

Общая тема:

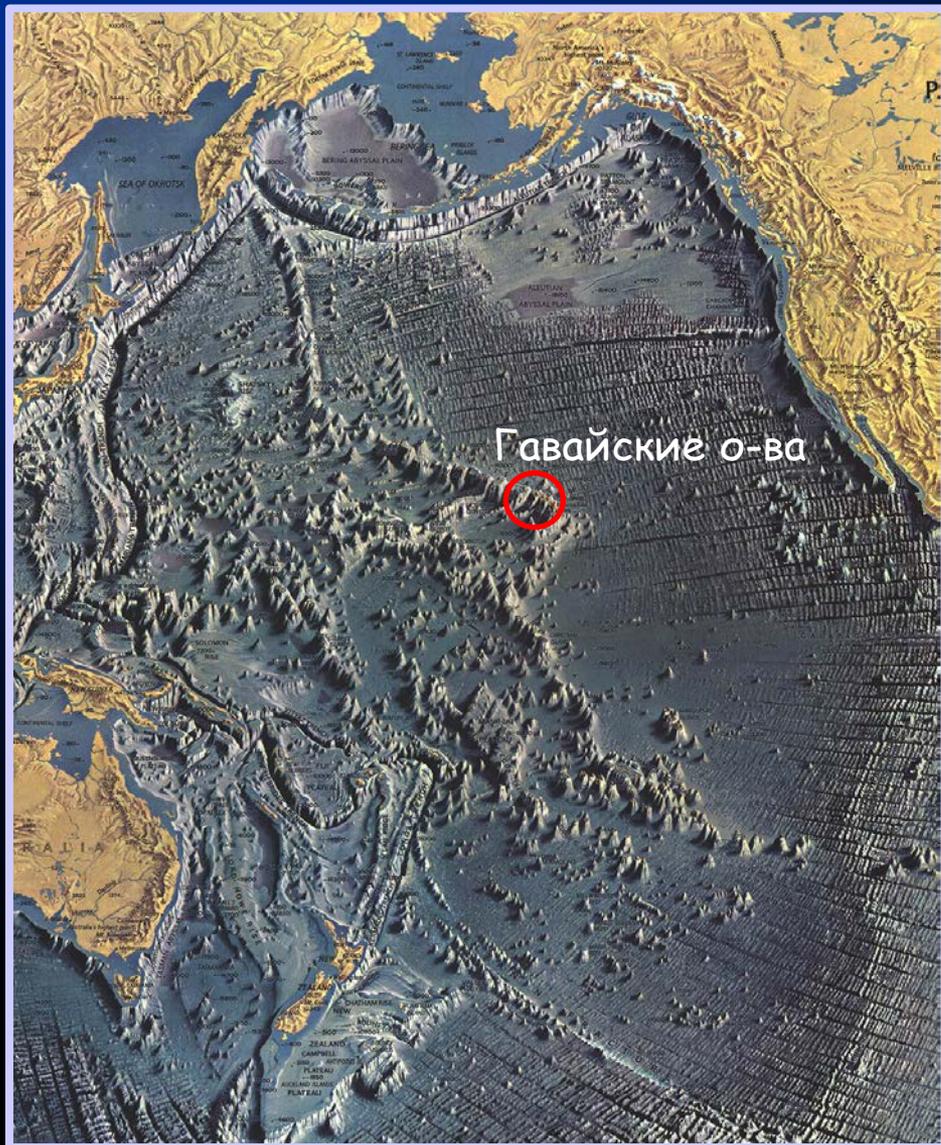
МАГМАТИЧЕСКИЕ ФОРМАЦИИ ОКЕАНИЧЕСКИХ ОСТРОВОВ

Лекция № 15

ВНУТРИПЛИТНЫЙ МАГМАТИЗМ и типоморфные серии горячих точек



Примеры архипелагов океанических островов вулканического происхождения



Океанические о-ва как крупнейшие вулканические структуры Земли

Плавание Колумба 1492 г.

