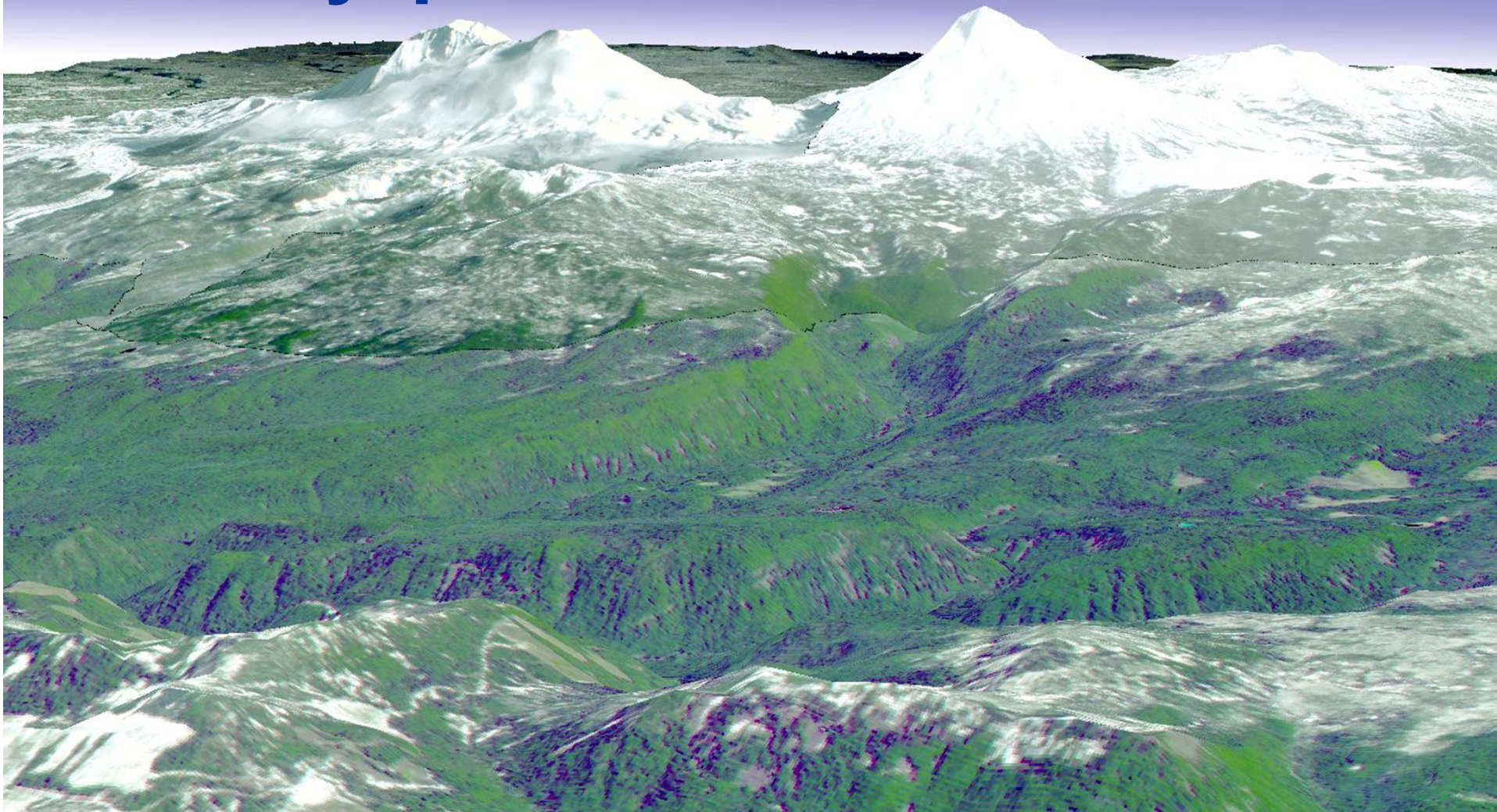


Внутриплитный магматизм



- Внутриплитный магматизм широко развит на океанических плитах вне срединно-океанических хребтов. Он приурочен к подводным вулканическим горам, океаническим островам и различного рода разломам.
- Магматическими породами на океанических плитах сложены линейные вулканические цепи, или изометричные ареалы. Богат подводными вулканическими горами Тихий океан, где их насчитывается до 55 тысяч, но вулканически активных в настоящее время не более 2 тысяч.
- Океанические острова состоят из одного вулкана или их группы. Это преимущественно щитовые постройки с пологими склонами и относительно слабой взрывной деятельностью. (Фролова Т.И., 1996)

- Мантийный источник, порождающий исходные океанических островов расплавы, не является истощенным. По данным геофизики и петрологии, внутриплитные мантийные расплавы поступают с больших глубин по сравнению с расплавами, исходными для магматических пород СОХ.
- Магматические внутриплитные породы океана отражают области подъема горячего глубинного вещества, которые носят название горячих точек. К наиболее известным горячим точкам планеты относятся Гавайские острова и о. Исландия.
- Горячая точка (*hotspot*)- Область длительного внутриплитного магматизма, которая остается почти неподвижной относительно движущихся литосферных плит.
- Плюм - узкий, поднимающийся в твердом состоянии поток в мантии.
- Считается, что его диаметр порядка 100 км и образуется плюм в горячем граничном слое с низкой вязкостью, расположенном непосредственно над сейсмическим разделом 660 км или около границы ядро-мантия на глубине 2900 км.
- Плюмы относительно стабильны во времени. Современные плюмы имеют возраст до 100-150 млн. лет.

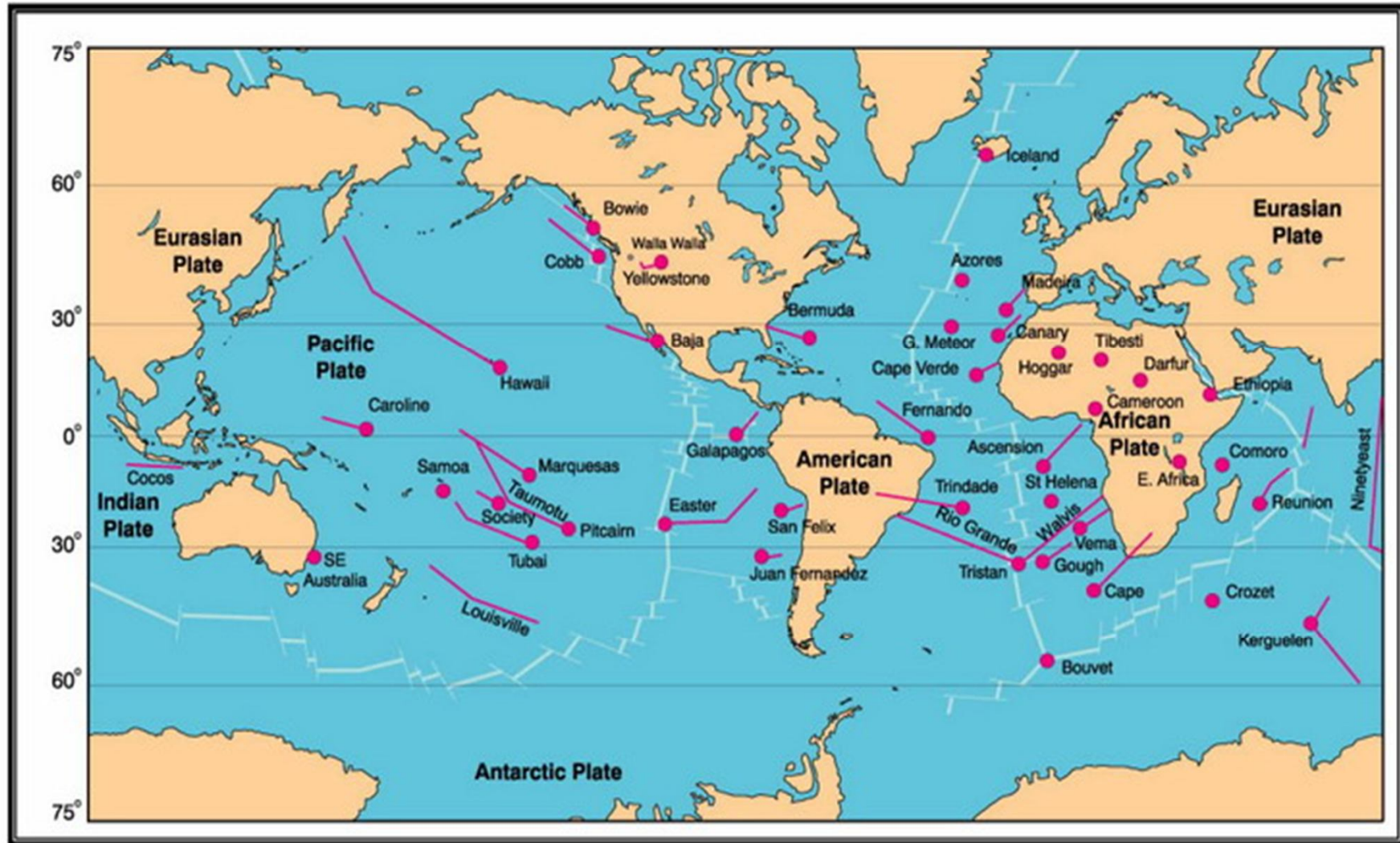
«Горячие точки»

- Время жизни горячей точки около 100-120 млн.лет.
- Обычно магматизм в горячих точках начинается с щелочных пород, затем следует стадия интенсивного вулканизма - обычно толеитовый.

далее вулканизм может развиваться по

- Гавайскому сценарию - периодическое извержение щелочных магм, с увеличивающейся долей фракционированных расплавов и на завершающей стадии появление высокощелочных, недосыщенных кремнеземом расплавов (нефелинитов, базанитов и др.)
- Исландскому сценарию (он не прослежен до конца) - увеличение доли фракционированных расплавов.

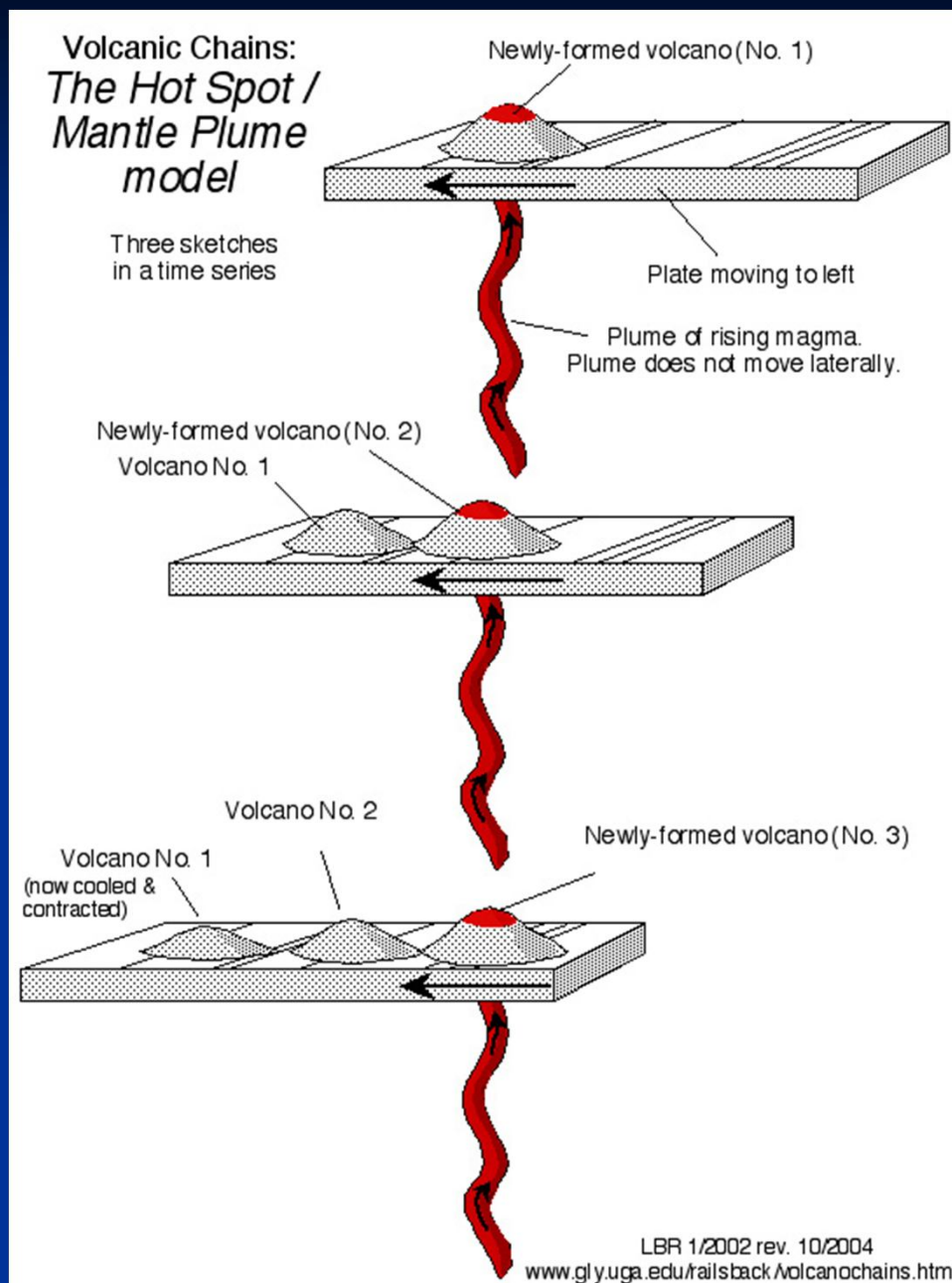
**КАРТА РАСТРЕДЕЛЕНИЯ ОКЕАНИЧЕСКИХ ОСТРОВОВ, ПОДВОДНЫХ ГОР И
ВНУТРИКОНТИНЕНТАЛЬНЫХ ВУЛКАНИЧЕСКИХ ОБЛАСТЕЙ, КОТОРЫЕ
ОТНОСЯТСЯ К "ГОРЯЧИМ ТОЧКАМ"**



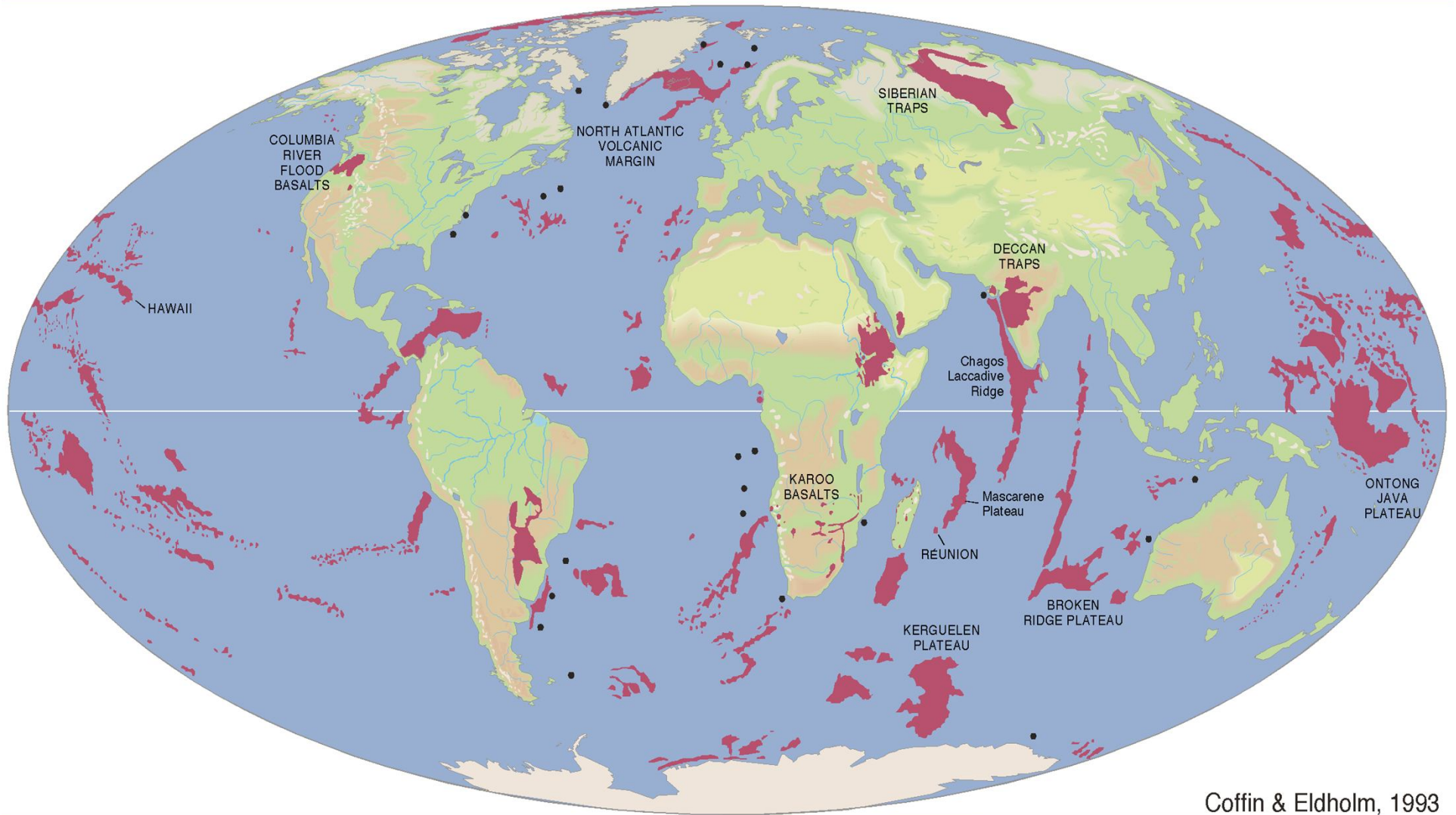
Oceanic islands



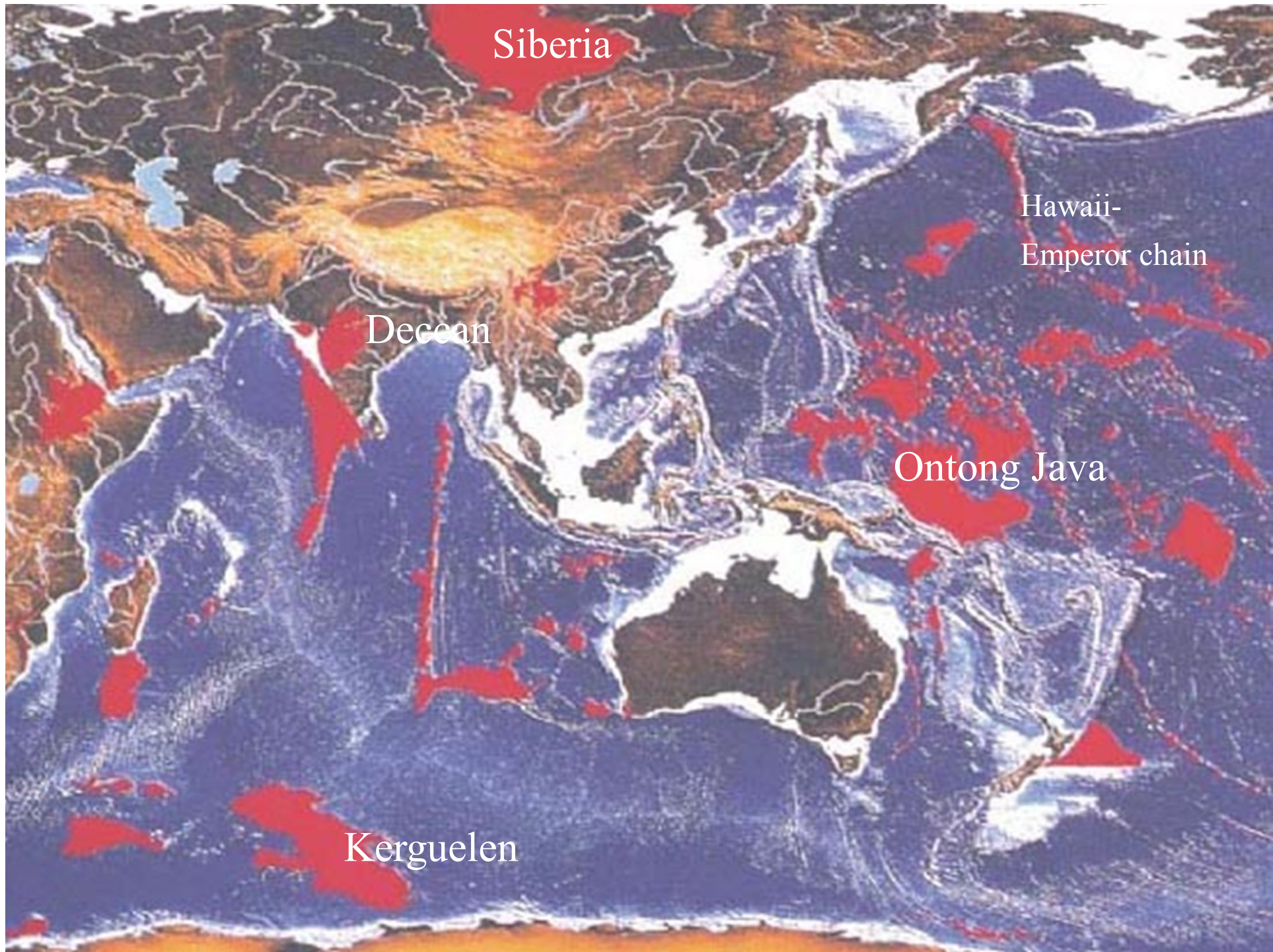
Модели образования цепочек вулканов



Global map of Large Igneous Provinces



Coffin & Eldholm, 1993



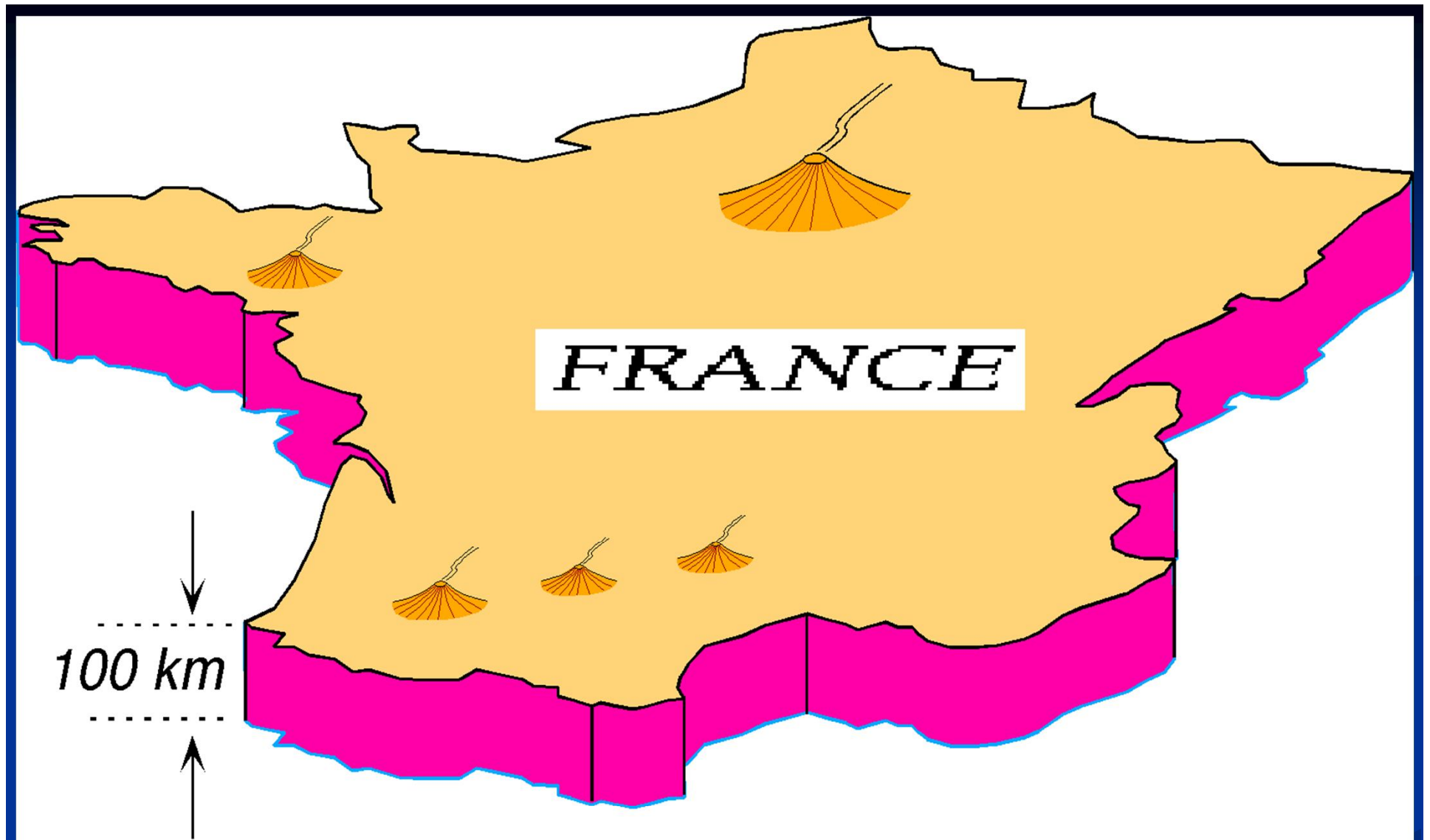
Siberia

Hawaii-
Emperor chain

Deccan

Ontong Java

Kerguelen



If the Ontong Java oceanic plateau erupted onto France ...

