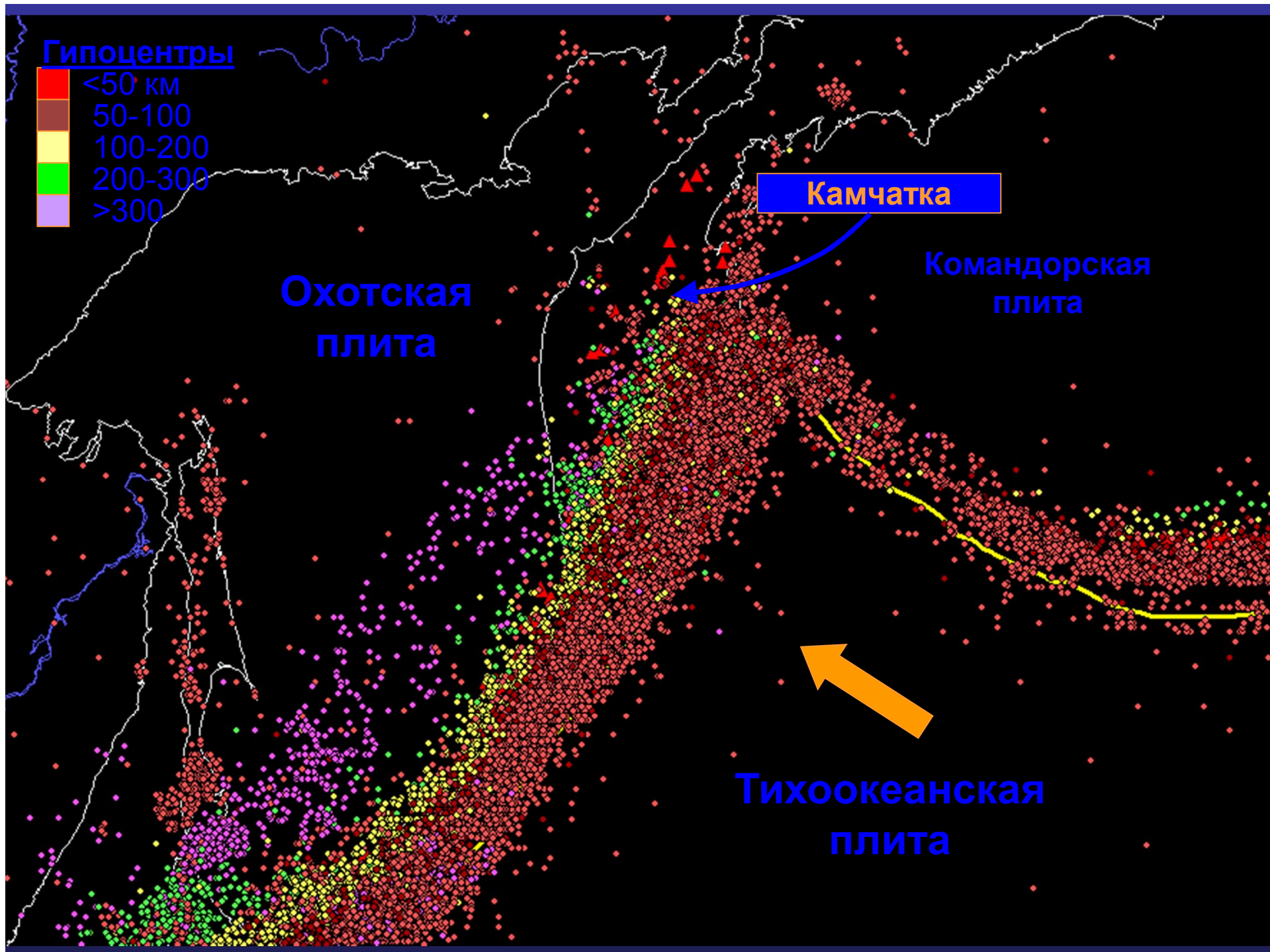
Охотская
плита

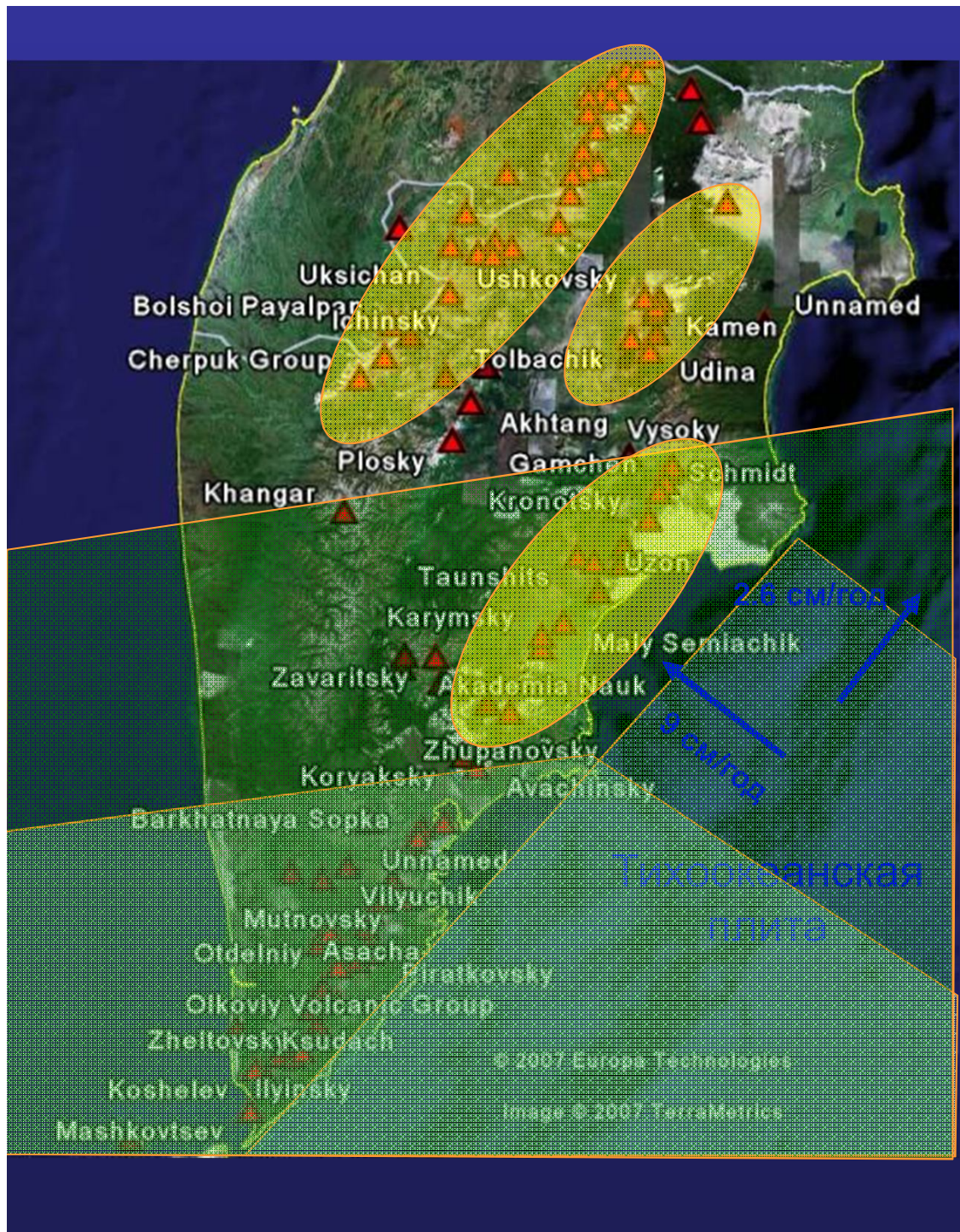
Командорская
плита

Park et al., 2002

Тихоокеанская
плита







За 15 млн. лет Алеутская дуга сдвинулась на 400 км на север, т.е. ~2.6 см в год.

Для попадания субдуцированной плиты под вулканический фронт необходимо около 2.5 млн. лет

Для создания современной сейсмофокальной зоны на уровне Шипунского мыса достаточно 5 млн. лет

Настоящее время

© 2007 Europa Technologies
Image © 2007 TerraMetrics

Распределение рассеянных элементов в различных типах островодужных базальтов