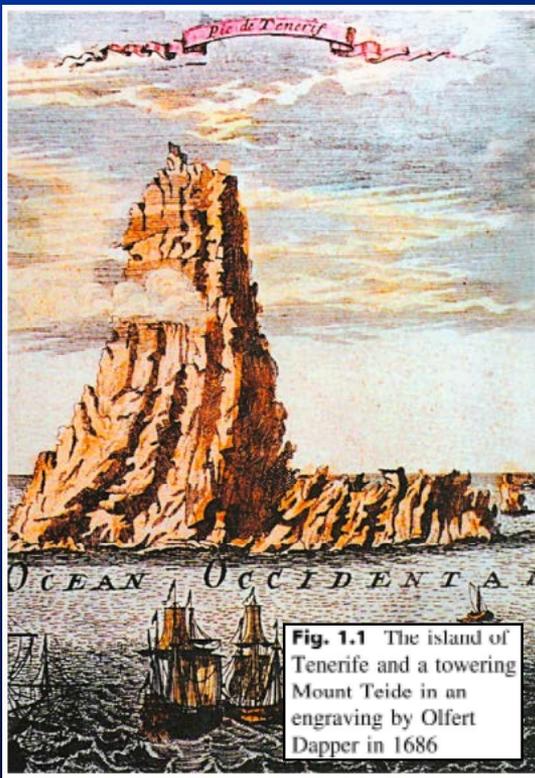
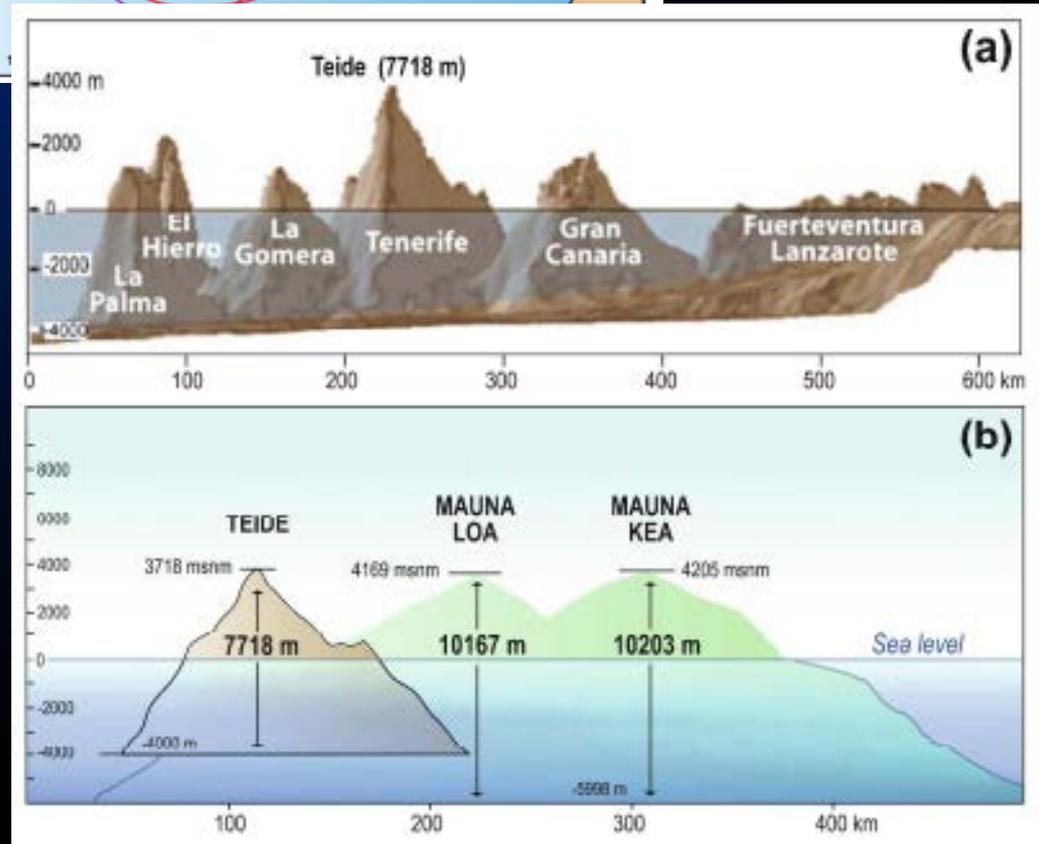
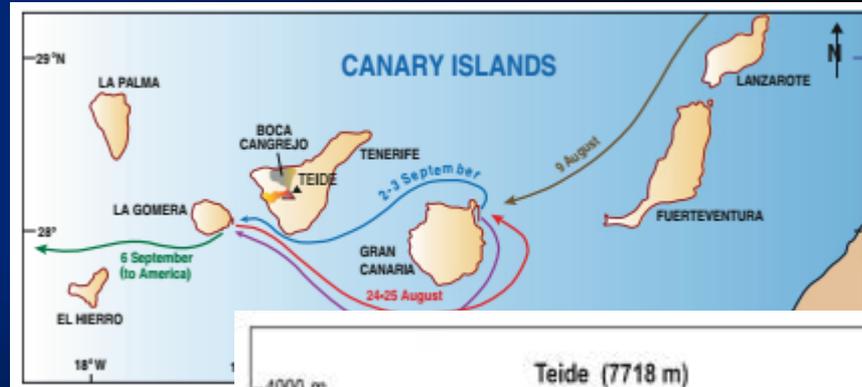