Campbell & Griffiths' experiments - plumes have big heads and long tails

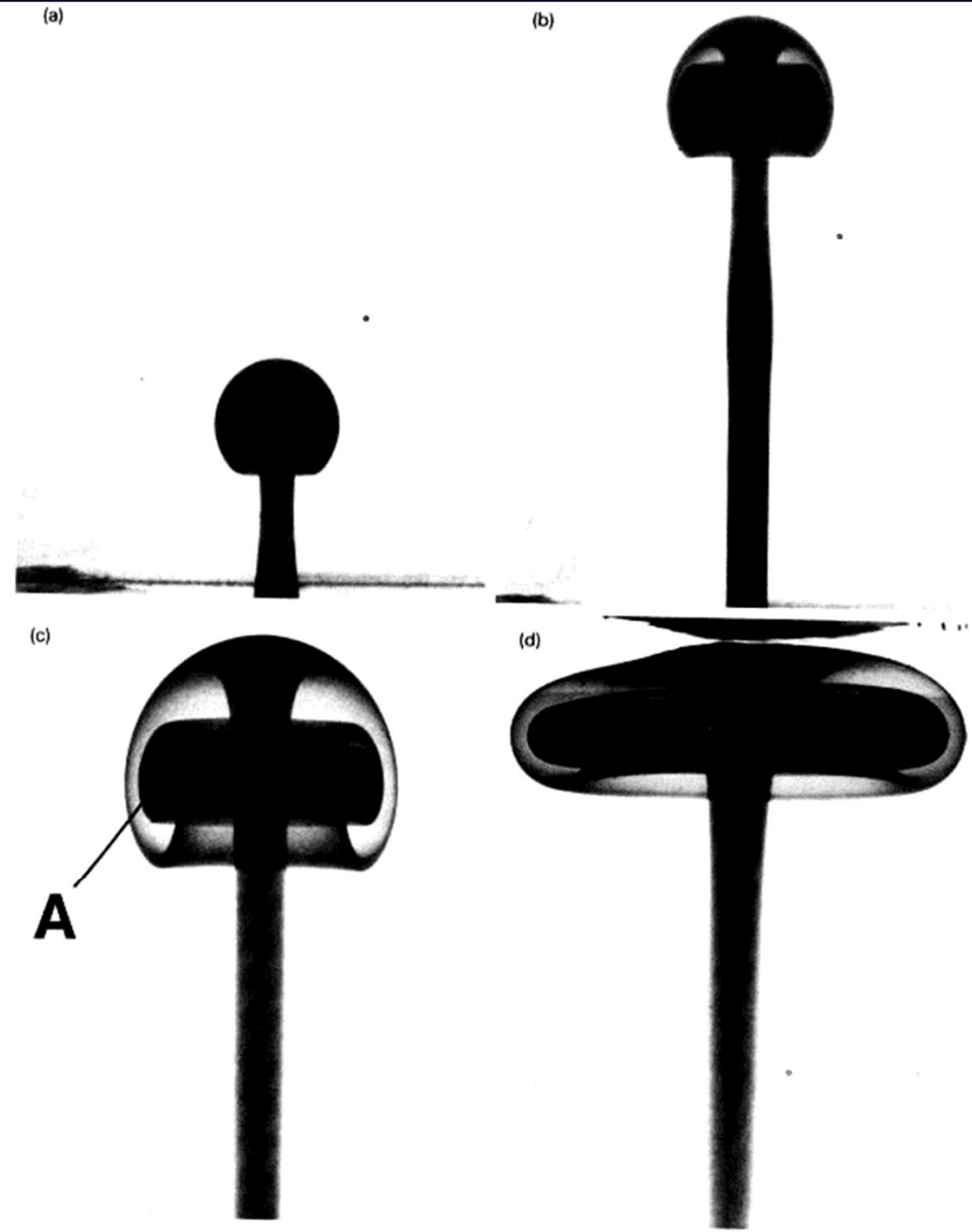
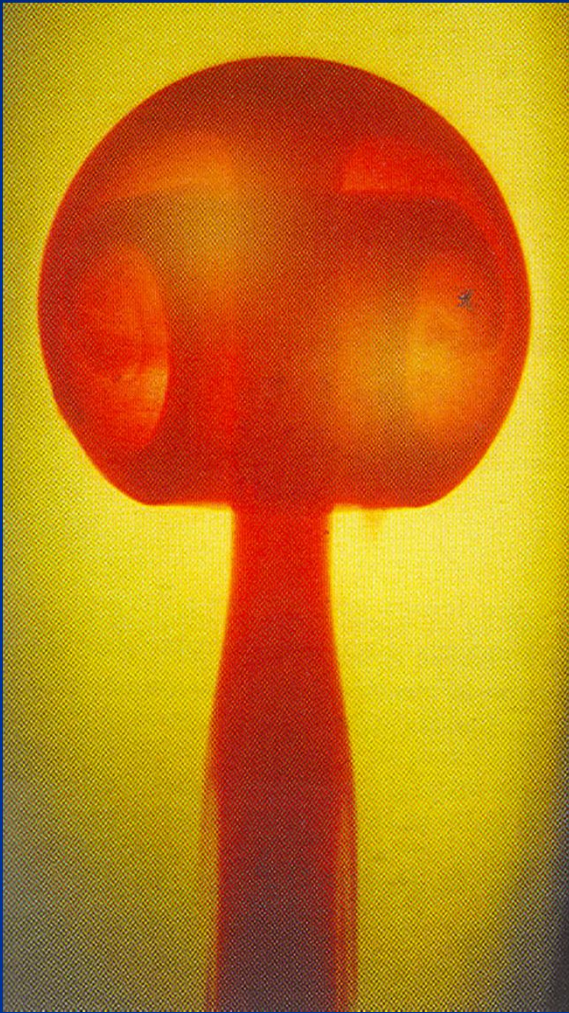
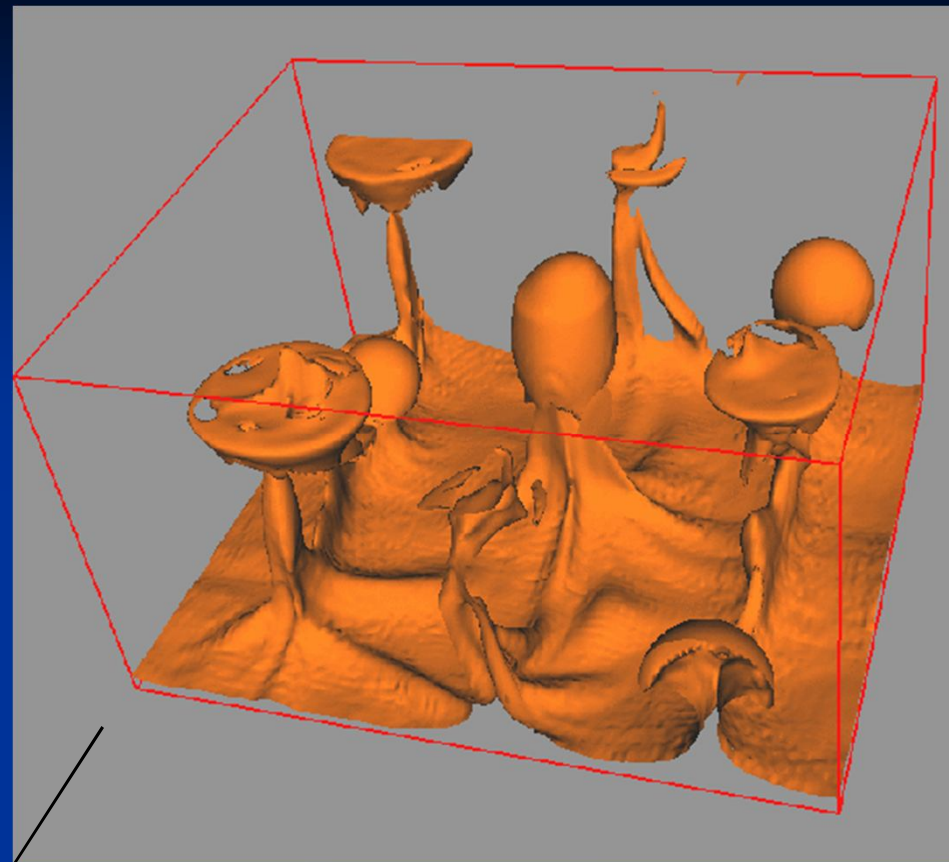
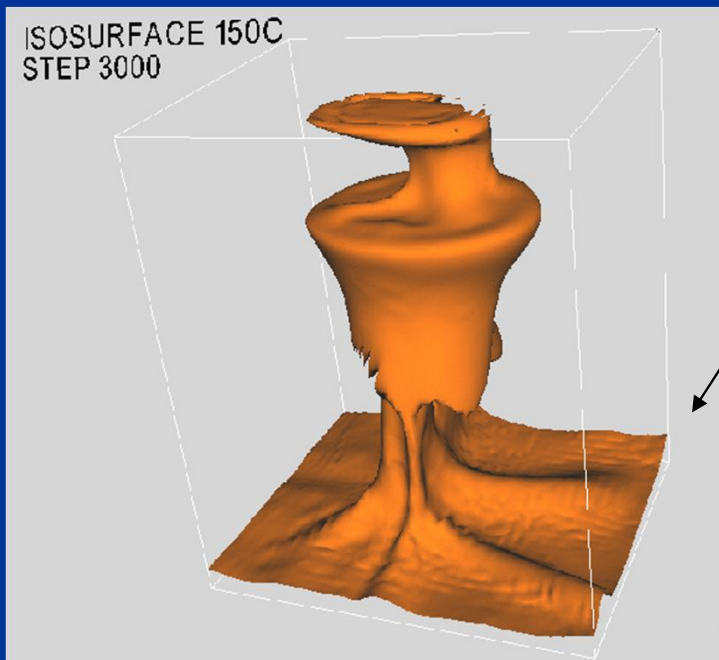


Fig. 1. Photographs of a starting plume in glucose syrup at several stages during its ascent. Times elapsed after the source is turned on are (a) 60 s; (b) 130 s; (c) 397 s; and (d) 540 s. Scale is identical in all frames and the head is 6.9 cm across in (c). The distribution of dye is axisymmetric.

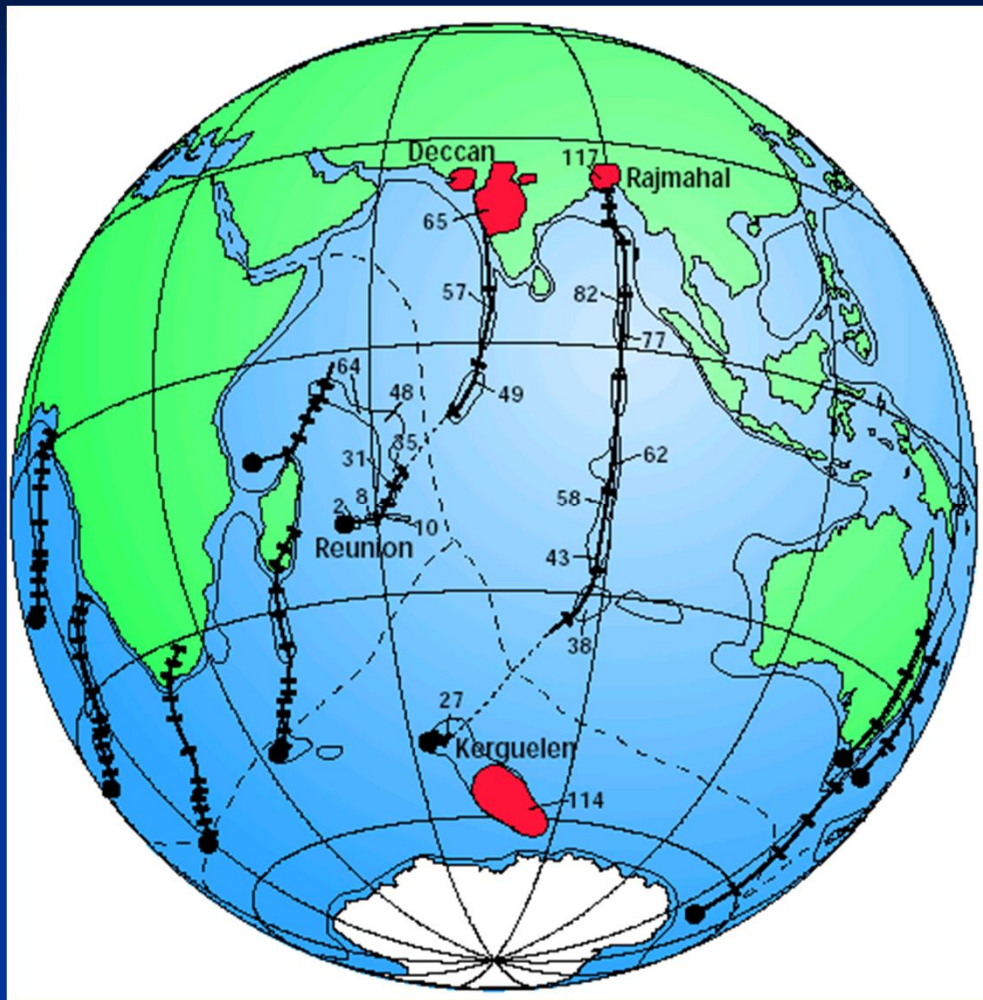
Real plumes are more complicated:
Cinzia's bar-stool model



ISOSURFACE 250C

Zoom on one plume

Cinzia Farnetani, 2005



Пути горячих точек через Индийский океан. Цифры показывают абсолютный возраст, определенный в образцах. На каждой траектории метки нанесены через 10 млн. лет.

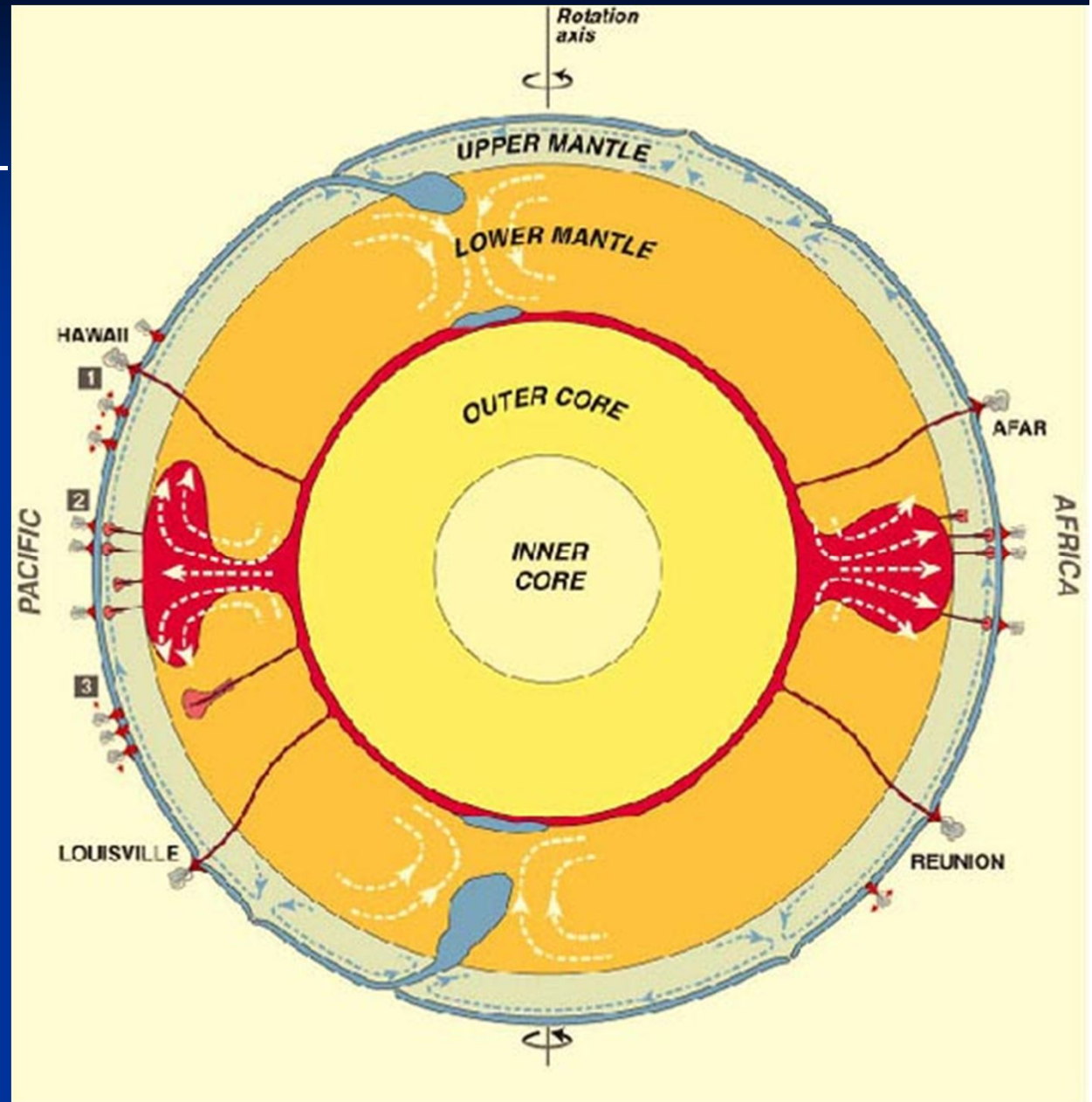
Предполагается связь крупных магматических провинций с инициализацией горячих точек.

Duncan, R.A. and M.A. Richards, Hotspots, mantle plumes, flood basalts and true polar wander, *Reviews of Geophysics*, 29, 31-50, 1991.

Richards, M.A., R.A. Duncan, and V.E. Courtillot, Flood basalts and hotspot tracks: Plume heads and tails, *Science*, 246, 103-107, 1989.

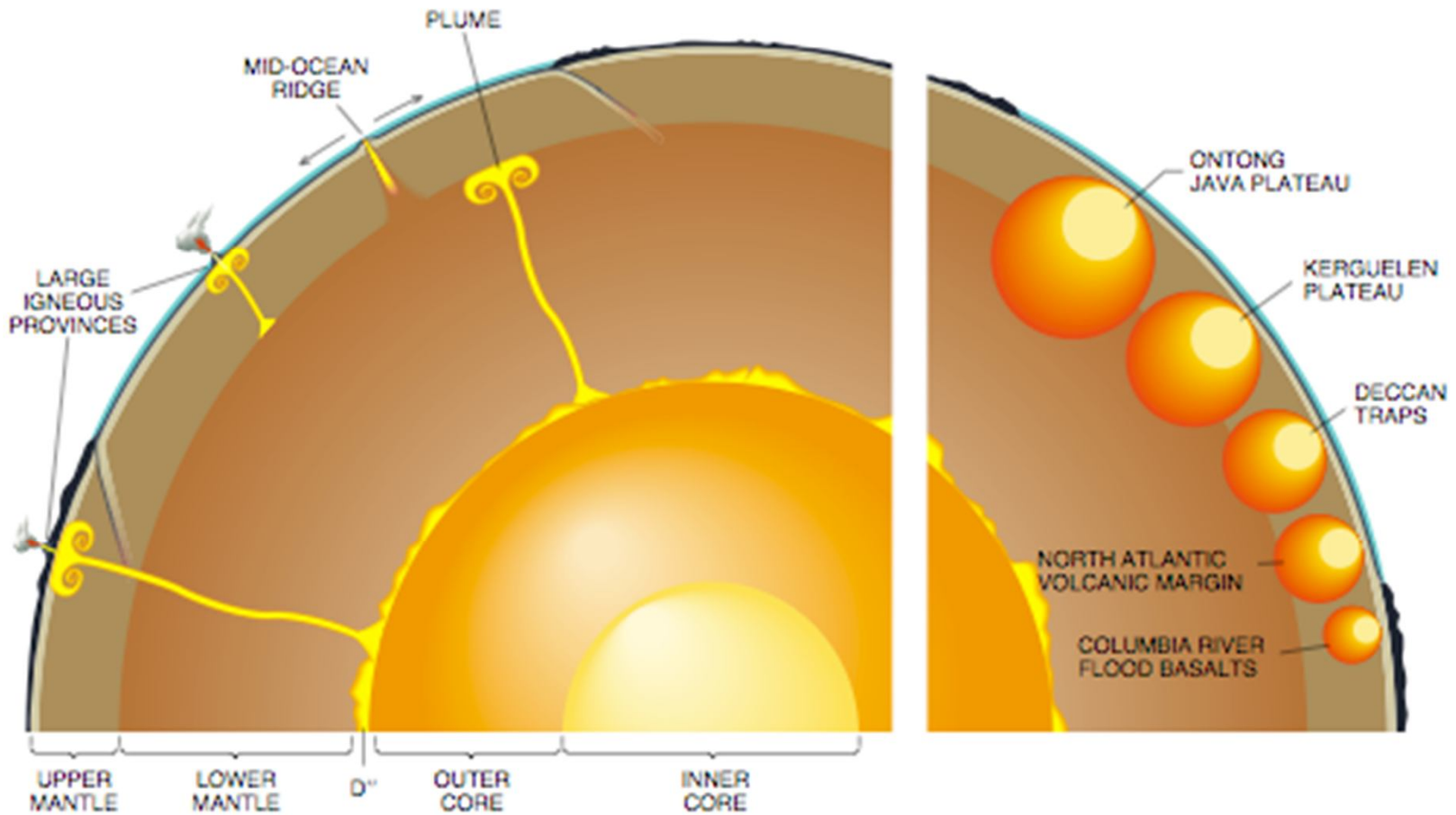
Different types of plumes:

- large plumes from core-mantle boundary
- small plumes from core-mantle boundary
- secondary plumes from large plume heads
- hot spots unrelated to plumes



from Courtillot & Renne

How big are LIPs ... and their sources

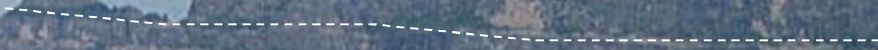


The Ethiopian plateau, Lima Limo escarpment

Simien shield volcano

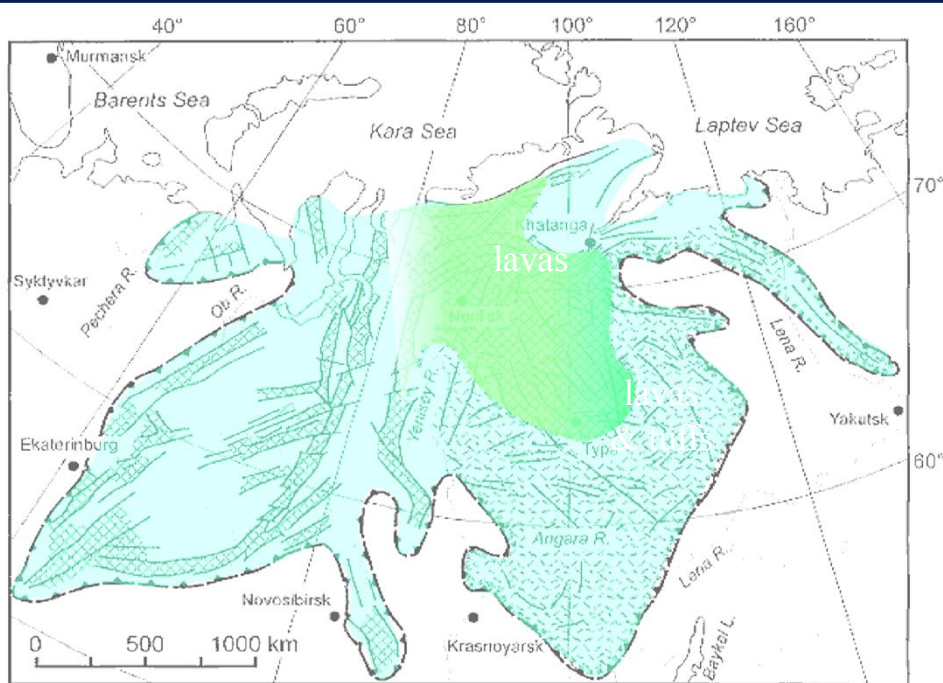


Flood basalts

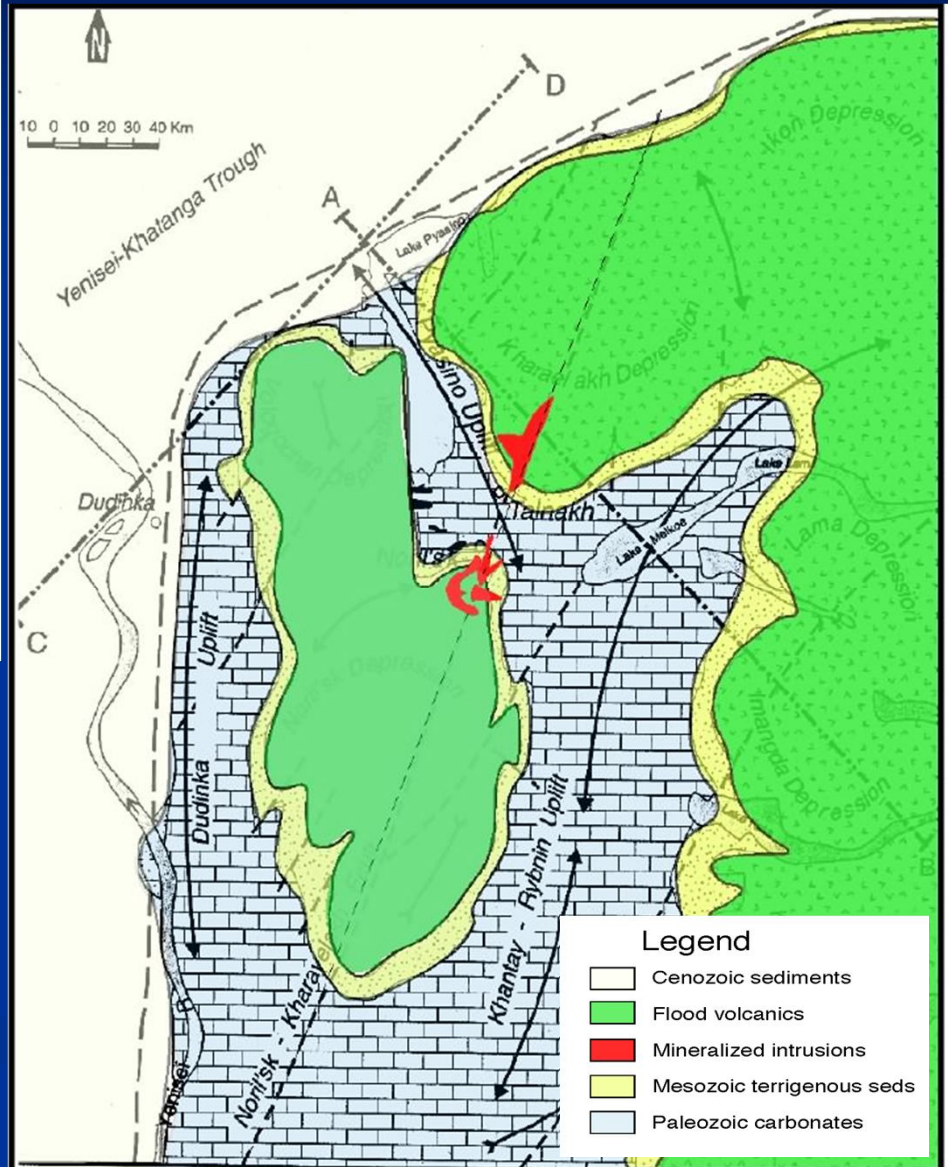




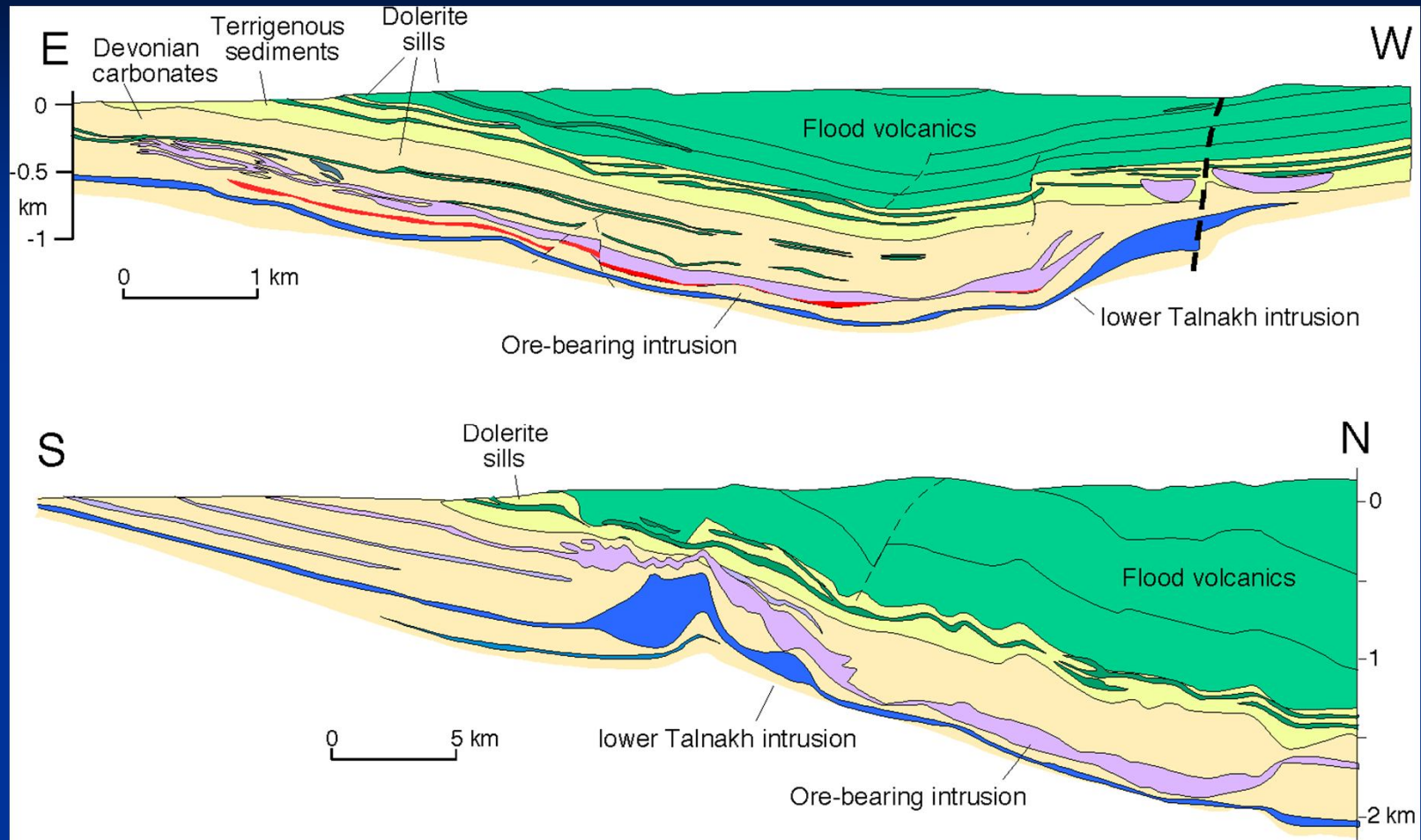
Siberian flood volcanics and Ni-Cu-PGE deposits



Geological map of the Noril'sk-Talnakh Region



Cross-sections

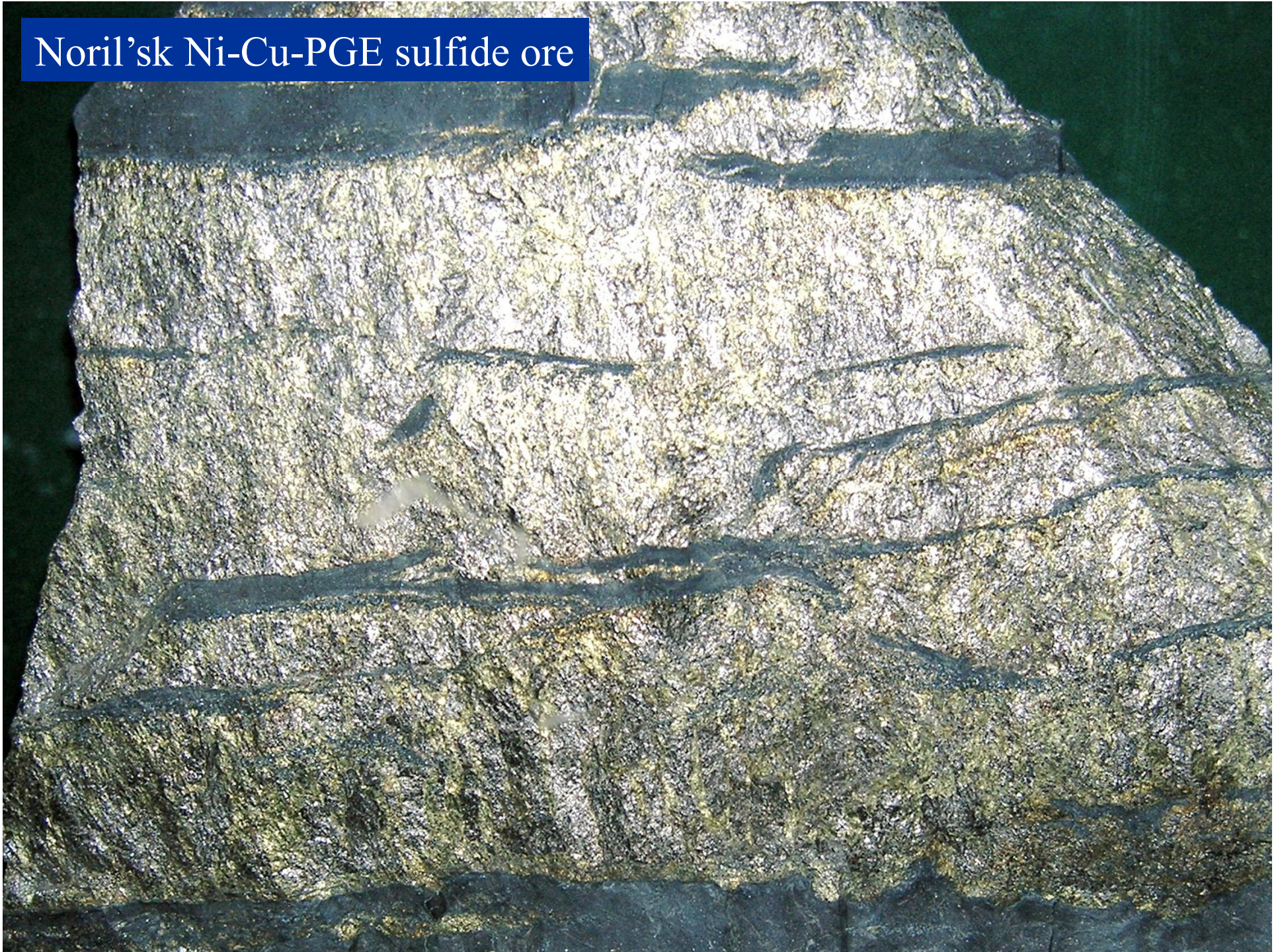


Ore deposits at the bases of small intrusions in the sedimentary formations beneath the flood basalts

~3 times vertical exaggeration

from Czamanske et al

Noril'sk Ni-Cu-PGE sulfide ore





Типы магматических серий океанических островов

- Вулканические породы, развитые внутри плит, так же как и родственные им интрузивные, отличаются от пород СОХ.
- Толейтовые серии - очень похожи на MORB, с небольшими минералогическими и химическими отличиями, объясняемыми большей мощностью земной коры под океаническими островами. Породы этих серий преобладают на океанических островах.
- Щелочные серии - делятся на 2 принципиально различных типа - недосыщенные кремнеземом (более распространены) и насыщенные кремнеземом (редки). Также щелочные серии делятся на натровые и калиевые по отношению Na и K.
- Все внутриплитные магматические породы обогащены по сравнению с аналогичными типами пород СОХ несколькими группами элементов-примесей: крупноионными - K, Rb, Cs, Ba, La, Sr, высокозарядными - Ti, Hf, Ta, Nb, P, легкими редкими землями и радиогенным Sr.

Элементы-примеси

- Все породы океанских островов обогащены K, Rb, Cs, Ba, Pb²⁺, Sr (крупноионными элементами)
- K/Ba отношение в первичных магмах N-MORB > 100, в E-MORB около 30, в OIB = 25-40.
- Породы океанических островов обогащены высокозарядными элементами: Th, U, Ce, Zr, Hf, Nb, Ta, Ti (признак)

Мантийные источники, выделяемые по ИЗОТОПНЫМ ДАННЫМ

- DM - деплетированная мантия (лишенная некогерентных элементов (т.е. не входящих в какие-либо минералы))(под COX)
- PRIMA – примитивная мантия (изначальная)
- PREMA - преобладающая мантия (сейчас)
- HIMU имеют очень высокие $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$, что говорит о высоком U в источнике и большом возрасте этого источника (чтобы успел образоваться ^{206}Pb). Этот возраст оценивается в > 1 млрд. лет.
- EM1 - обогащенная мантия 1ого типа. Имеет относительно низкое, близкое к первичному $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ (0.704-0.706)
- EM2 - имеет $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ около 0.720, что выше, чем у любого другого источника (под континентами)
- Изотопные «метки» не меняются при плавлении и фракционировании.

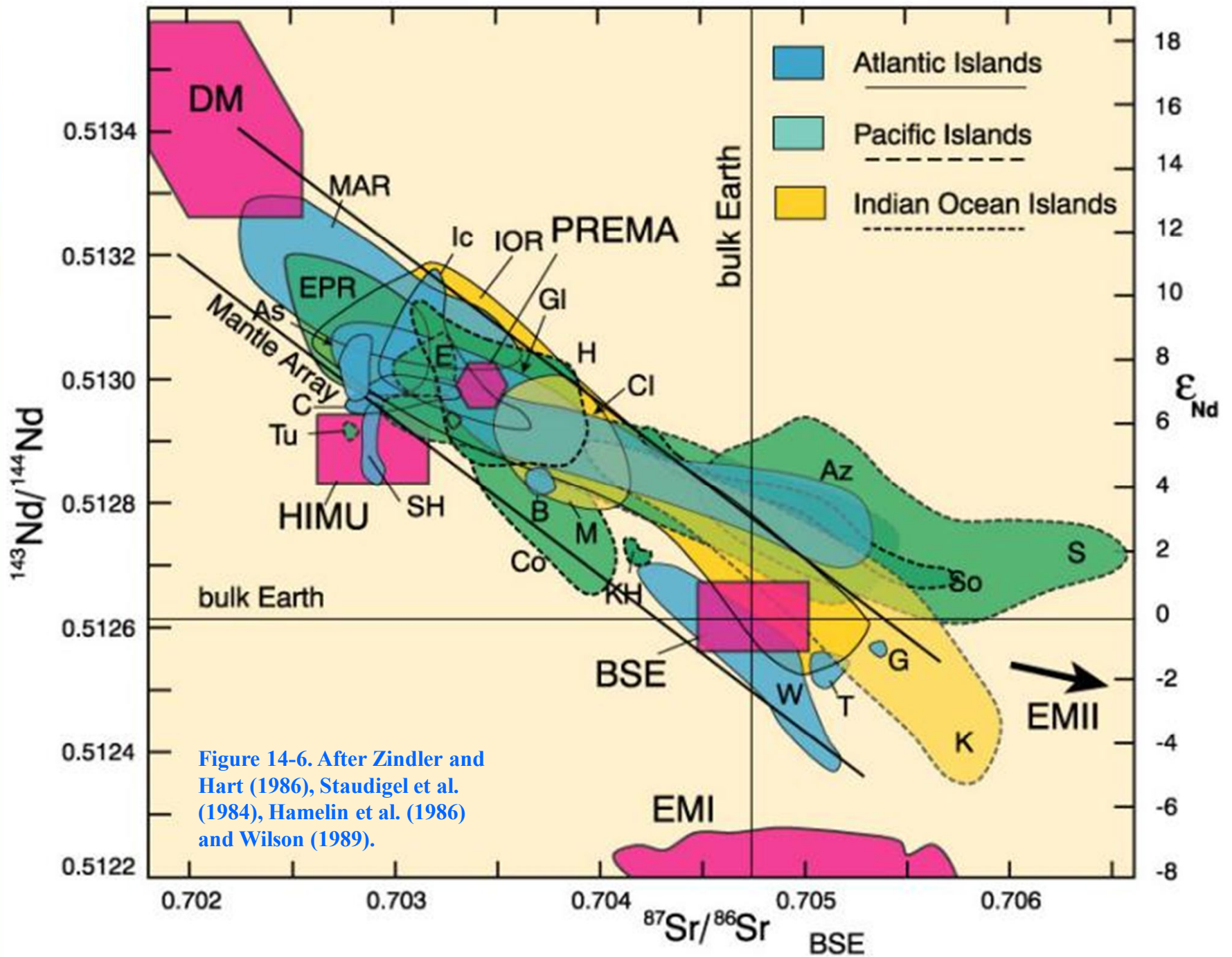
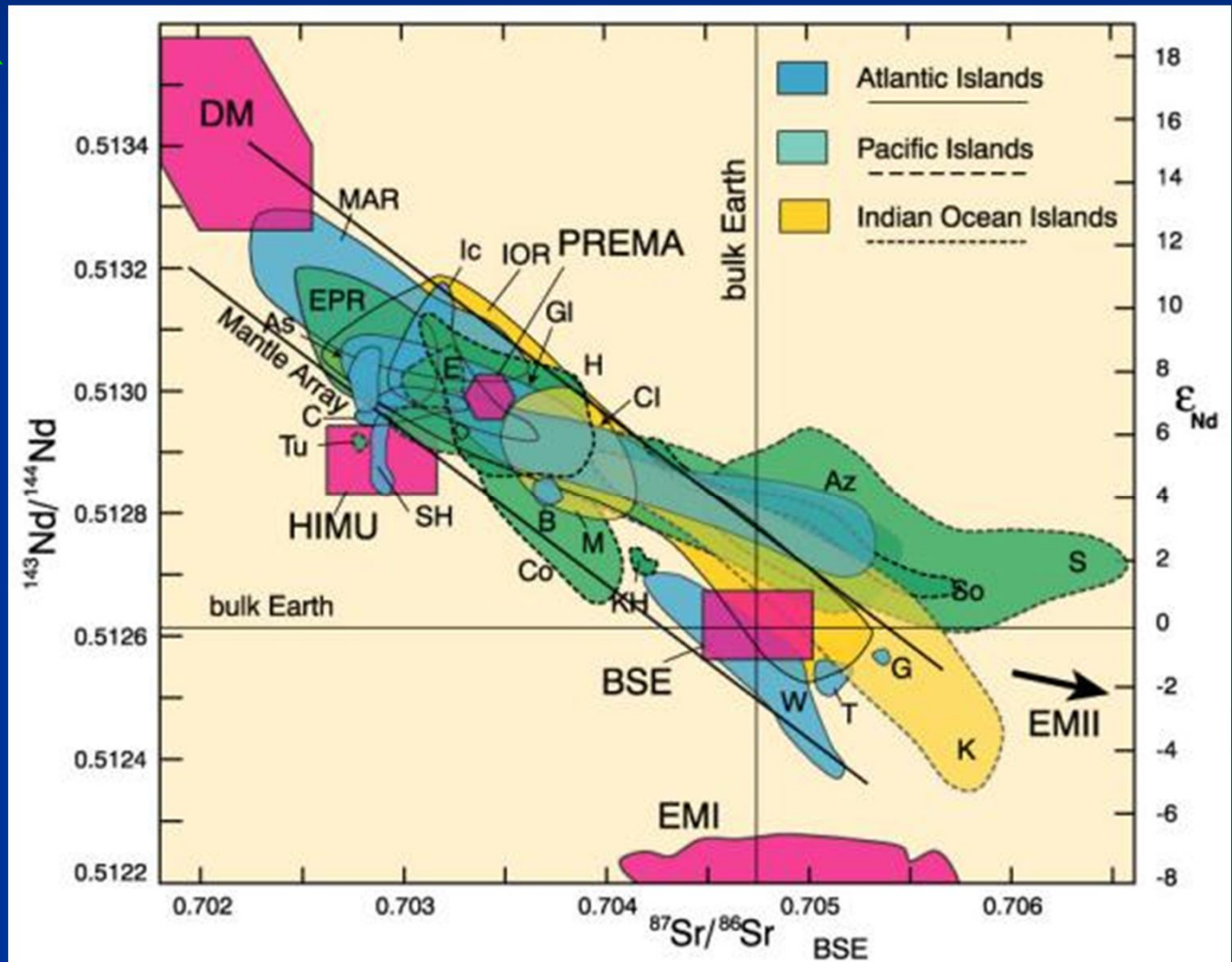