Fig. 1.1 The island of Tenerife and a towering Mount Teide in an engraving by Olfert Dapper in 1686

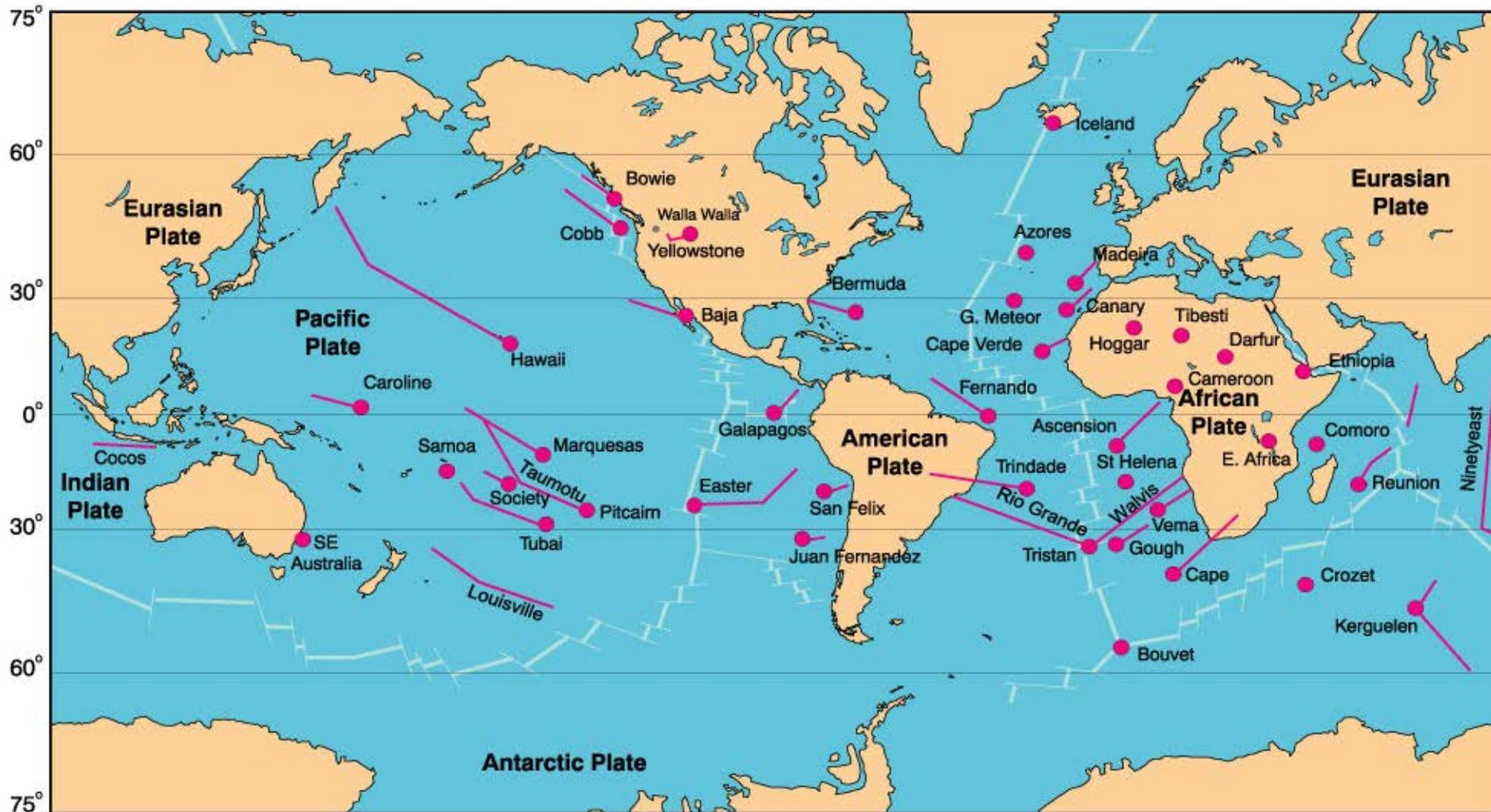


Сравнение размеров вулканов Тейде на Тенерифе с вулканами Мауна Лоа и Мауна Кеа на Гавайях