Figure 14-6. After Zindler and Hart (1986), Staudigel et al. (1984), Hamelin et al. (1986) and Wilson (1989).

Mantle Reservoirs

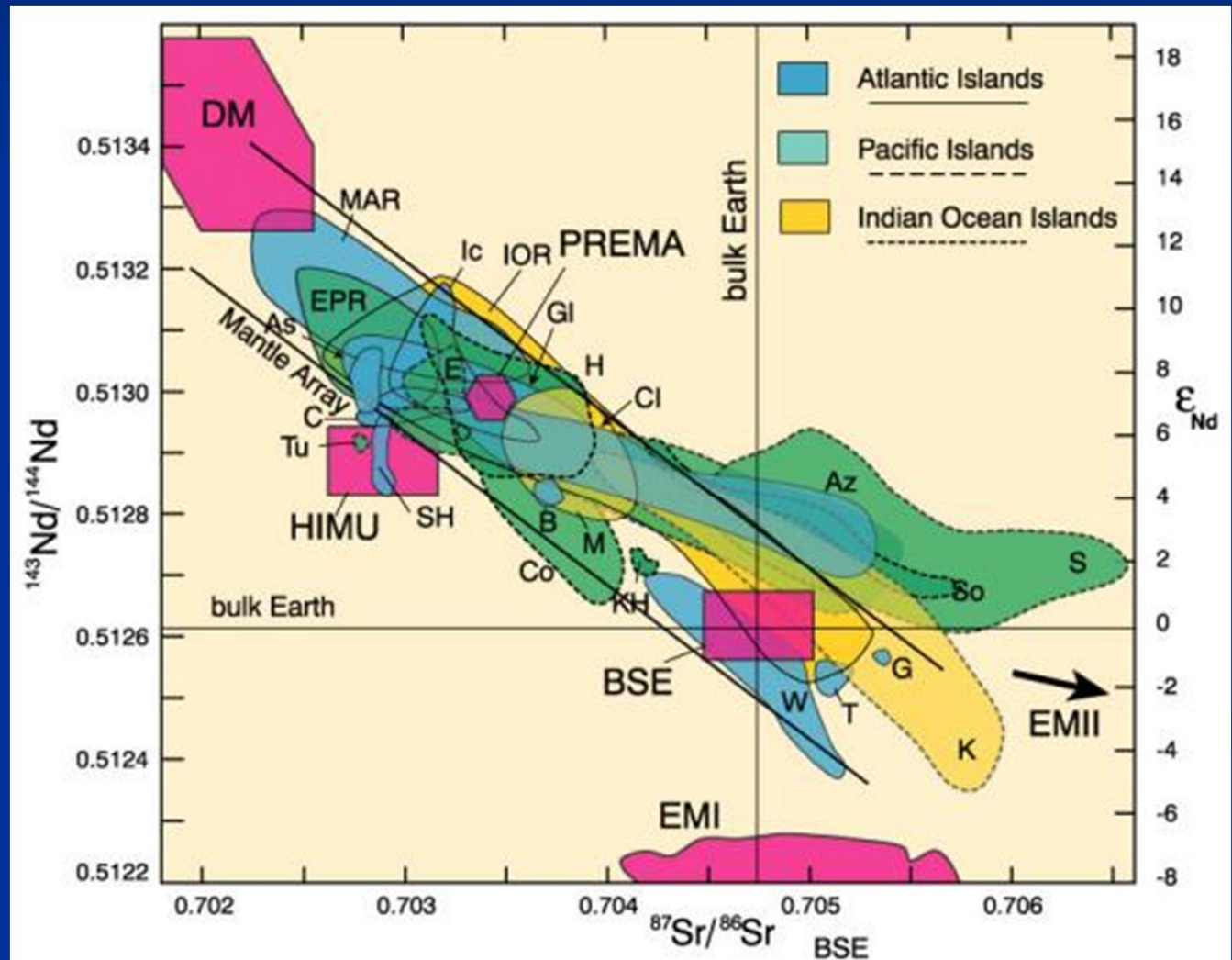
1. **DM** (Depleted Mantle) = N-MORB source

Figure 14-6. After Zindler and Hart (1986), Staudigel et al. (1984), Hamelin et al. (1986) and Wilson (1989).



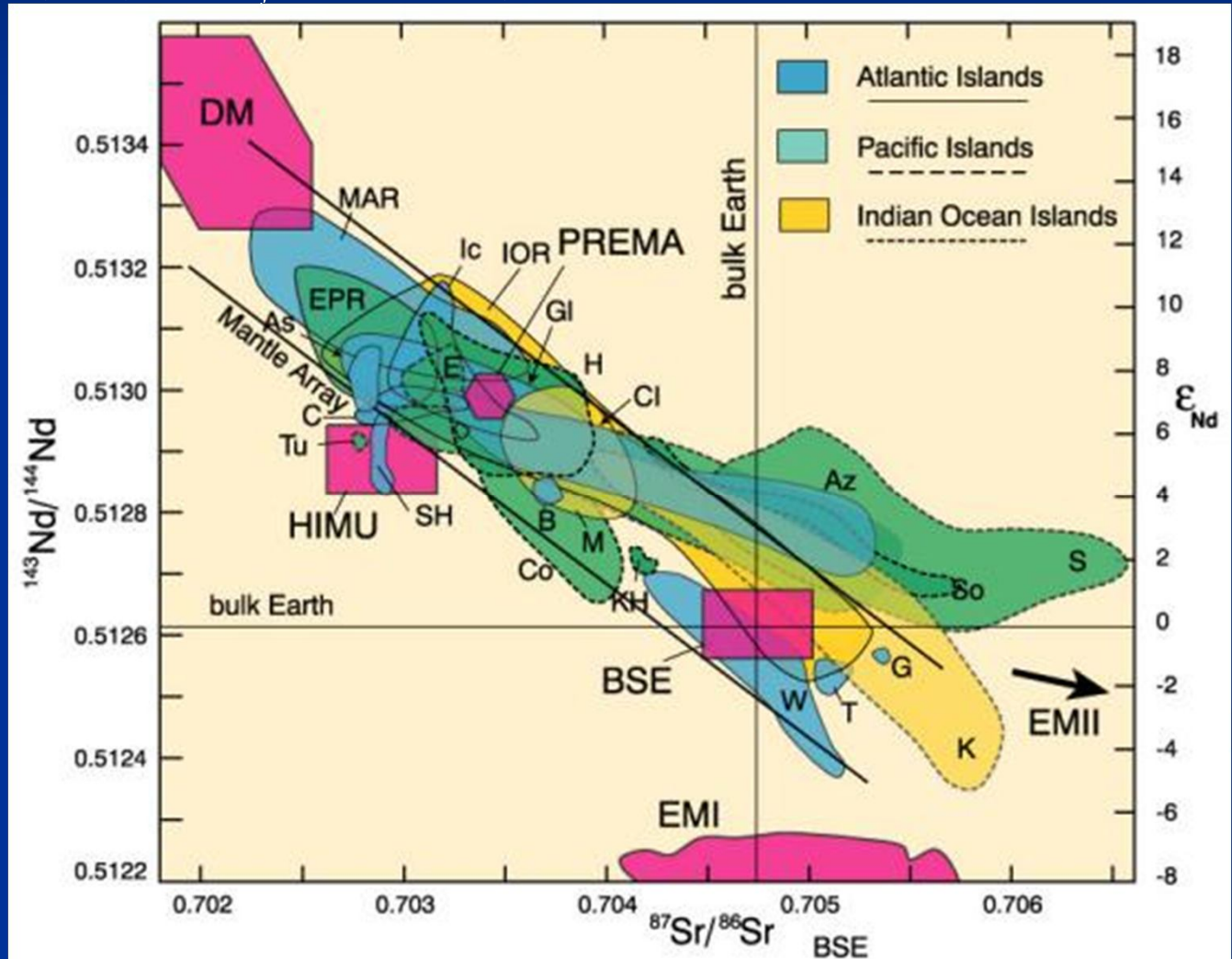
2. BSE (Bulk Silicate Earth) or the Primary Uniform Reservoir

Figure 14-6. After Zindler and Hart (1986), Staudigel et al. (1984), Hamelin et al. (1986) and Wilson (1989).



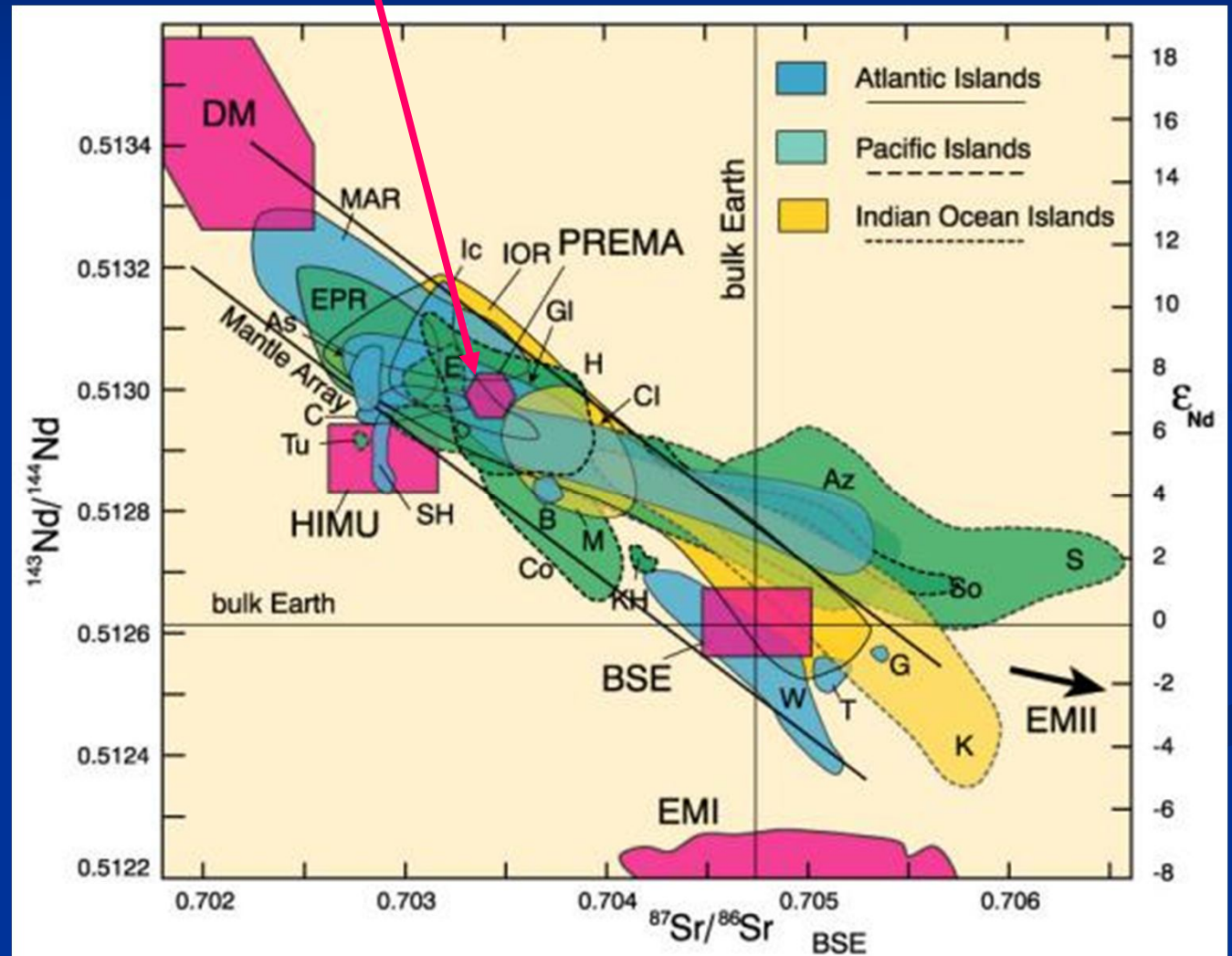
3. **EMI** = enriched mantle type I has lower $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ (near primordial)
4. **EMII** = enriched mantle type II has higher $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ (> 0.720 , well above any reasonable mantle sources)

Figure 14-6. After Zindler and Hart (1986), Staudigel et al. (1984), Hamelin et al. (1986) and Wilson (1989).



5. PREMA (PREvalent MANTle)

Figure 14-6. After Zindler and Hart (1986), Staudigel et al. (1984), Hamelin et al. (1986) and Wilson (1989).



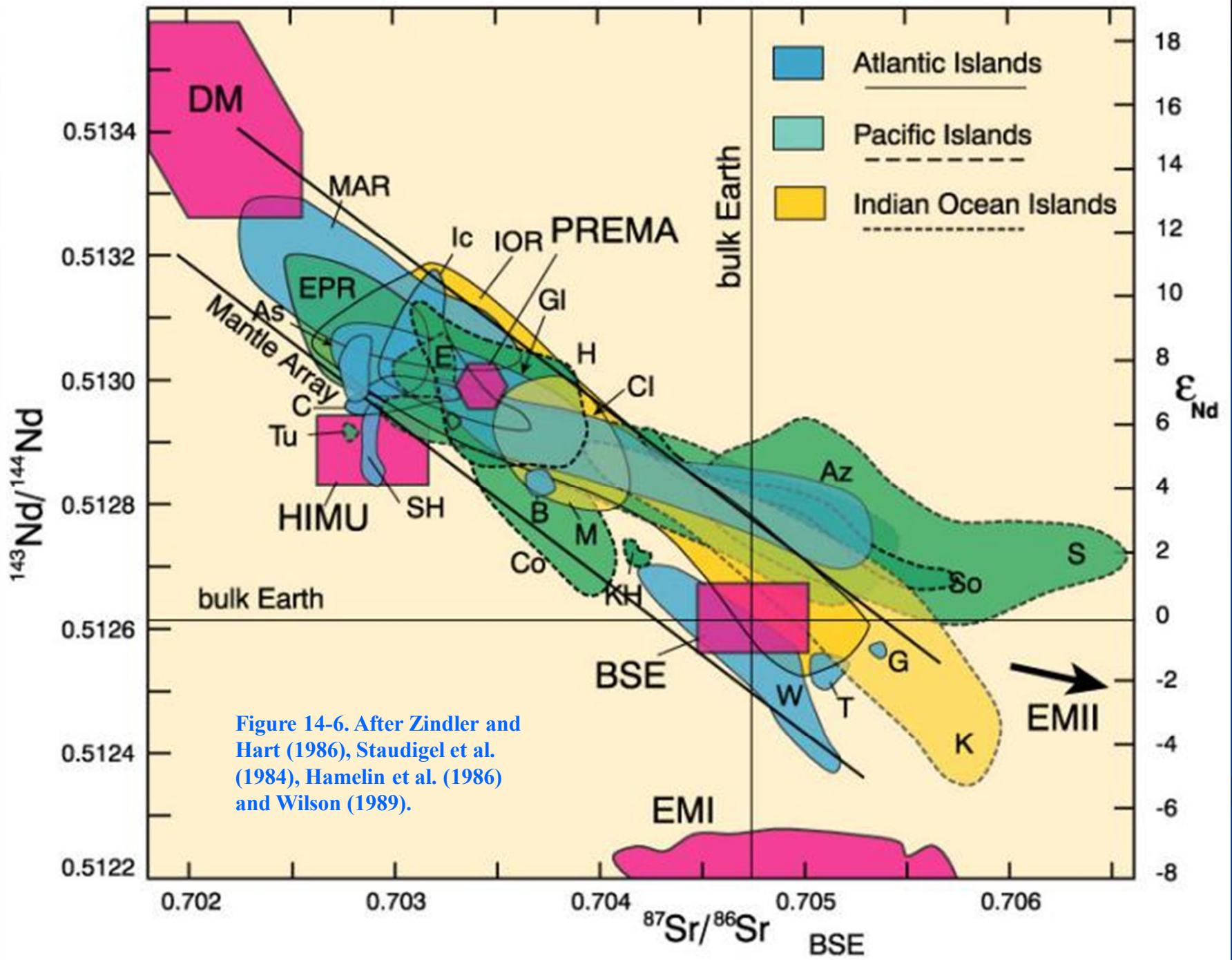


Figure 14-6. After Zindler and Hart (1986), Staudigel et al. (1984), Hamelin et al. (1986) and Wilson (1989).

Изотопия Рь

- ^{204}Pb – не радиогенный изотоп
- радиогенный Рь образуется за счет U & Th



- Рь характеризуют черты мантийных резервуаров (см. например Hart 1984)

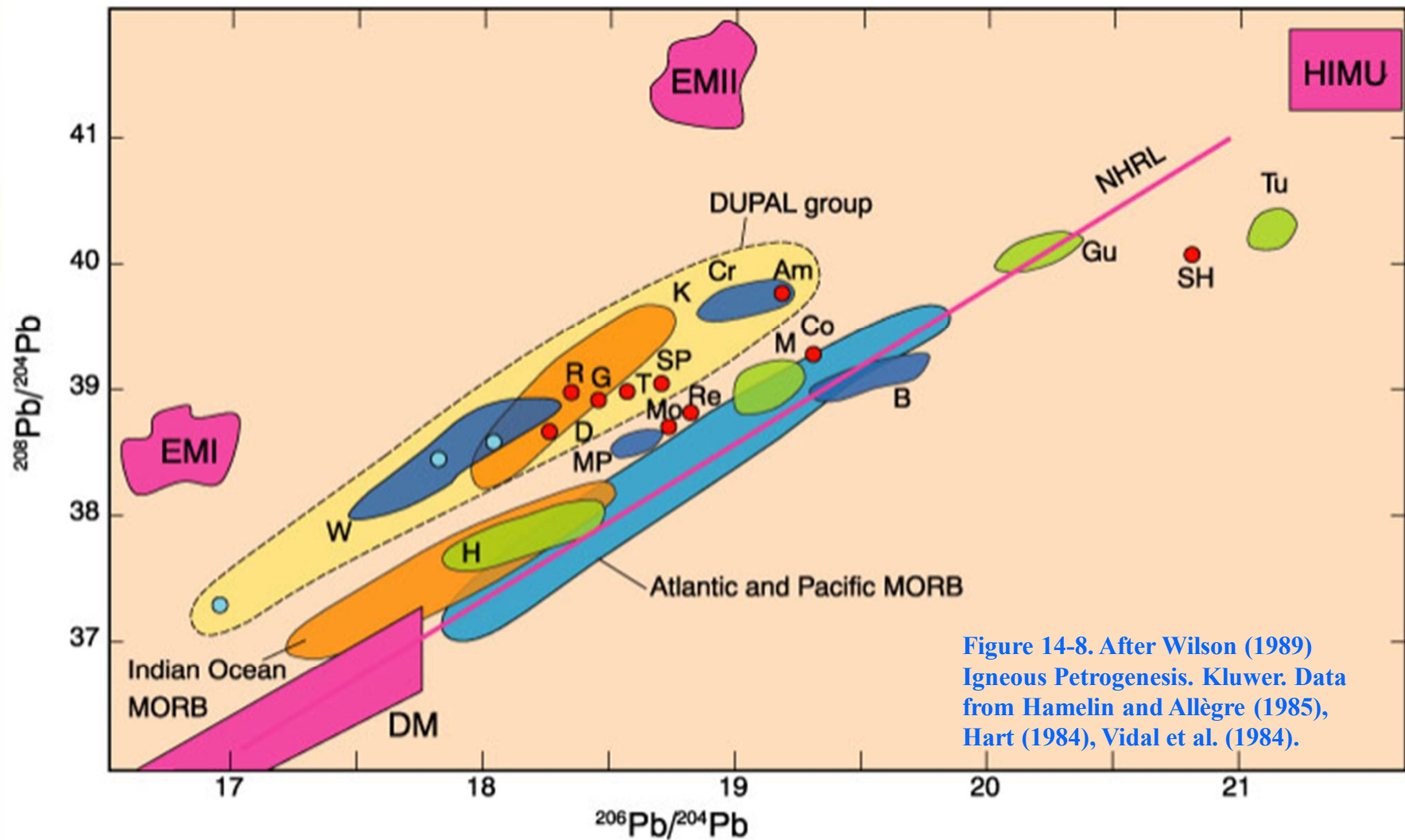
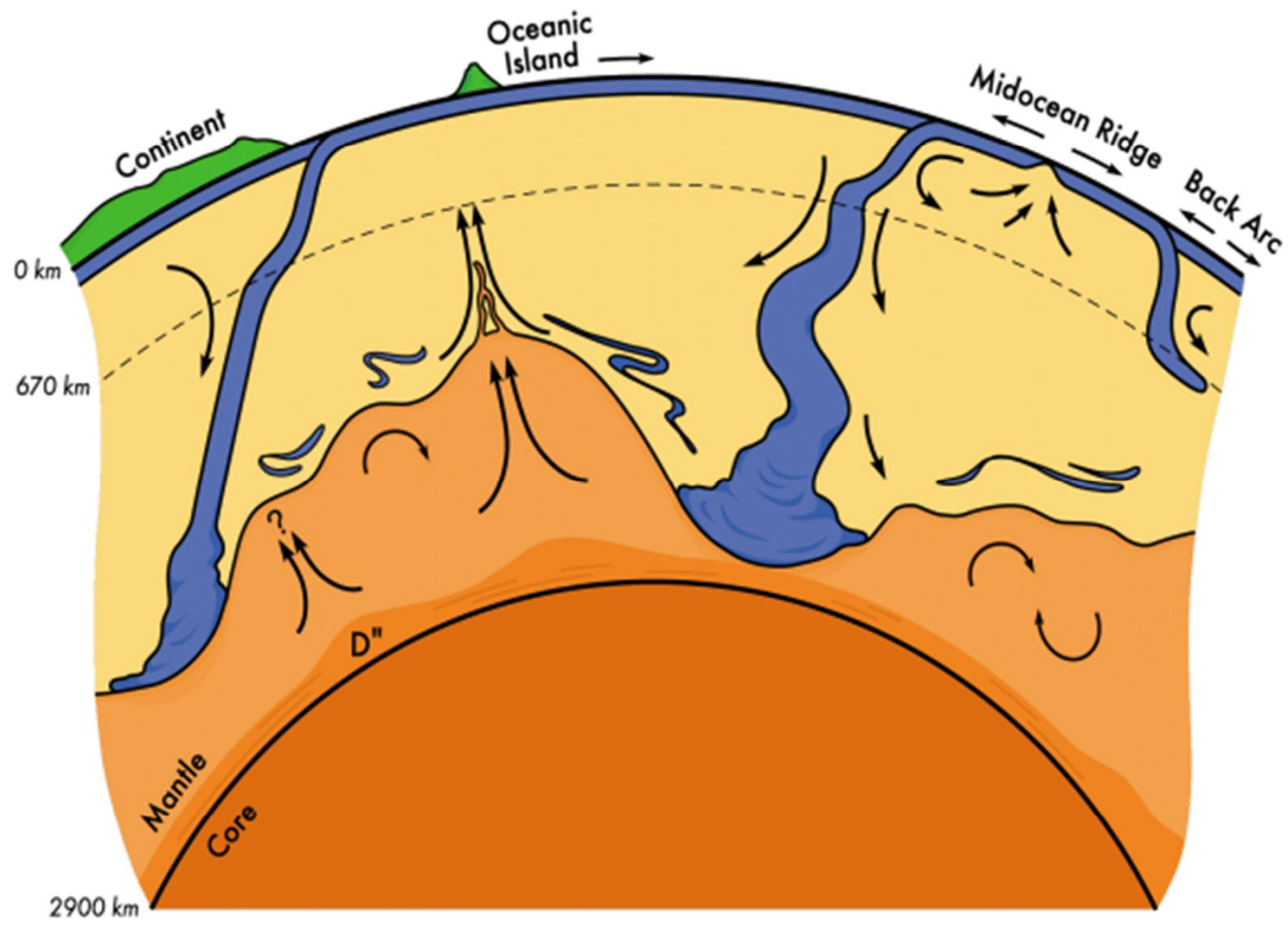
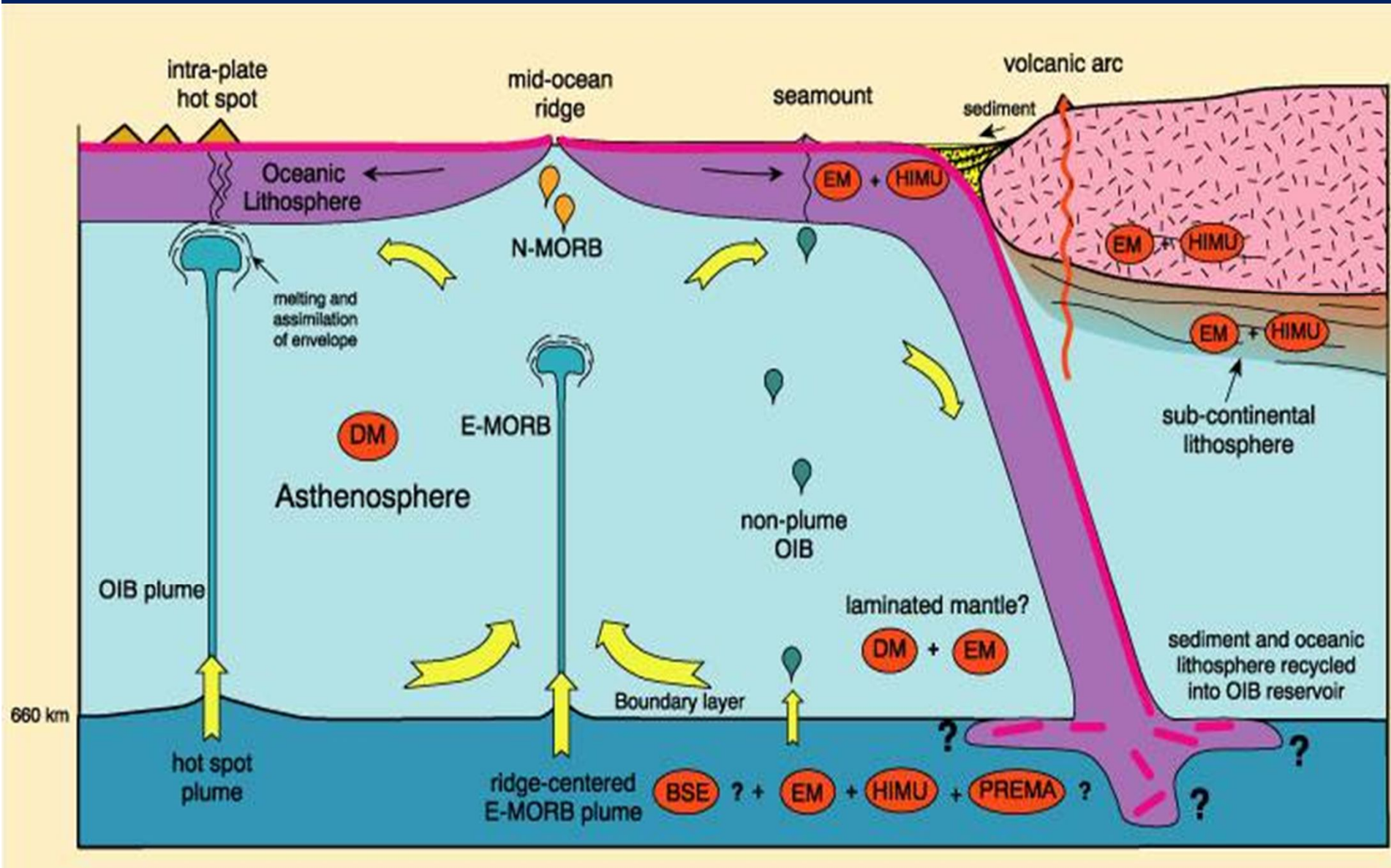


Figure 14-8. After Wilson (1989) *Igneous Petrogenesis*. Kluwer. Data from Hamelin and Allègre (1985), Hart (1984), Vidal et al. (1984).

| | | | | | |
|----|-----------|----|-------------------|----|--|
| Am | Amsterdam | MP | Marion-Pr. Edward | SP | St. Paul |
| Cr | Crozet | R | Rarotonga | ● | Indian Ocean MORB with DUPAL characteristics |
| Mo | Mauritius | Re | Reunion | | |

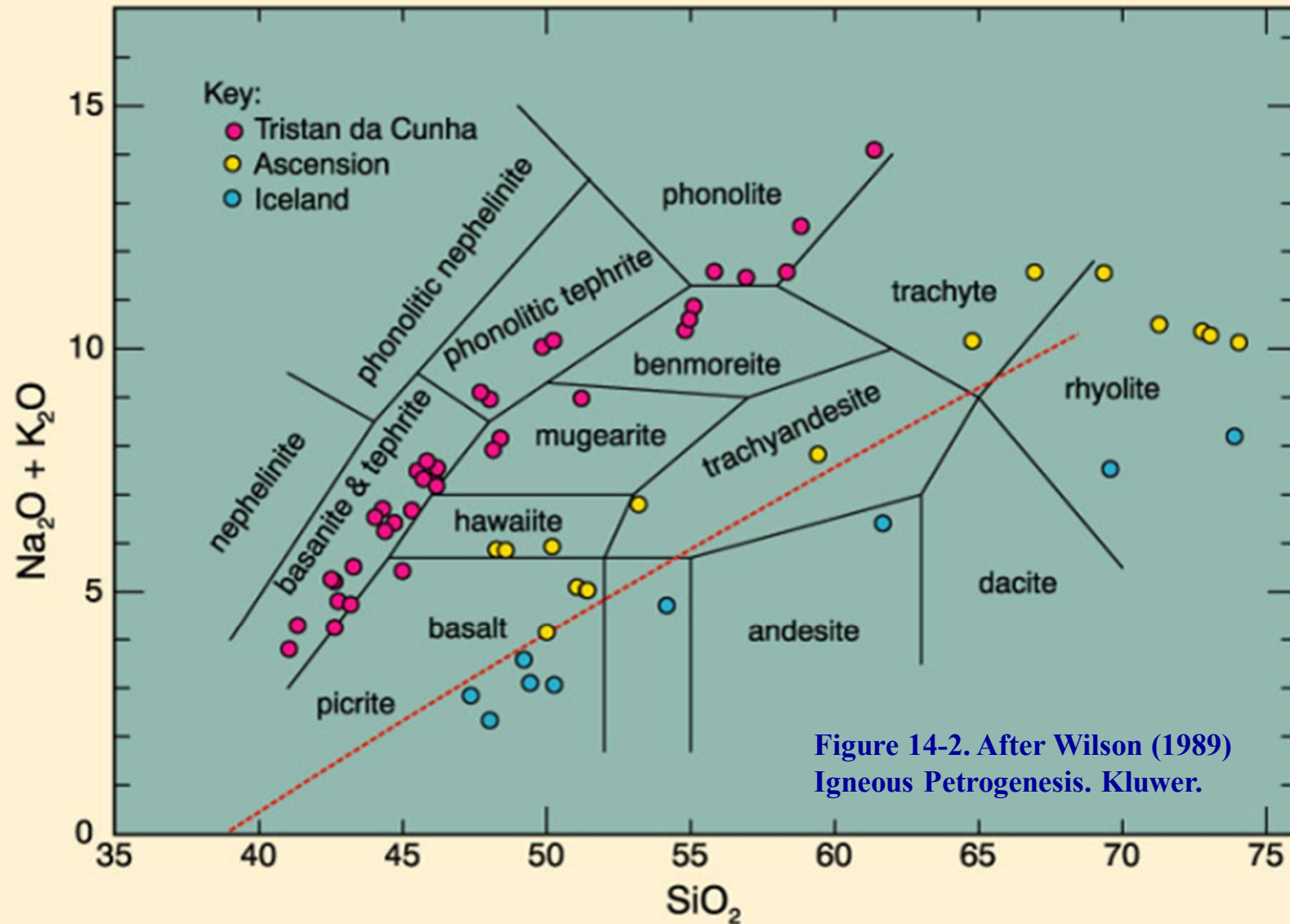


Модель механизма попадания [Winter,2001] HIMU и EM в мантийные источники из континентальной коры.



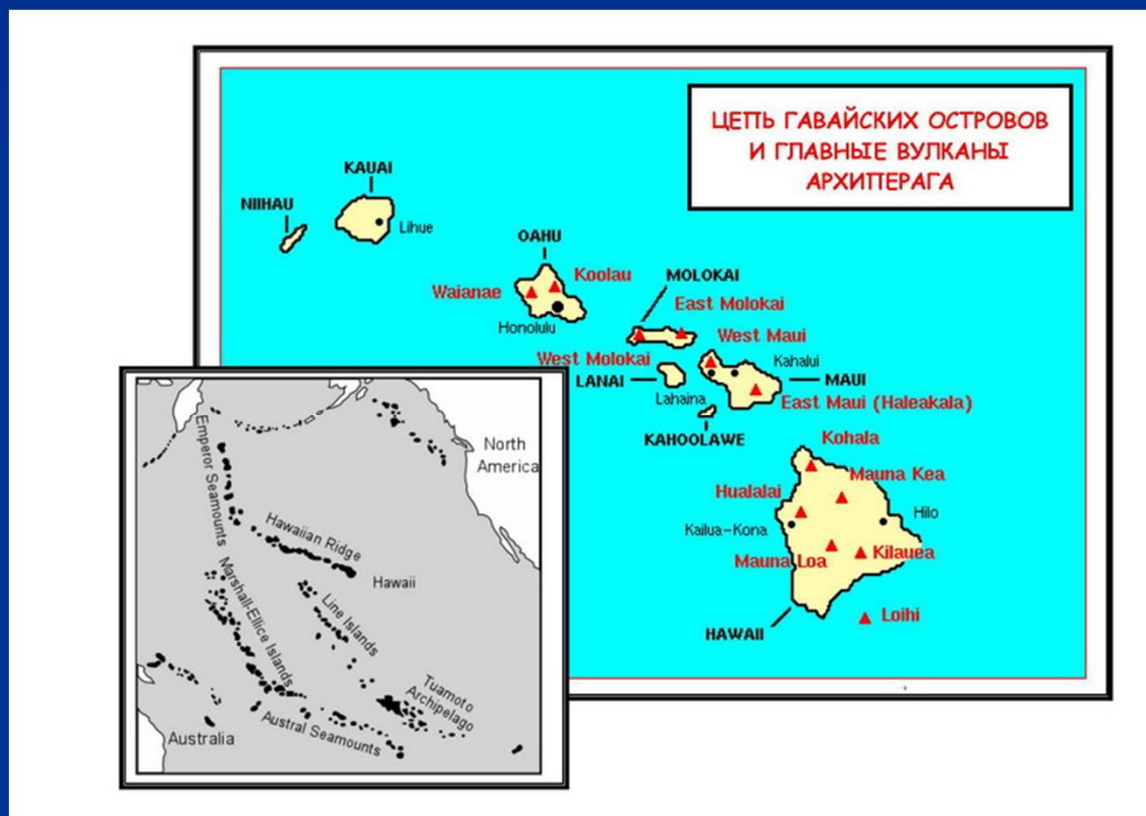
Evolution in the Series

Tholeiitic, alkaline, and highly alkaline



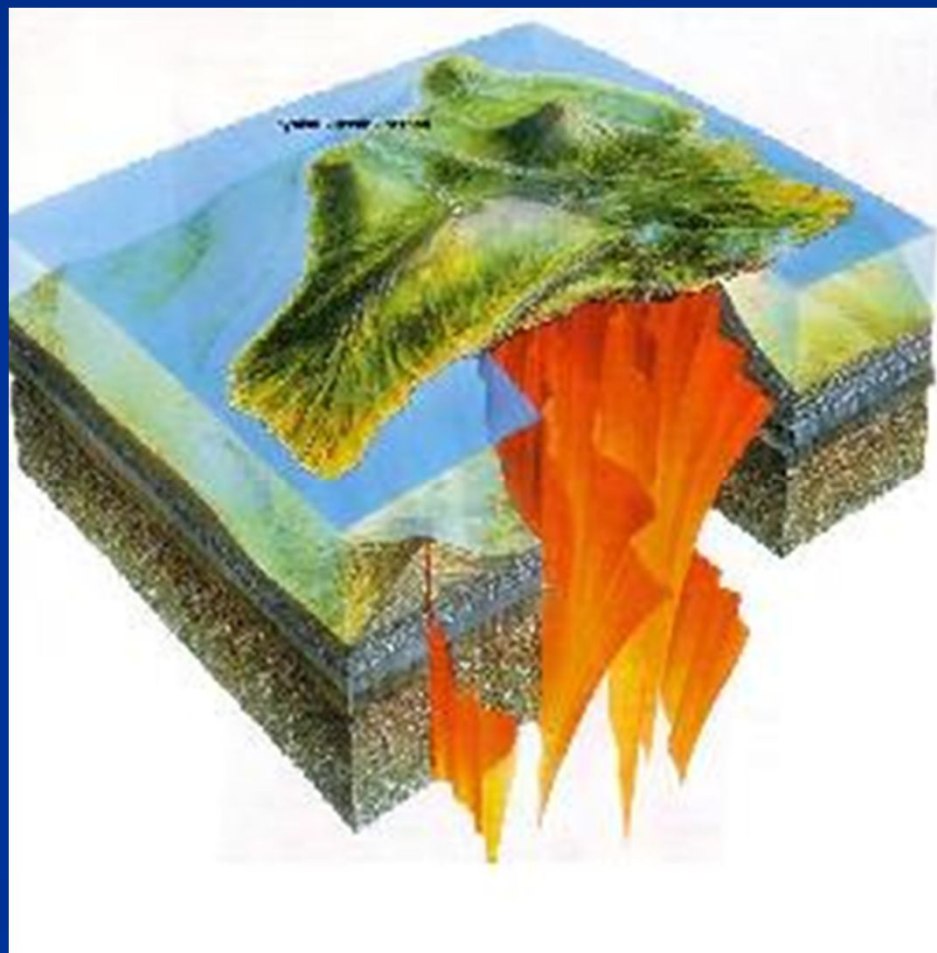
Гавайские острова

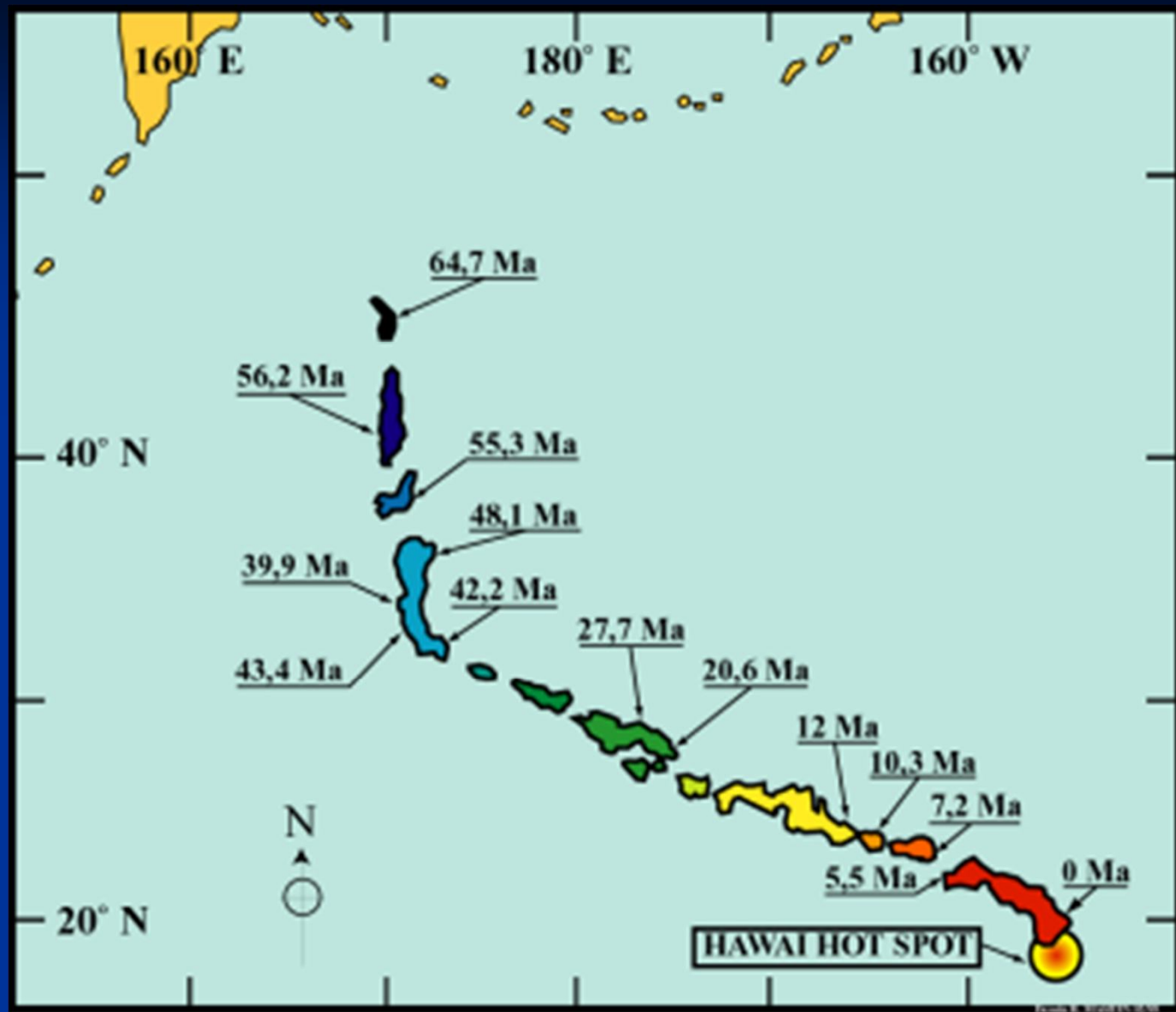
- . Гавайские острова представляют собою цепь щитовых вулканов длиной в 2000 км в центральной части Тихого океана, возраст которых омолаживается в юго-восточном направлении. Самые молодые из них находятся на о. Гавайи. Часть из них активно действует в настоящее время.