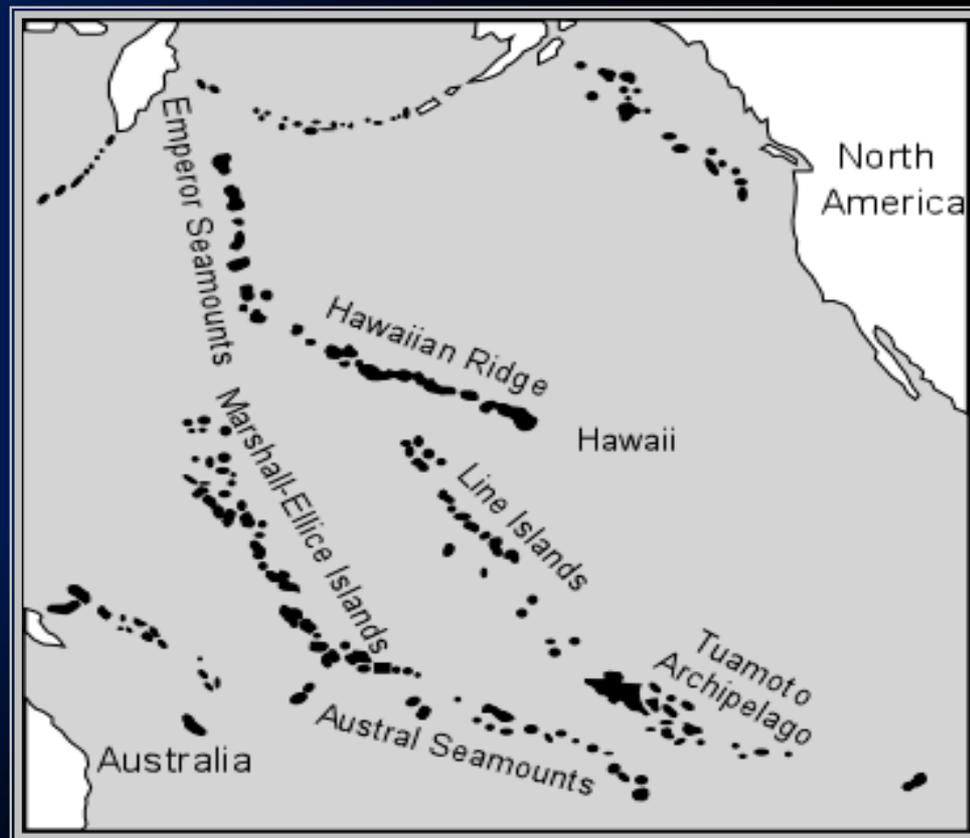
Распределение горячих точек по поверхности Земли:

*океанические острова, подводные хребты и
внутриконтинентальные области*



Главные положения концепции "горячих точек"

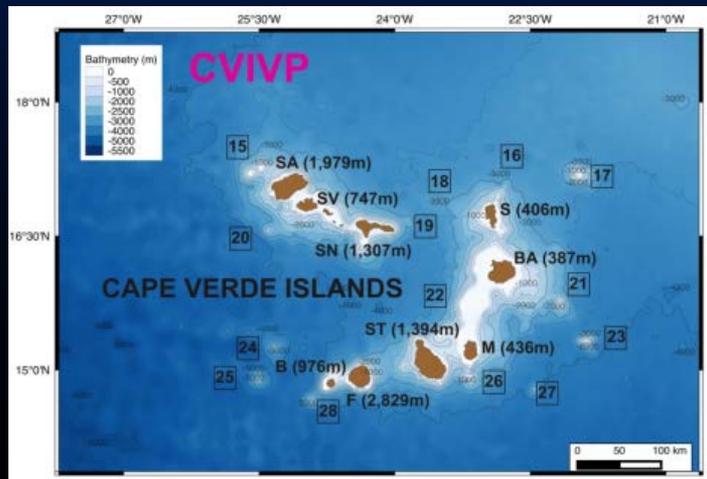
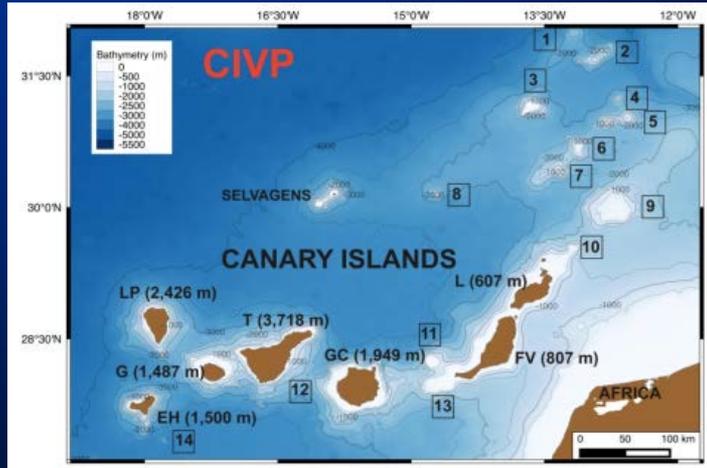
1. Наличие долгоживущего и фиксированного относительно геосферы мантийного источника
2. Идея "прожигания проплывающей над магматическим каналом" плиты
3. Подводные хребты как след этих вулканических процессов