Геологический разрез острова Оаху из Гавайского архипелага (США).

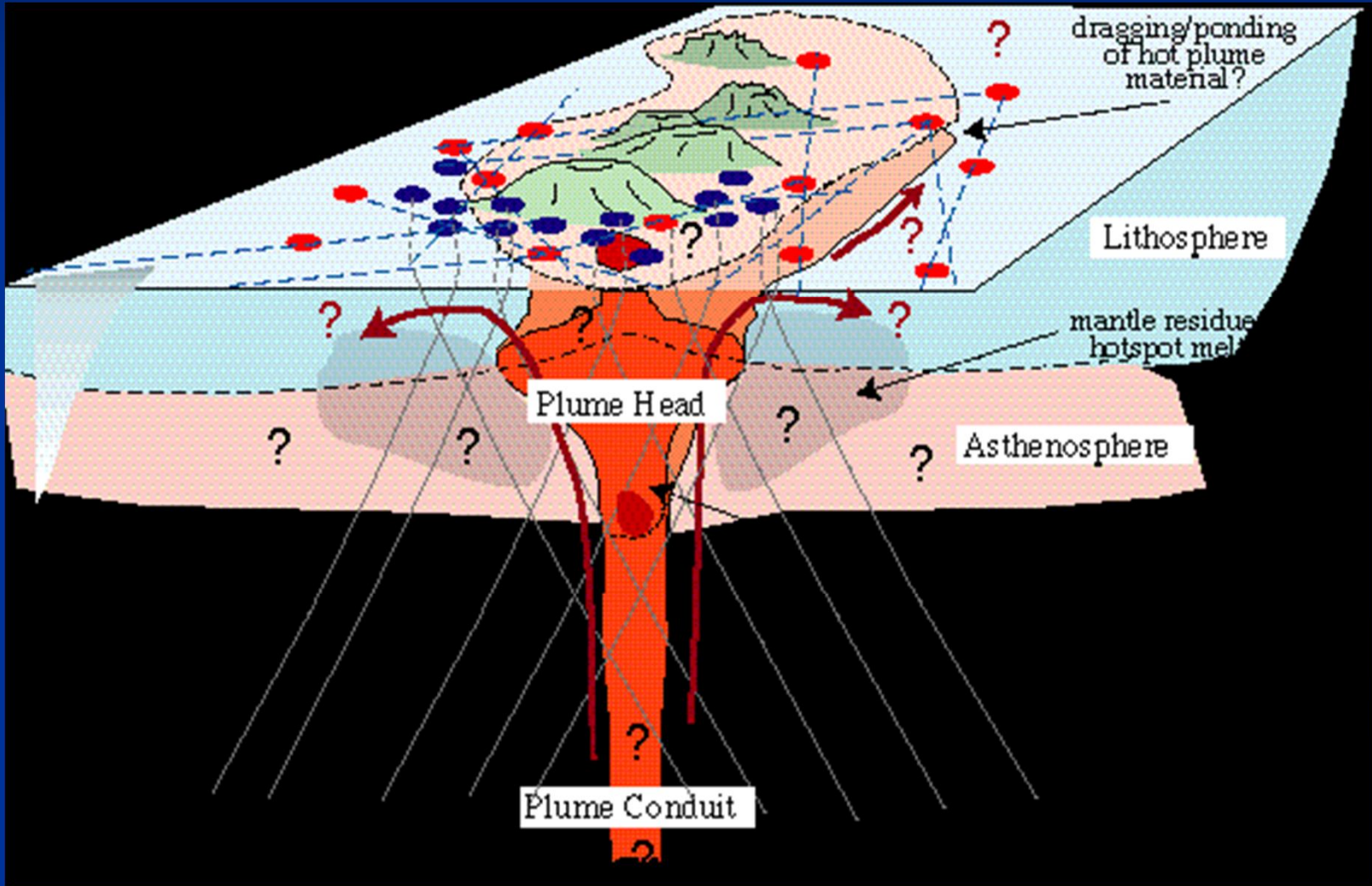
Острова архипелага были сформированы один за другим действием стационарной "горячей точки". Каждый остров изначально был подводной горой (на рисунке слева), пока дальнейшие извержения не подняли его над уровнем моря. Вулканы Гавайских островов как бы маркируют путь литосферной плиты над "горячей точкой". По мере удаления литосферной плиты от "горячей точки" вулканы засыпают.







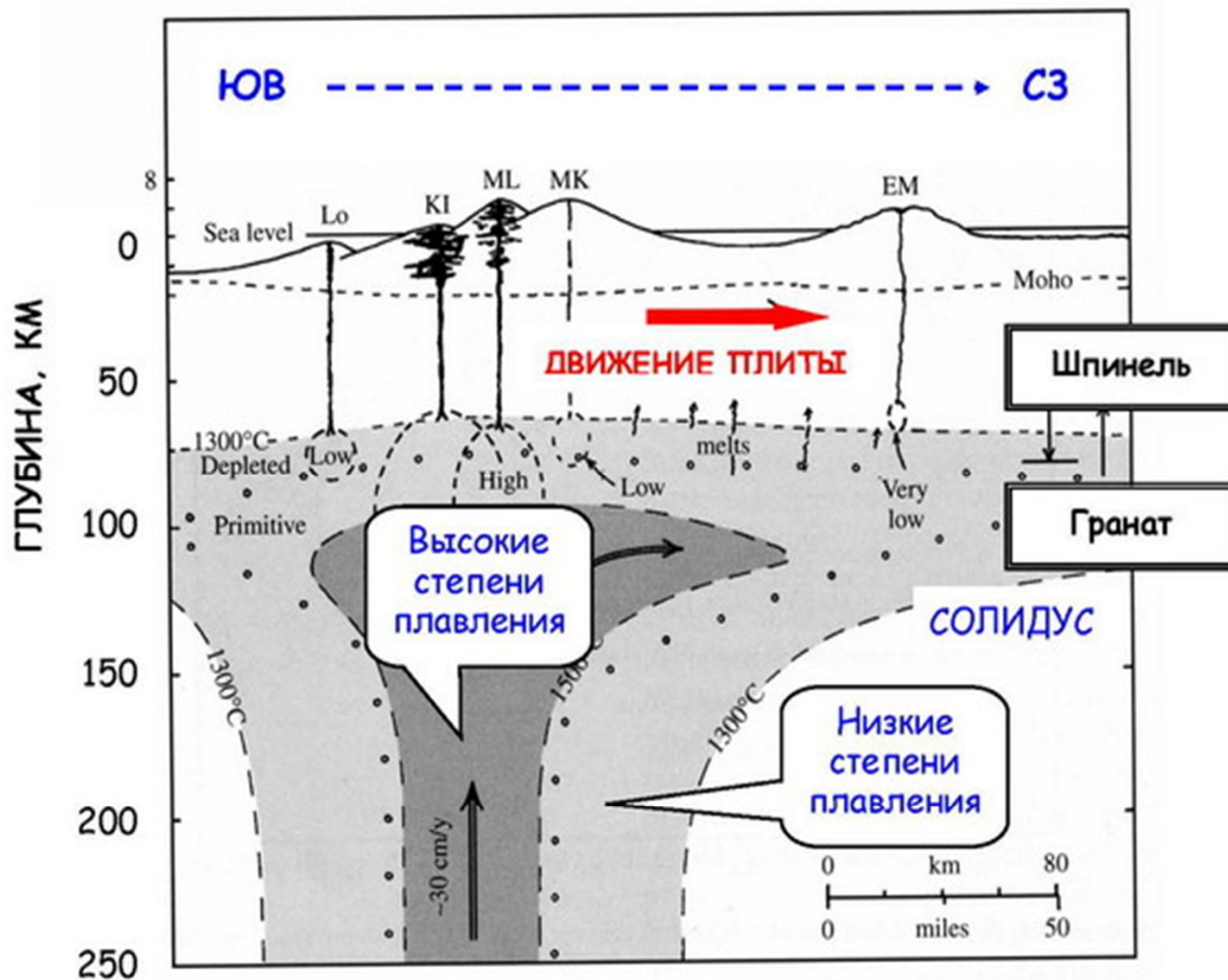
SWELL (Seismic Wave Exploration in the Lower Lithosphere)



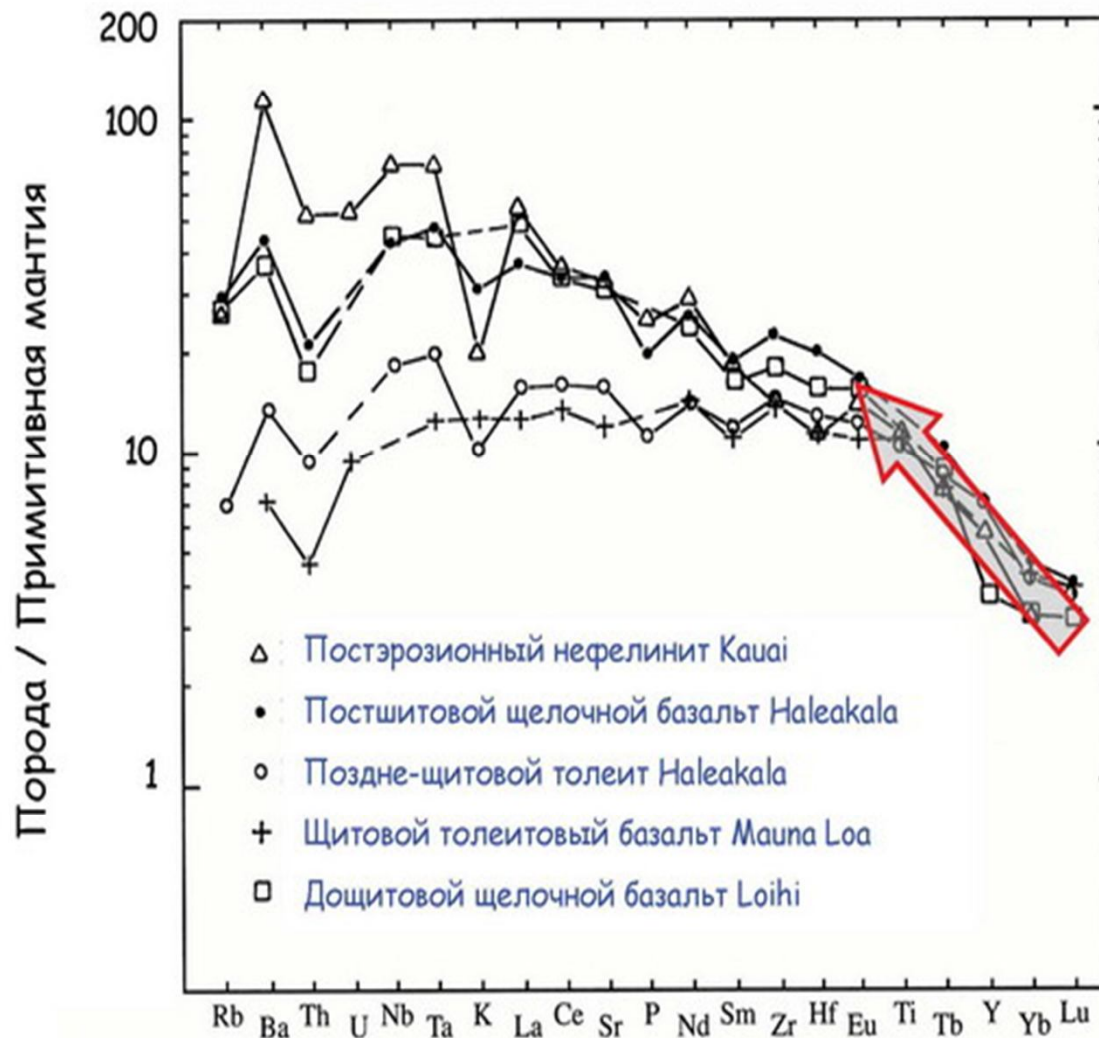
Гавайский сценарий прохождения горячей точки

- Лоихи (Loihi) – вулкан на юго-восточном склоне главного острова. Он извергает щелочные базальты.
- Стадия щитовых вулканов – Килауэа - почти непрерывно извергает толеитовые (низкощелочные) базальты.
- На щитовые вулканы накладываются затухающий вулканизм, который становится более щелочным. К таким сериям относятся продукты извержений Мауна-Кеа, Хуалалаи и Кохала.
- После долгого перерыва (неск. млн. лет) начинают извергаться высокощелочные серии – нефелиниты, меллитовые базальты, базаниты и др.

СХЕМА СТРОЕНИЯ ГАВАЙСКОГО ПЛЮМА (WATSON AND MCKENZIE, 1991)

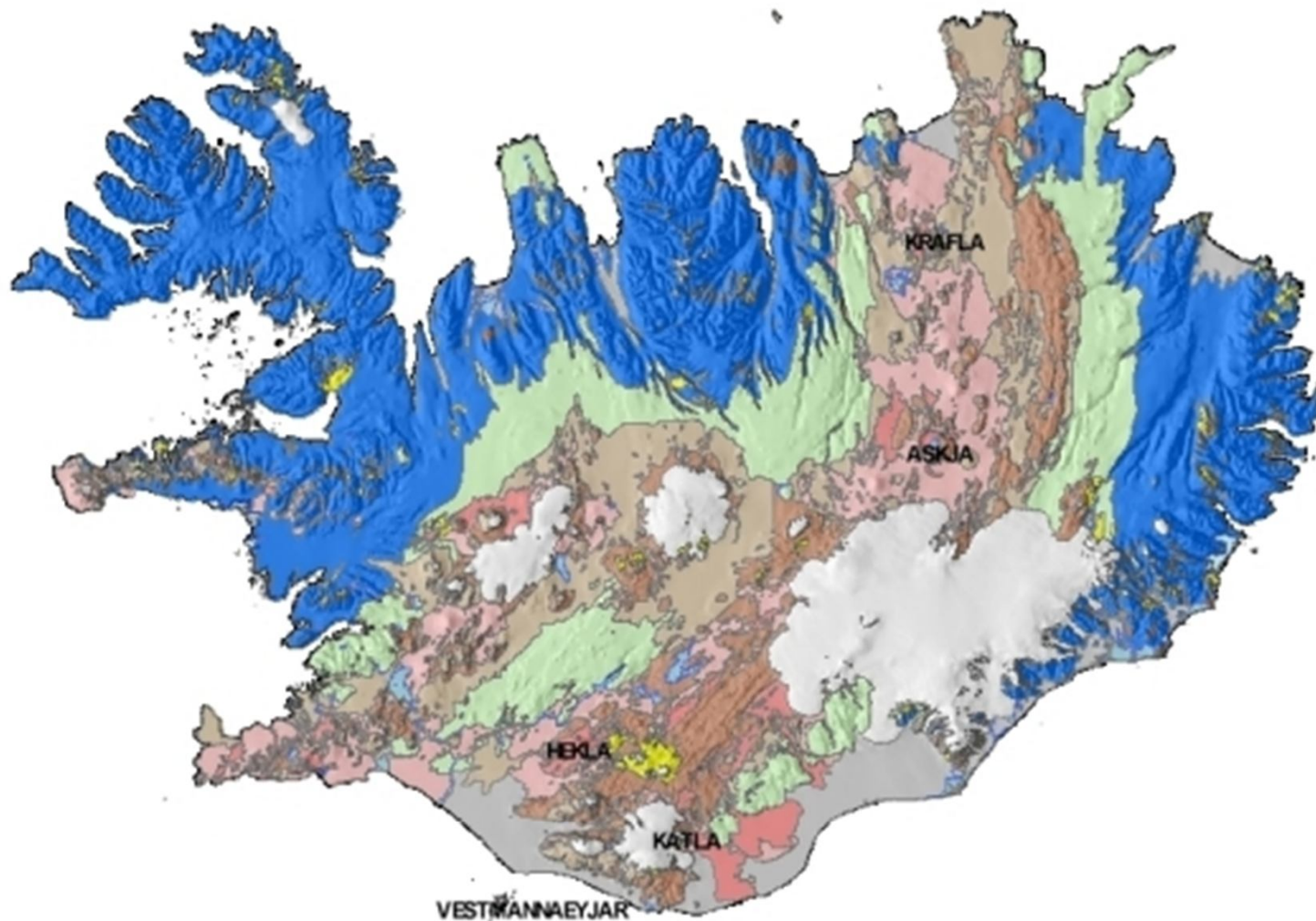


ОСОБЕННОСТИ МИКРОЭЛЕМЕНТНОГО СОСТАВА ТОЛЕИТОВЫХ, СУБЩЕЛОЧНЫХ И ЩЕЛОЧНЫХ БАЗАЛЬТОВ ГАВАЙСКИХ О-ВОВ

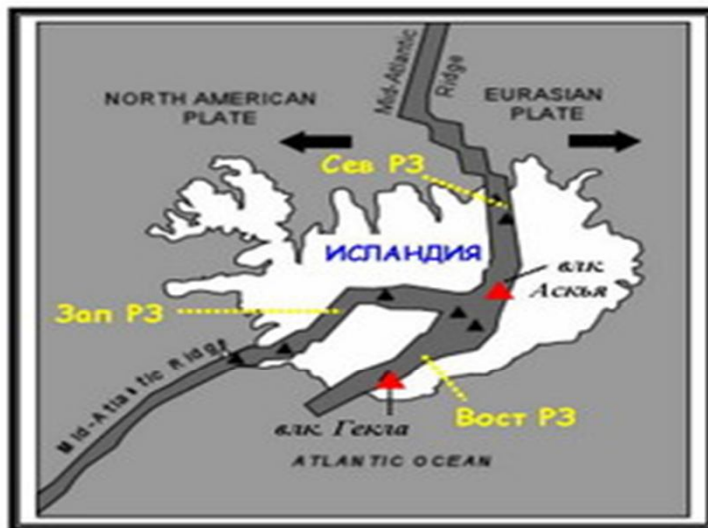


Исландия

- Остров Исландия, находящийся в Северной Атлантике, пересеченный Срединно-Атлантическим хребтом относительно недавно, не более 15 млн. лет назад, характеризуется мощной земной корой (до 30 км), в которой отсутствует гранитный слой; не исключена возможность, что она относилась к континентальному типу, но сильно переработана мощным базальтовым вулканизмом. О масштабе вулканической деятельности в этой горячей точке можно судить на основании того, что за последние два миллиона лет здесь было излито около 400 км³ лав. Это преимущественно толеитовые базальты, однако присутствуют также кислые (до 11%) и средние породы (3 - 5%), что редко встречается на вулканических островах. В астеносфере под Исландией зафиксирована разуплотненная и разогретая линза вещества с температурой 1200°C, равной температуре жидкого базальта. Эту линзу можно рассматривать как питающий вулканизм магматический очаг. На протяжении последних 15 млн. лет положение Исландии по отношению к глубинной горячей точке не меняется. На основании того, что самые древние из известных в Исландии базальты (22 - 15 млн. лет), а также одновозрастные с ними базальты на соседних островах и прилегающих частях континентов близки по составу к континентальным, существует предположение, что горячая точка Исландии приурочена к фрагменту разрушенного континента, на который впоследствии наложился Срединно-Атлантический хребет. (Фролова Т.И., 1996)

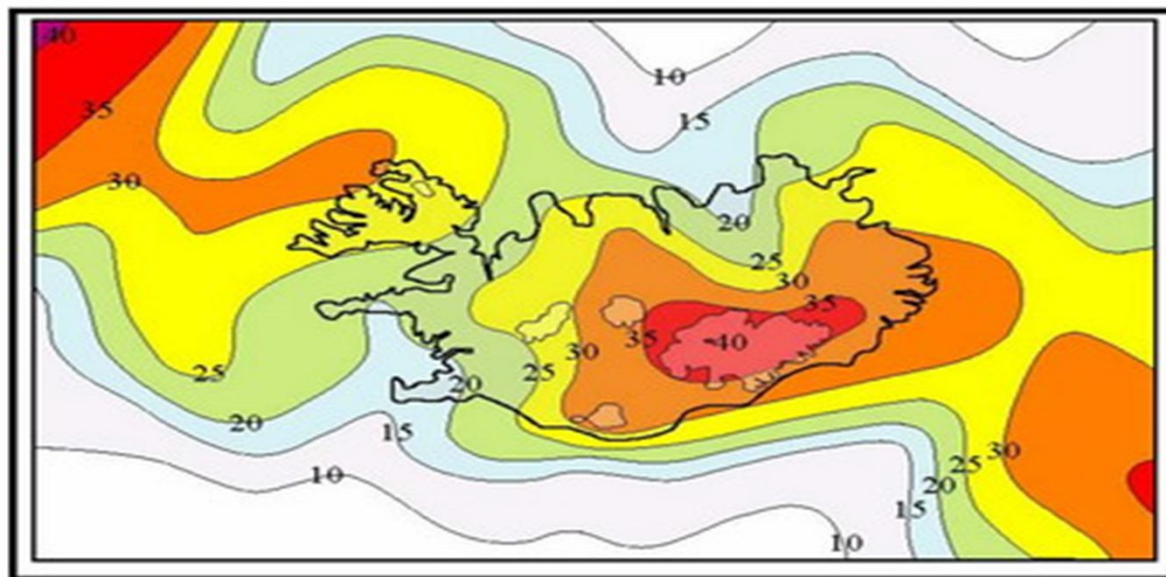


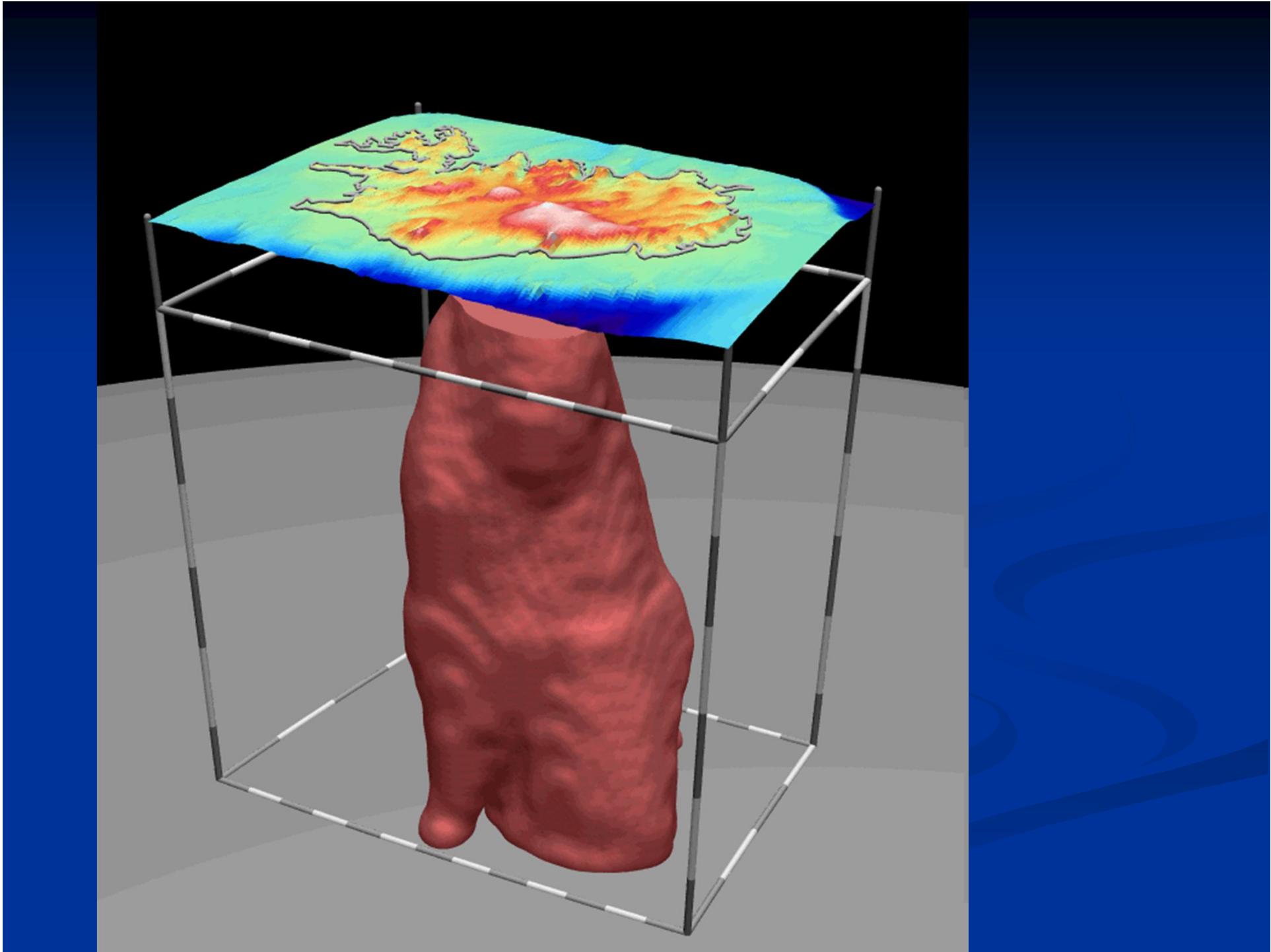
- Holocene sediments
- Basic and intermediate lavas. Postglacial, historic, younger than 1100 years
- Basic and intermediate lavas. Postglacial, prehistoric, older than 1100 years
- Acid lavas. Postglacial, historic, younger than 1100 years
- Acid lavas. Postglacial, prehistoric, older than 1100 years
- Acid extrusives. Tertiary and Pleistocene, older than 11.000 years
- Basic and intermediate hyaloclastite, pillow lava and associated sediments. Upper Pleistocene, younger than 0.8 m.y.
- Basic and intermediate interglacial and supraglacial lavas with intercalated sediments. Upper Pleistocene, younger than 0.8 m.y.
- Basic and intermediate extrusive rocks with intercalated sediments. Upper Pliocene and Lower Pleistocene, 0.8-3.3 m.y.
- Basic and intermediate extrusive rocks with intercalated sediments. Upper Tertiary, older than 3.3 m.y.
- Basic and intermediate intrusions, gabbro, dolerite and diorite
- Acid intrusions, rhyolite, granophyre and granite
- Lake

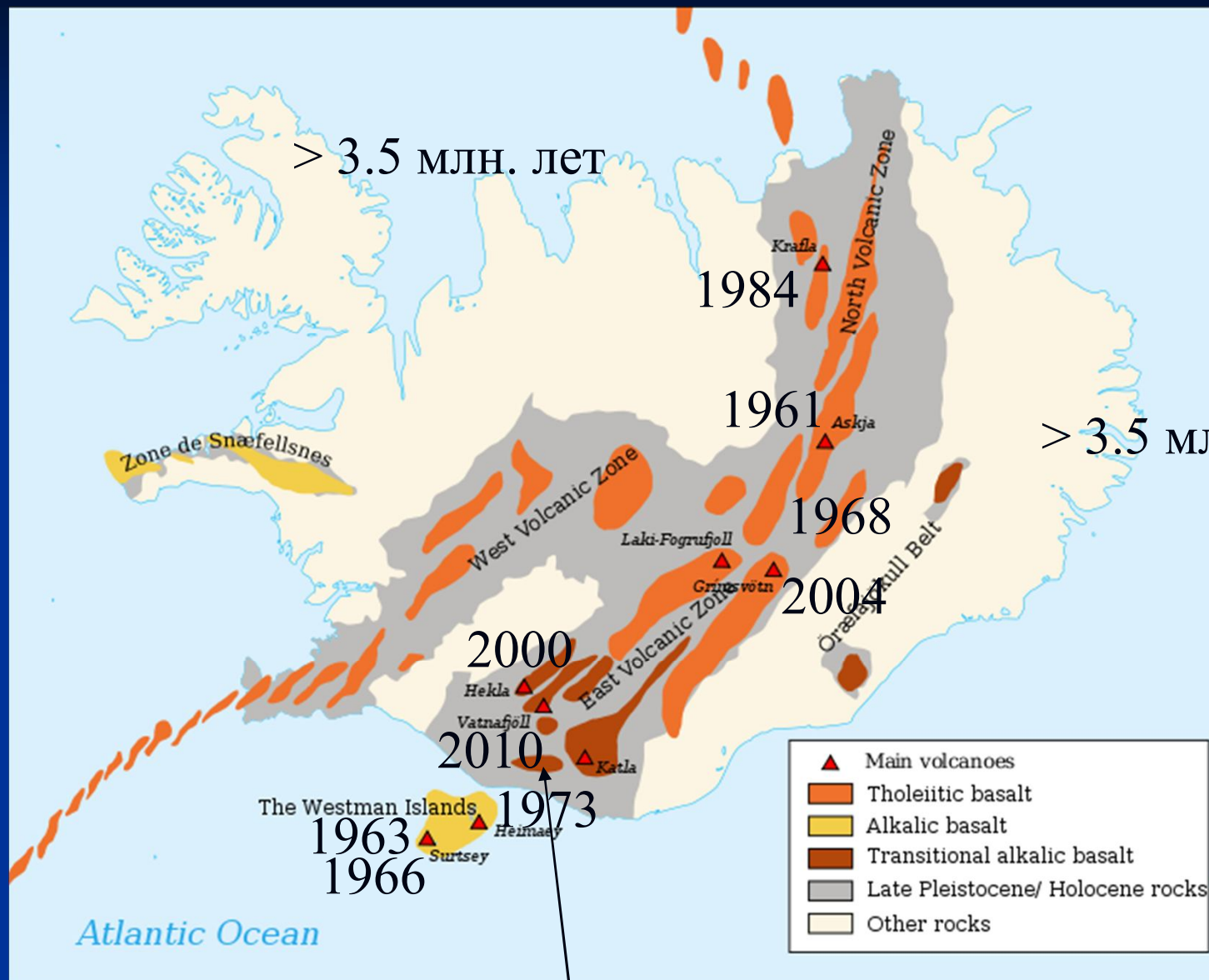


**ТЕКТОНИЧЕСКОЕ
ПОЛОЖЕНИЕ
ИСЛАНДИИ**

**РАСПРЕДЕЛЕНИЕ
МОЩНОСТИ КОРЫ**

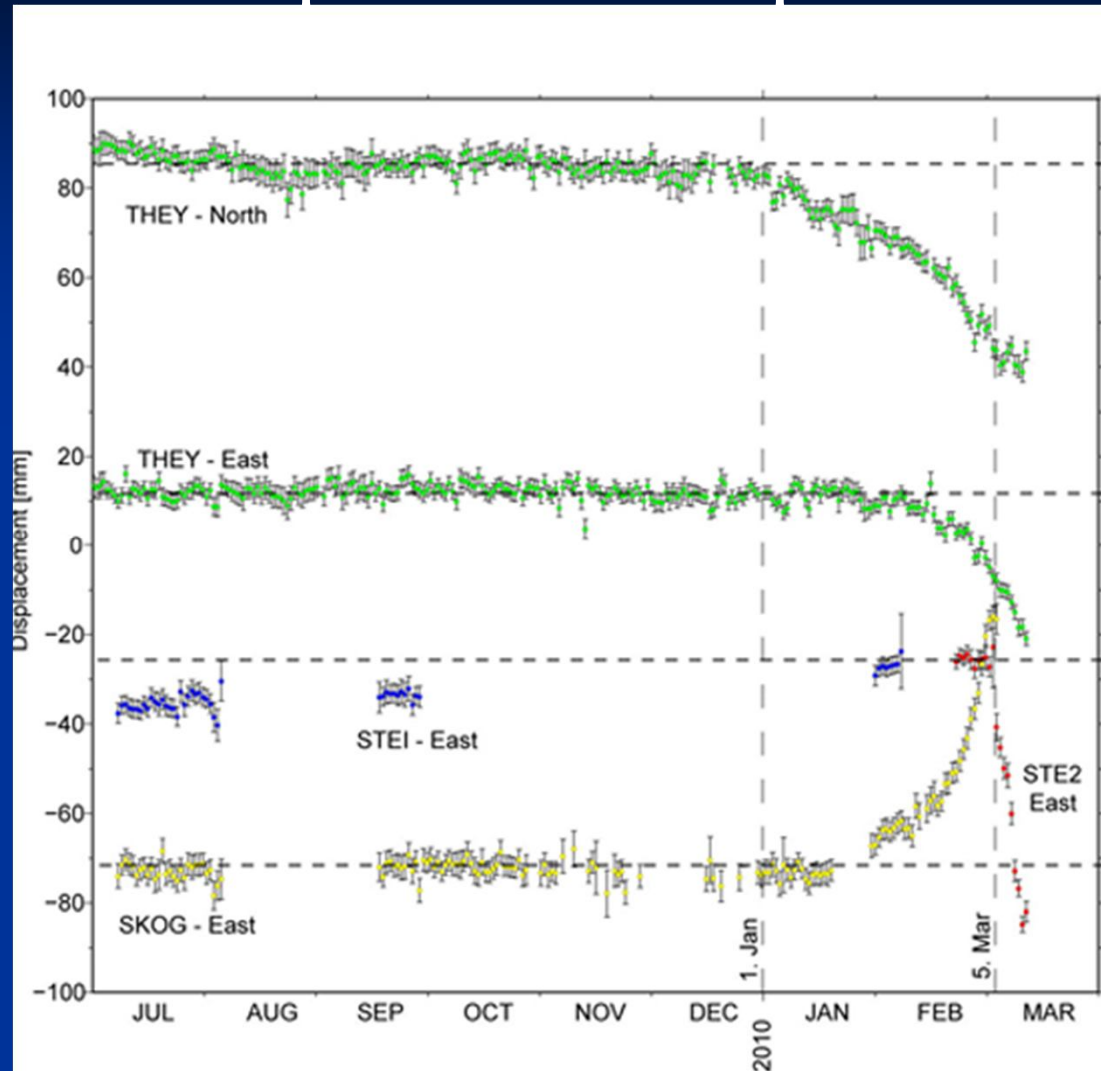






Вулкан Эйяфьоль находится под ледником Эйяфьялайокуль

Прогноз извержения в марте 2010 г.



Результаты GPS измерений
в 2009-2010 гг



Sigrún Hreinsdóttir

25 марта 2010



Örvar Atli Þorgeirsson

<http://www.flickr.com/people/orvaratli/>



Örvar Atli Þorgeirsson

<http://www.flickr.com/people/orvaratli/>



Örvar Atli Þorgeirsson

<http://www.flickr.com/people/orvaratli/>

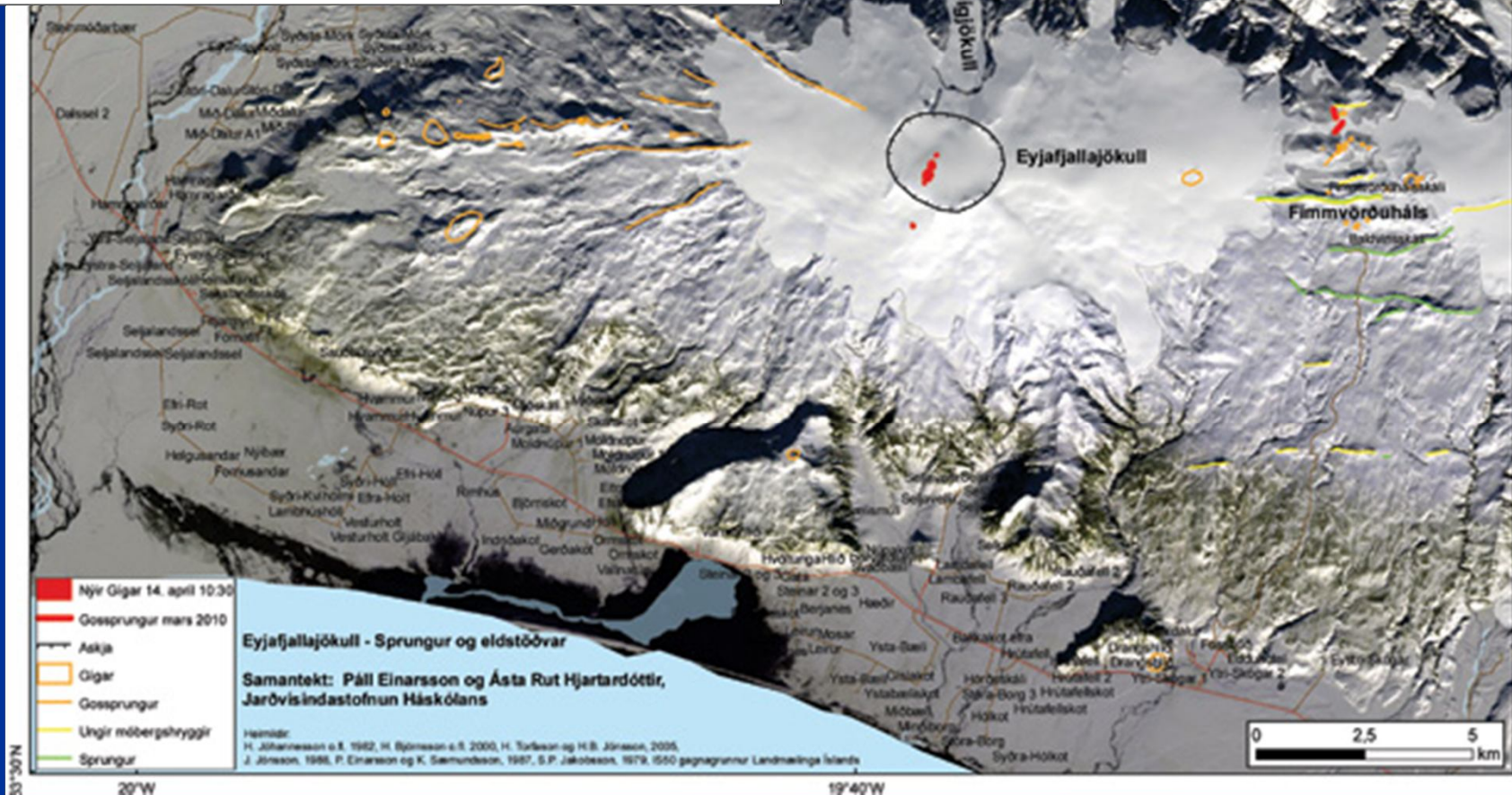
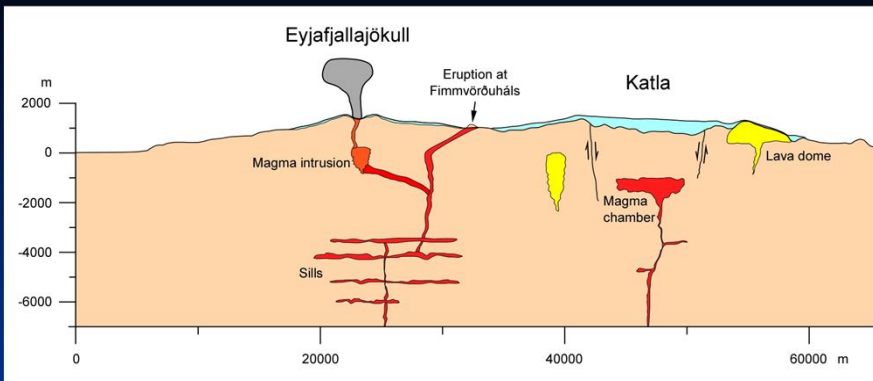


Skarphéðinn Þráinsson



Skarphéðinn Þráinsson

Skarphéðinn Þráinsson



Состояние на 15 апреля

16 апреля



Örvar Atli Þorgeirsson

<http://www.flickr.com/people/orvaratli/>

17 апреля



Örvar Atli Þorgeirsson

<http://www.flickr.com/people/orvaratli/>

Von Frank Senftleben und Tim Thorer



Вулканический пепел над Европой



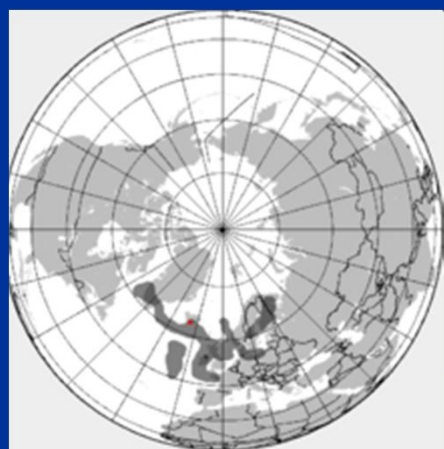
Kenilworth, Warwickshire, 17.04.10



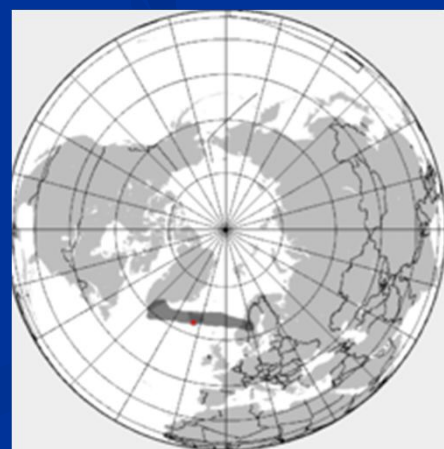
Tyne Valley in northern England, 16.04.10



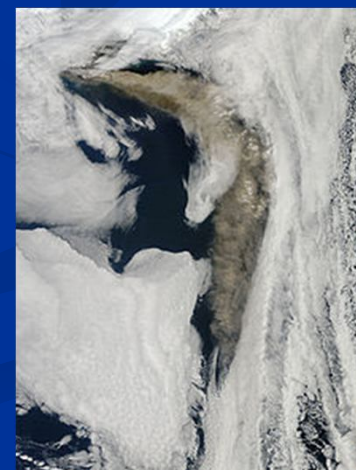
16 апреля 2010



22 апреля 2010



25 апреля 2010

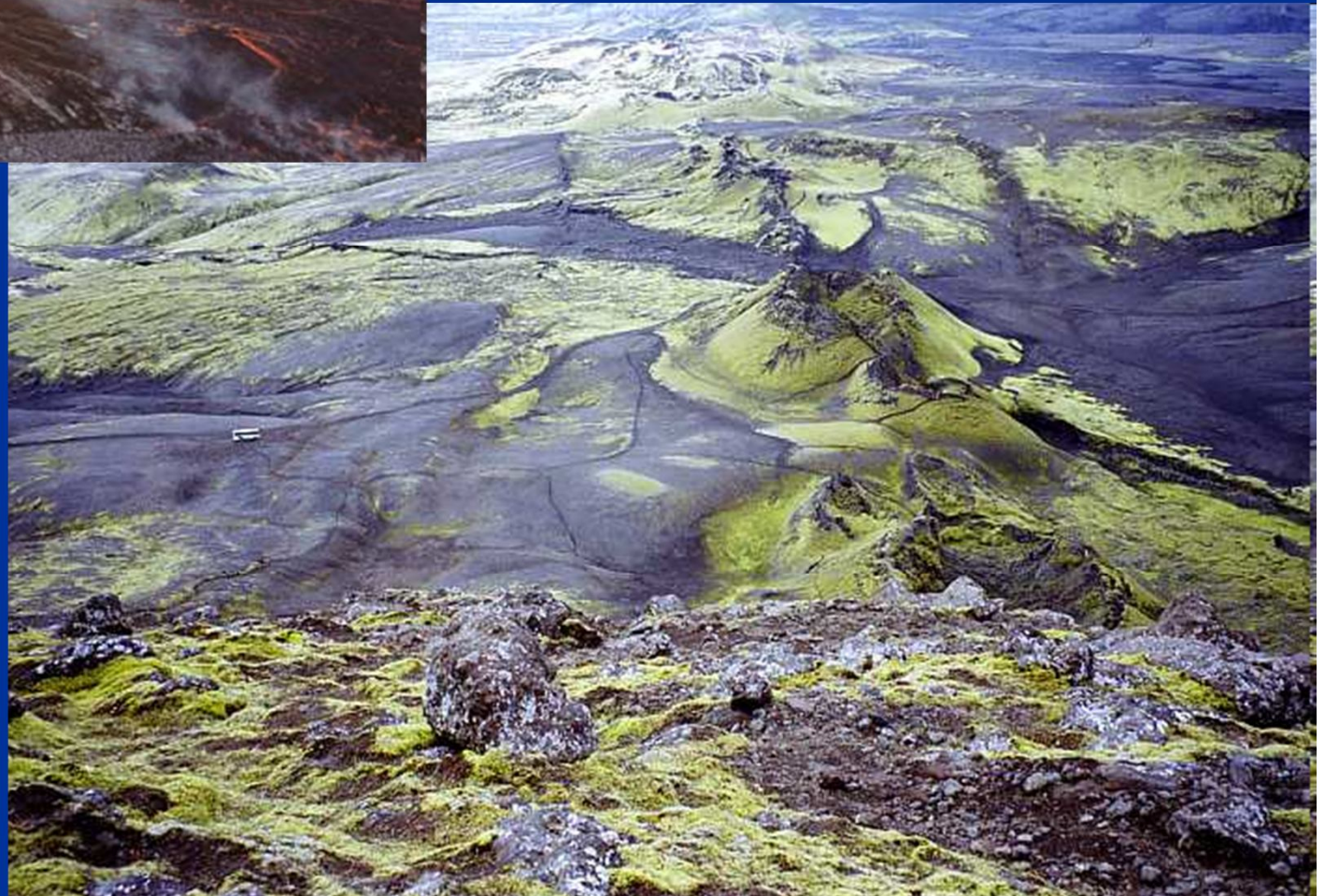


5 мая 2010



Крафла, 1983?