Противоречия

1. Различия скоростей движения отдельных участков в пределах одной и той же плиты
2. Наличие вулканических архипелагов изометрической формы

Канарские о-ва и Зеленого мыса (Capo Verde)



Другие противоречия "классической" теории

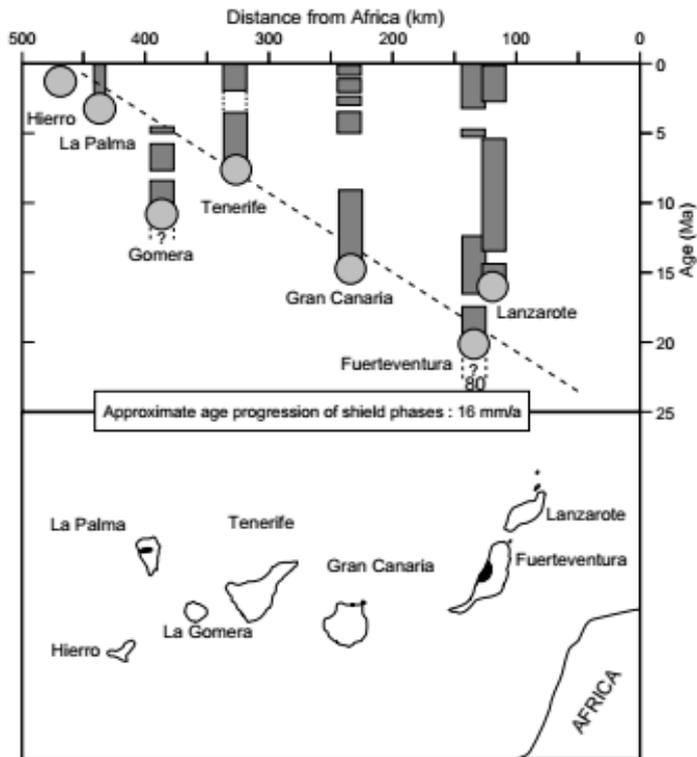
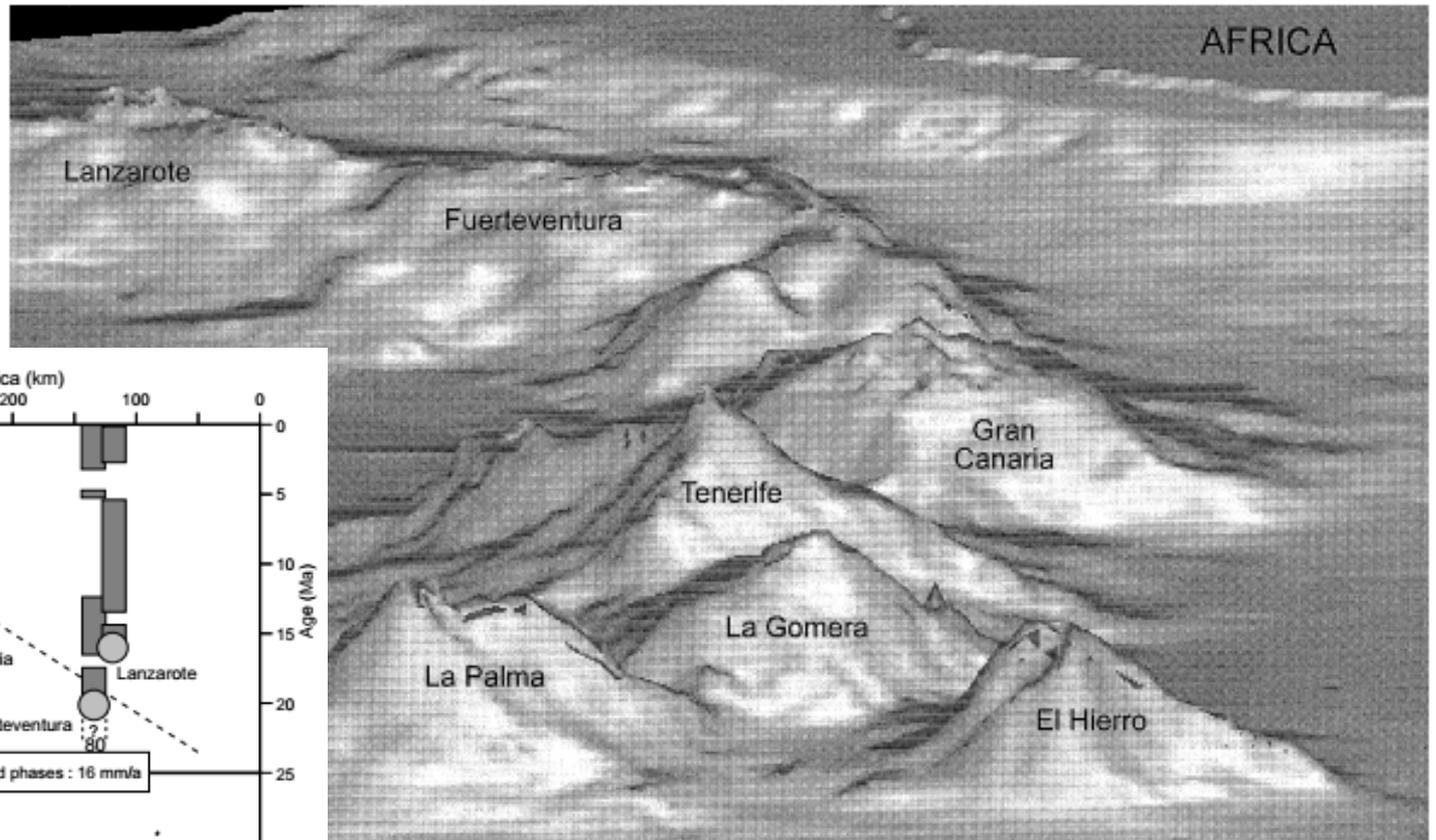