Извержение 1783.
Трещина Лаки.
Длина разлома 25 км.
площадь покрытая
лавой 600 км².
объем магмы 11 км³.
максимальная длина
потока 56 км.

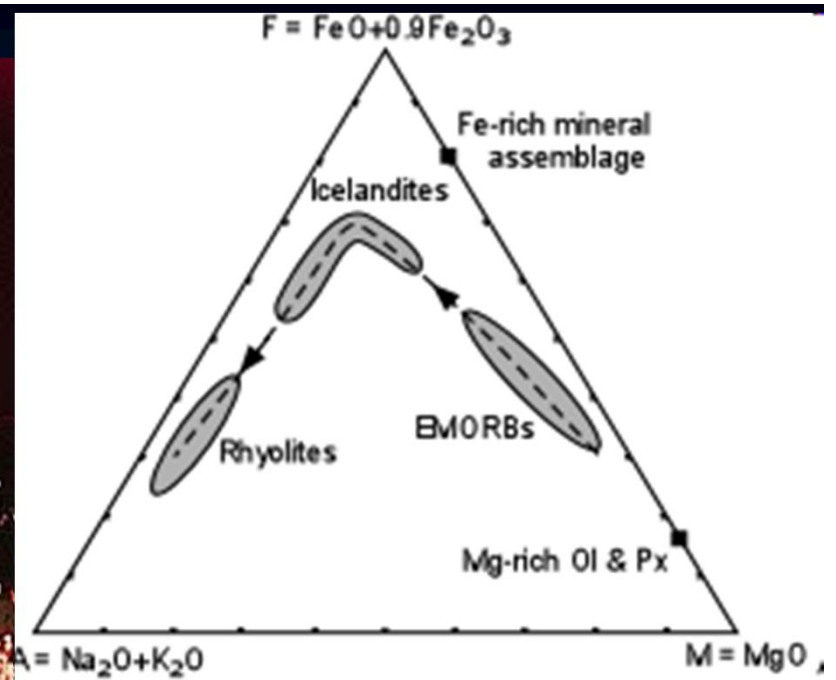
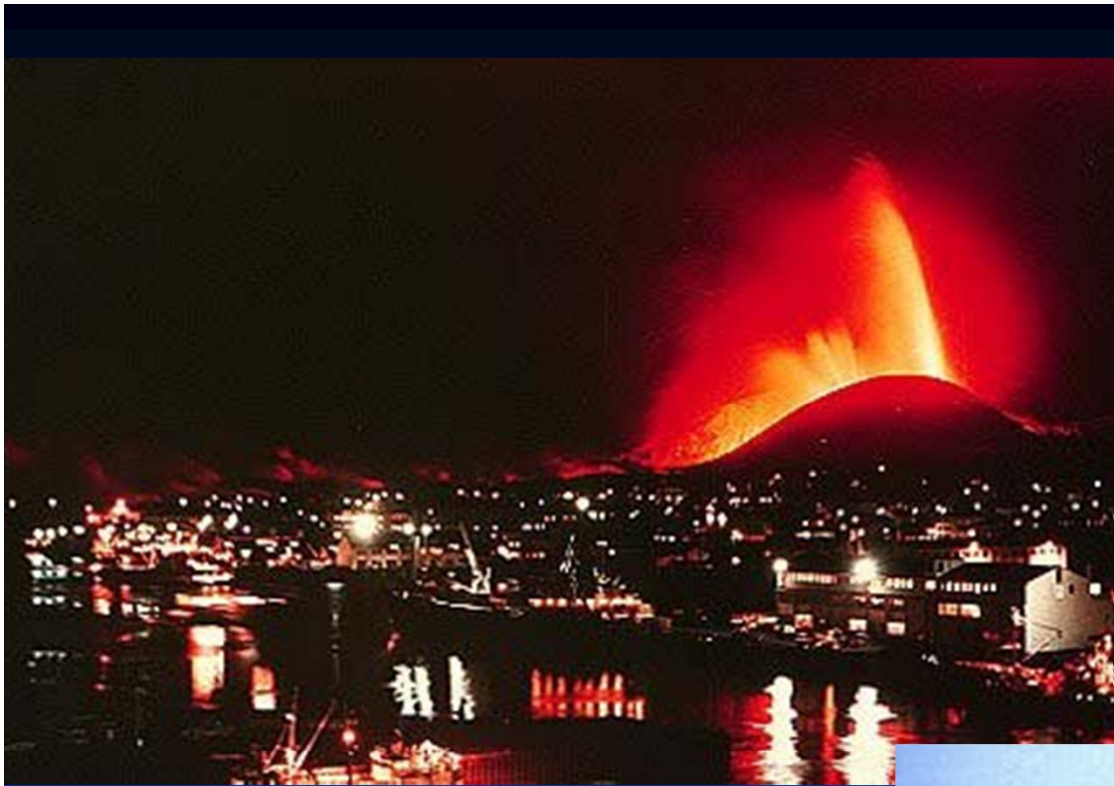


Gjalp vent 1998



Гекла, 1991





Остров Хеймайен, влк. Эльдфелль, 1973



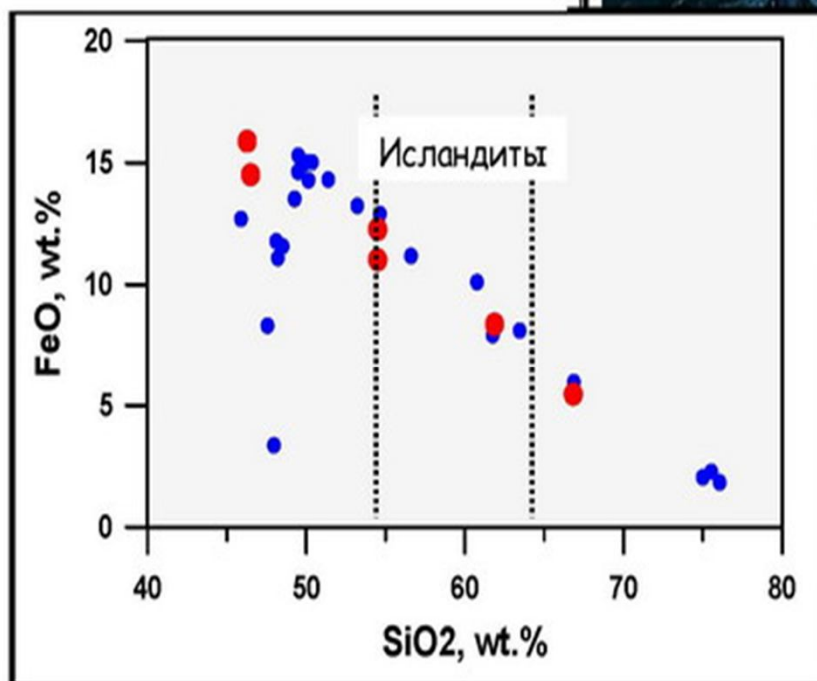
ИЗВЕРЖЕНИЕ ГОЛОЦЕНОВОГО ВУЛКАНА ГЕКЛА

Высота: 1491 м

Преобладают: исландиты, дациты

Глубина очага: 8 км

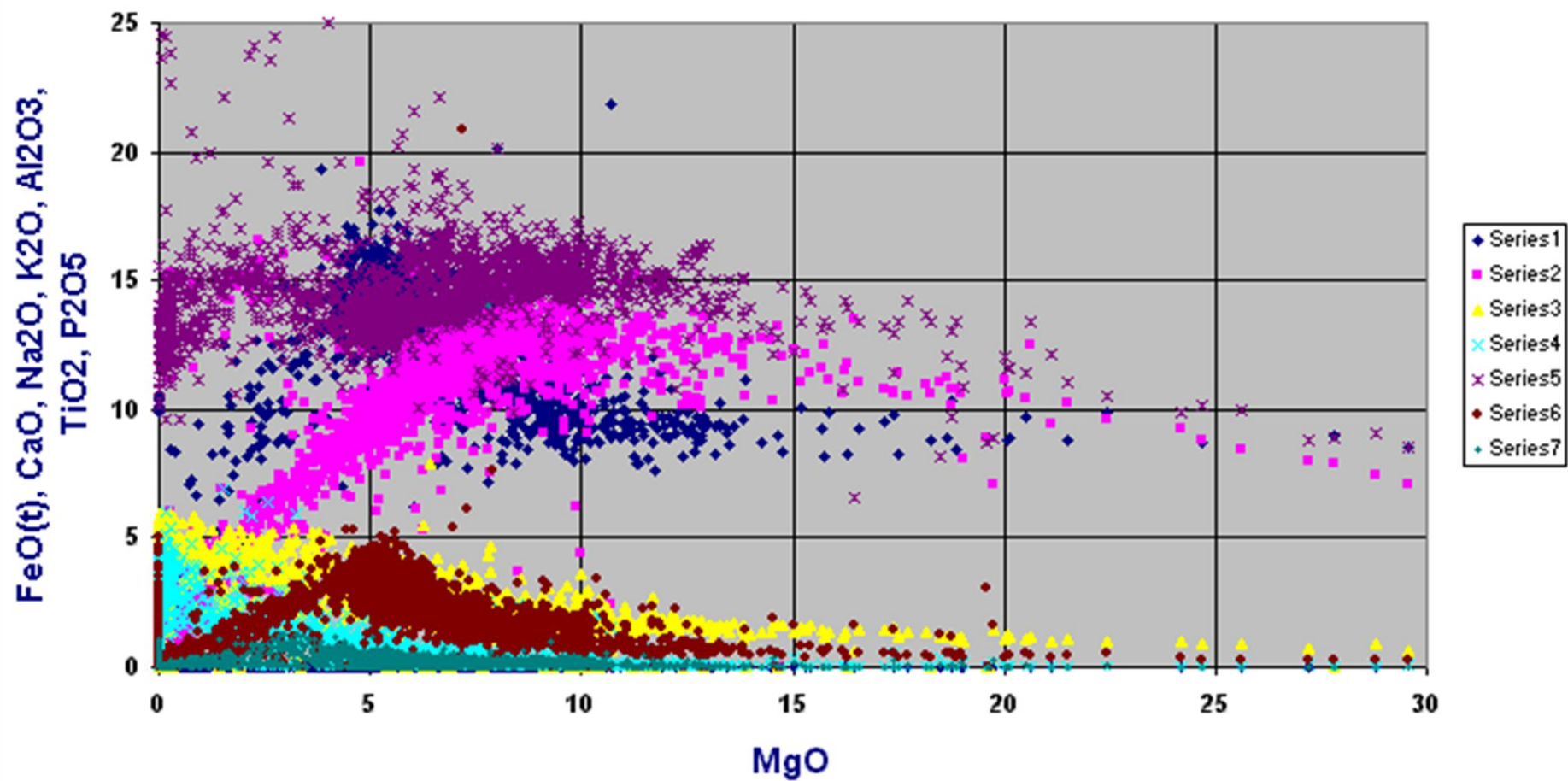
С XII века: 8 км³ лавы и 7 км³ тефры



ПЕТРОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ТОЛЕИТОВЫХ СЕРИЙ ИСЛАНДИИ

- Гекла (Hekla)
- Тингмули (Thingmuli)

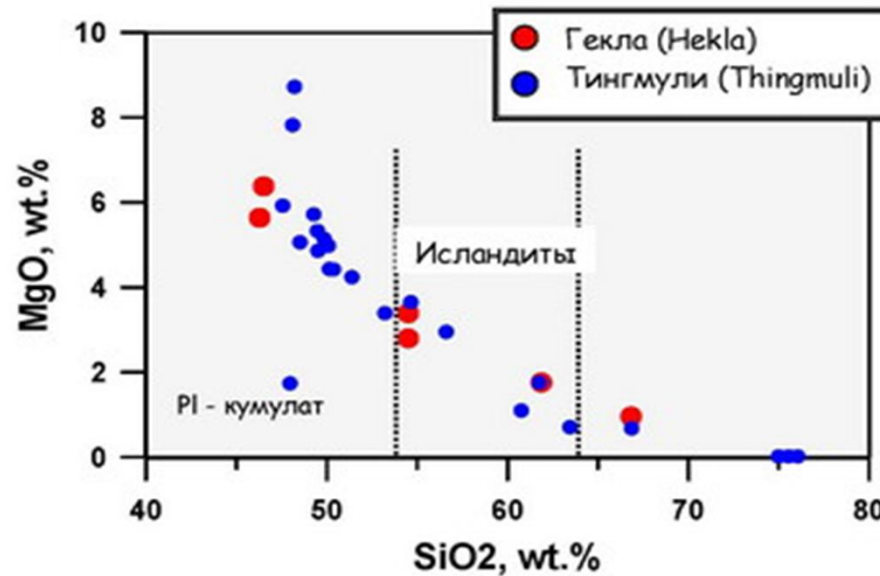
ICELAND - ALL



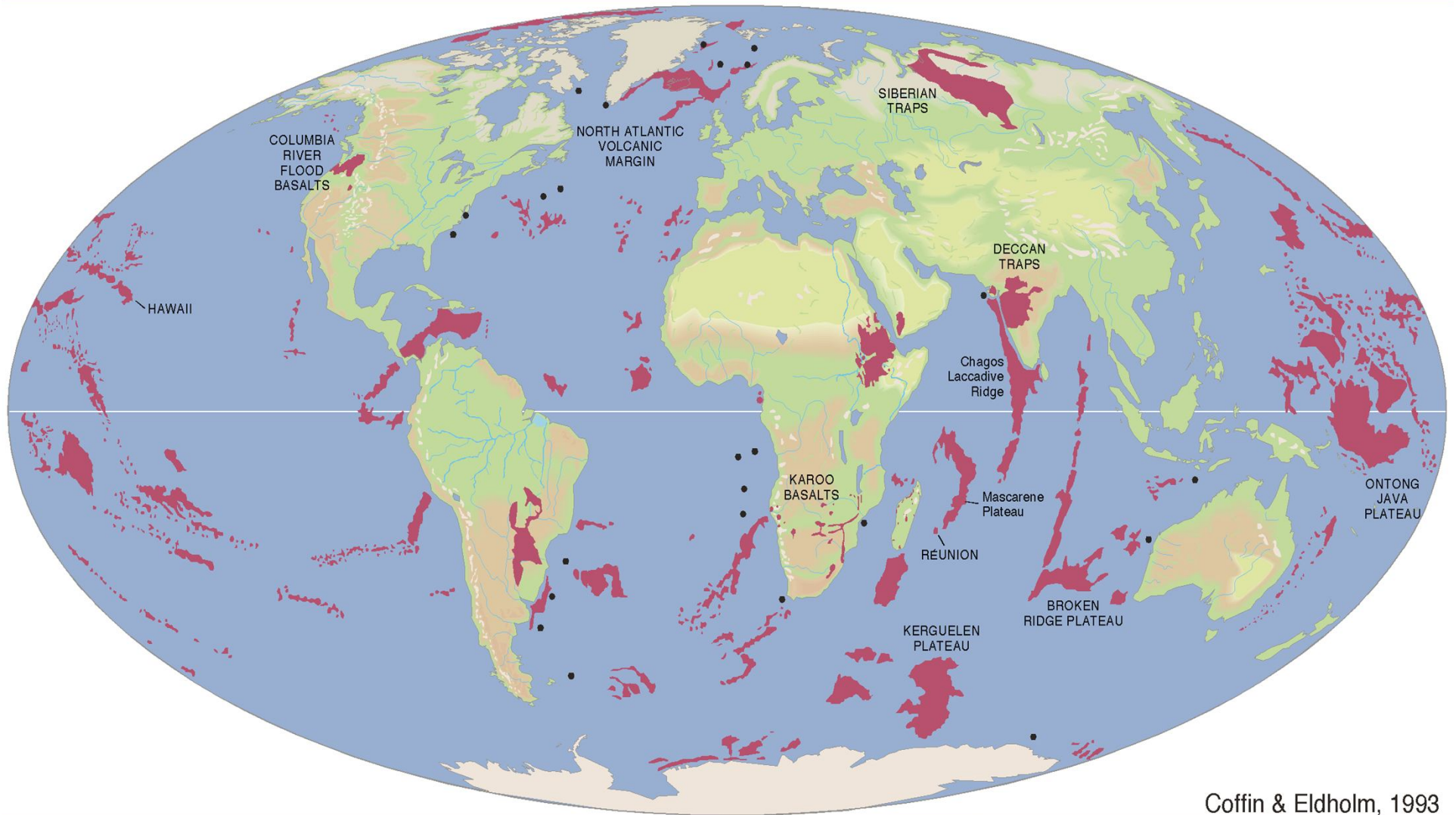
ОТНОСИТЕЛЬНЫЕ ПРОПОРЦИИ ВУЛКАНИТОВ
ИСТОРИЧЕСКИХ ИЗВЕРЖЕНИЙ ИСЛАНДИИ

| | Лавы, км ³ | Тефры, км ³ | Процент |
|--------------|-----------------------|------------------------|------------------|
| Основные | 25 | 6 | 74 |
| Средние | 7 | 1 | 19 |
| Кислые | 0.3 | 2.8 | 7 |
| ВСЕГО | 32.3 | 9.8 | 42.1=100% |

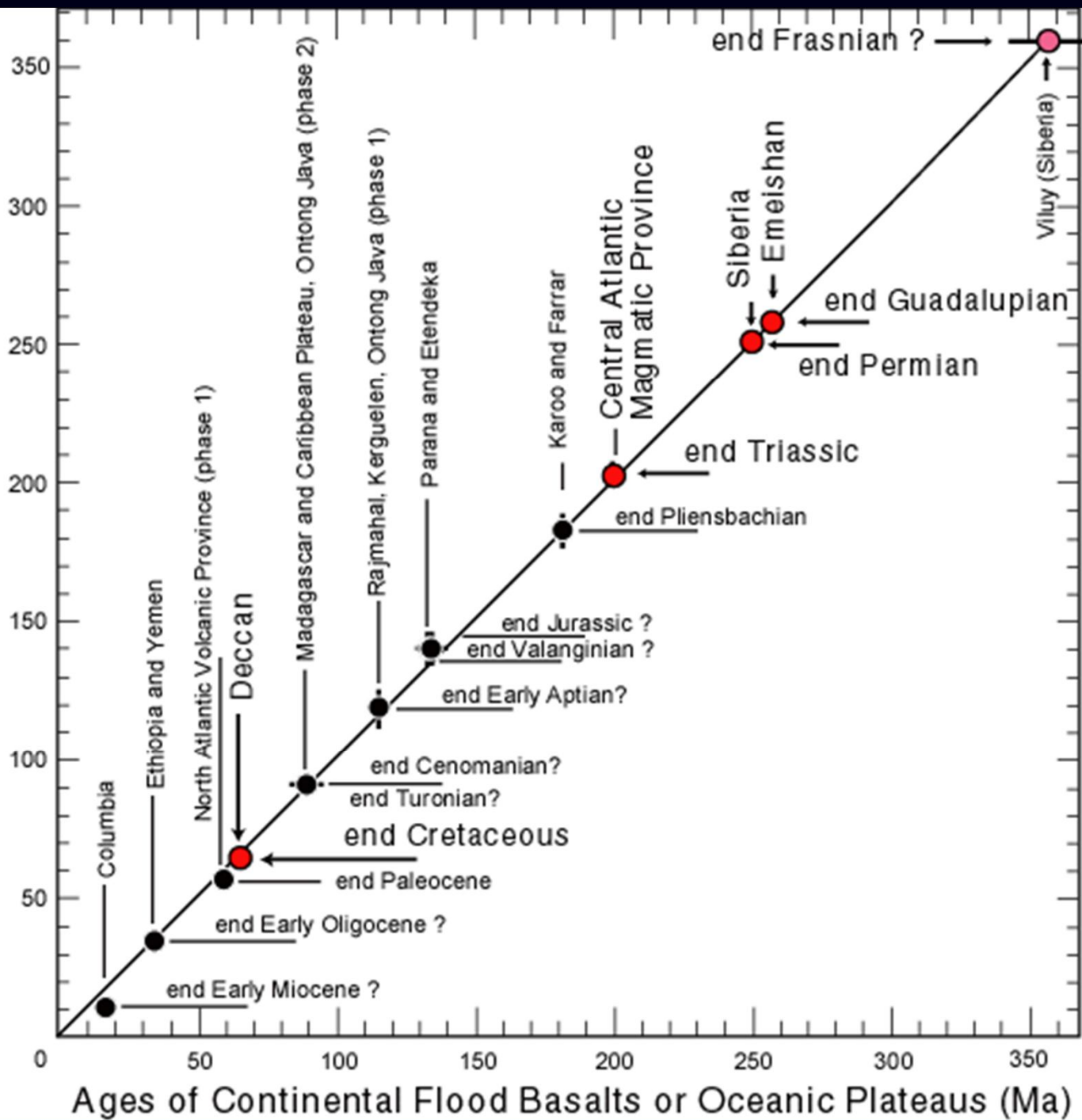
ПЕТРОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ДИФФЕРЕНЦИРОВАННЫХ
ТОЛЕИТОВЫХ СЕРИЙ ИСЛАНДИИ



Global map of Large Igneous Provinces



Ages of Mass Extinctions, Oceanic Anoxia Events and Geological Time Scale Boundaries (Ma)



Конец...