Figure 1. Bathymetric map (bathymetry from Hunter et al., 1983) of the Canary Islands viewed from the east. Note the topographic features, due in the Canaries mainly to mass-wasting.

Распределение горячих точек по поверхности Земли:

*океанические острова, подводные хребты и
внутриконтинентальные области*

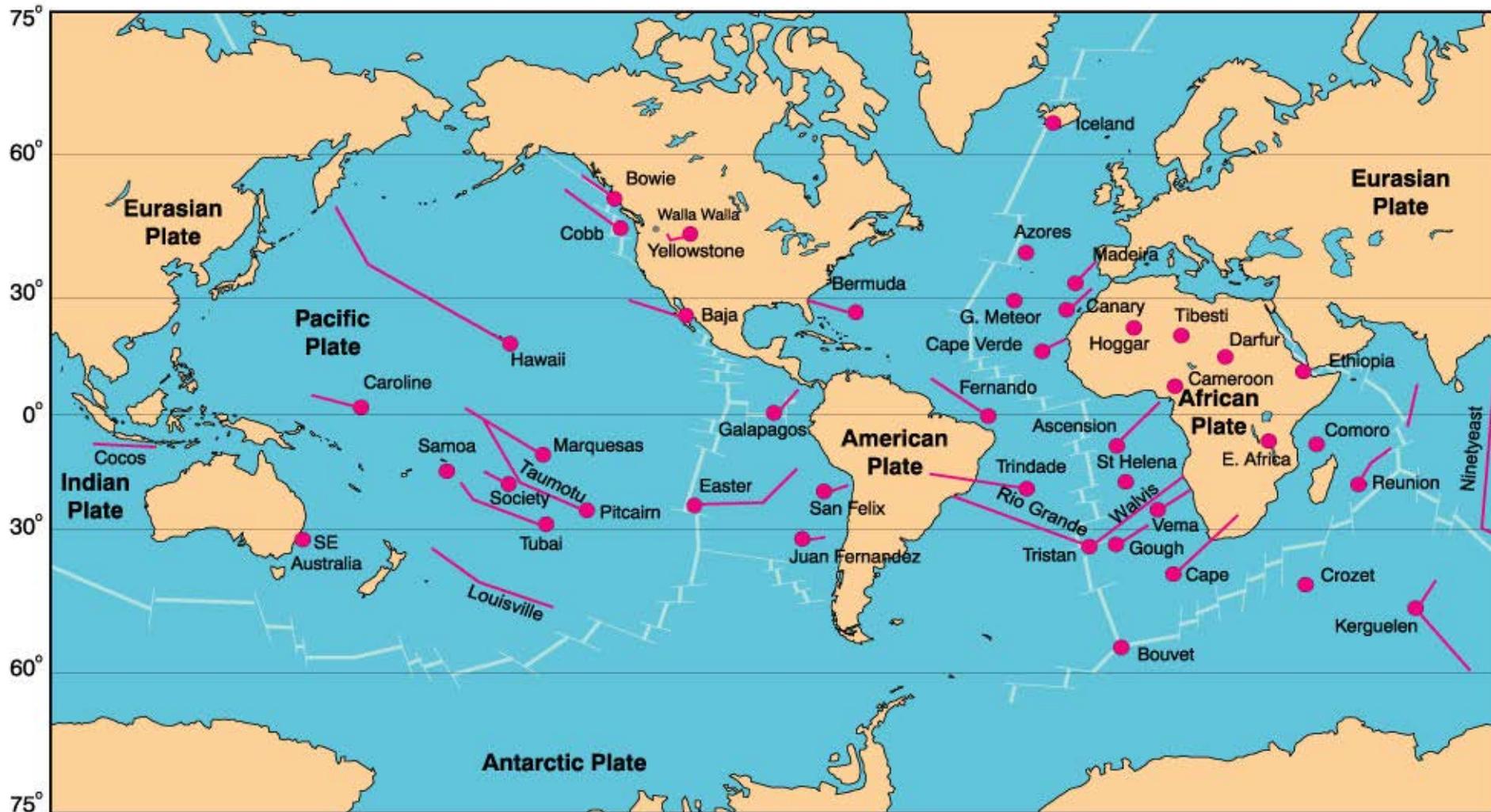
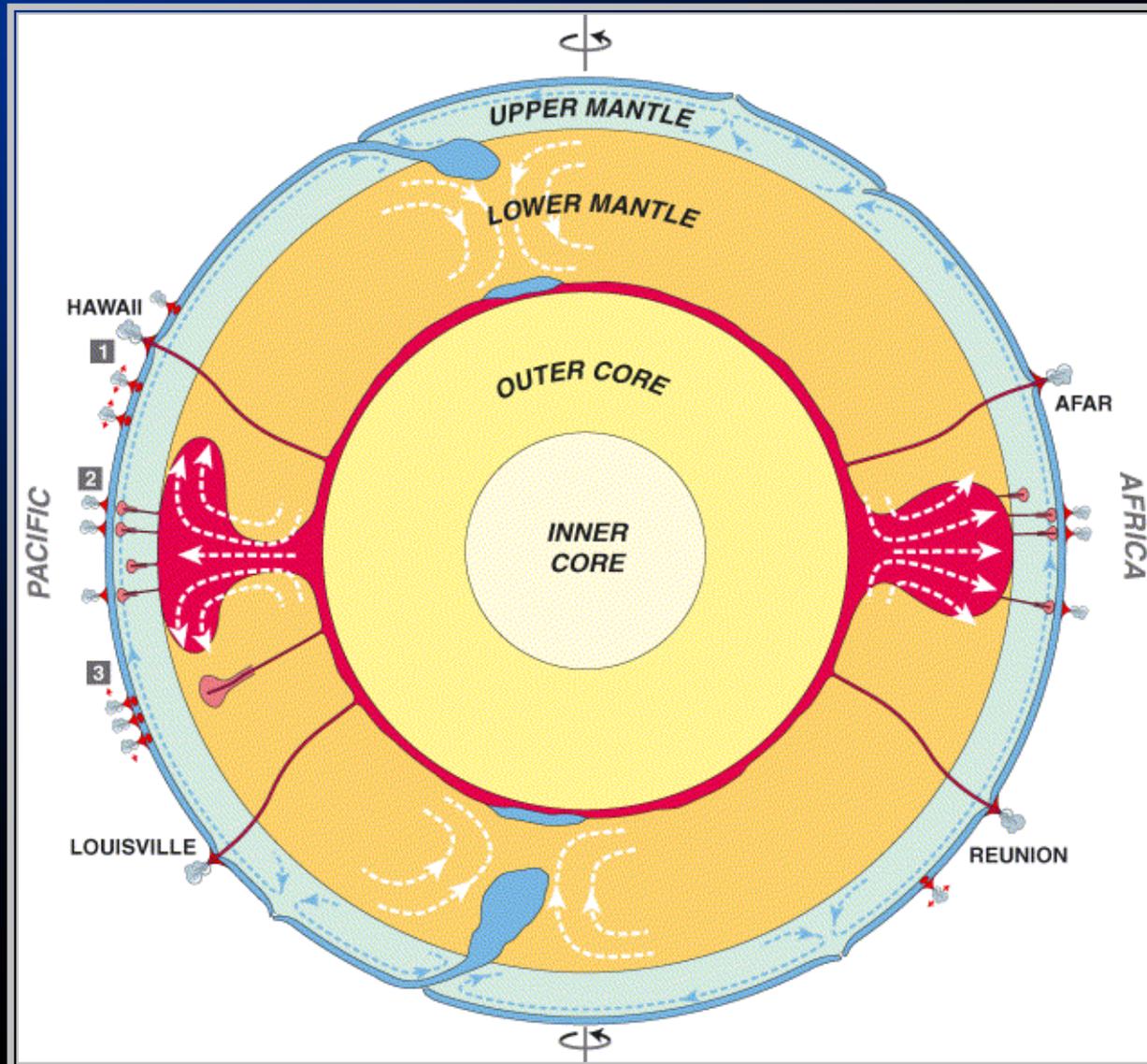
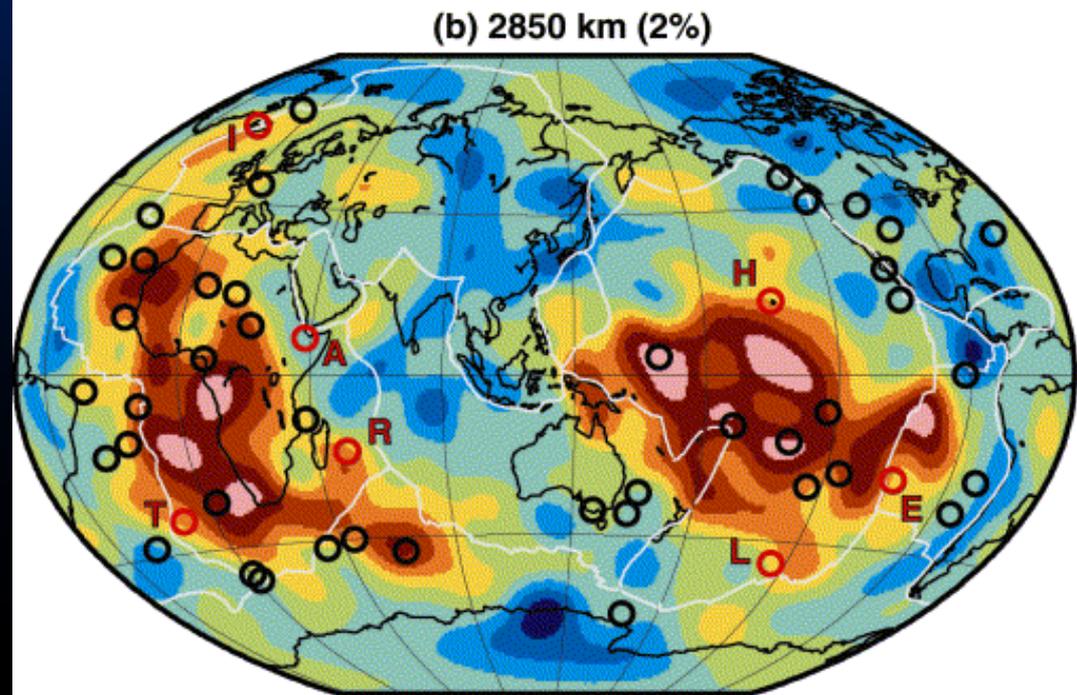
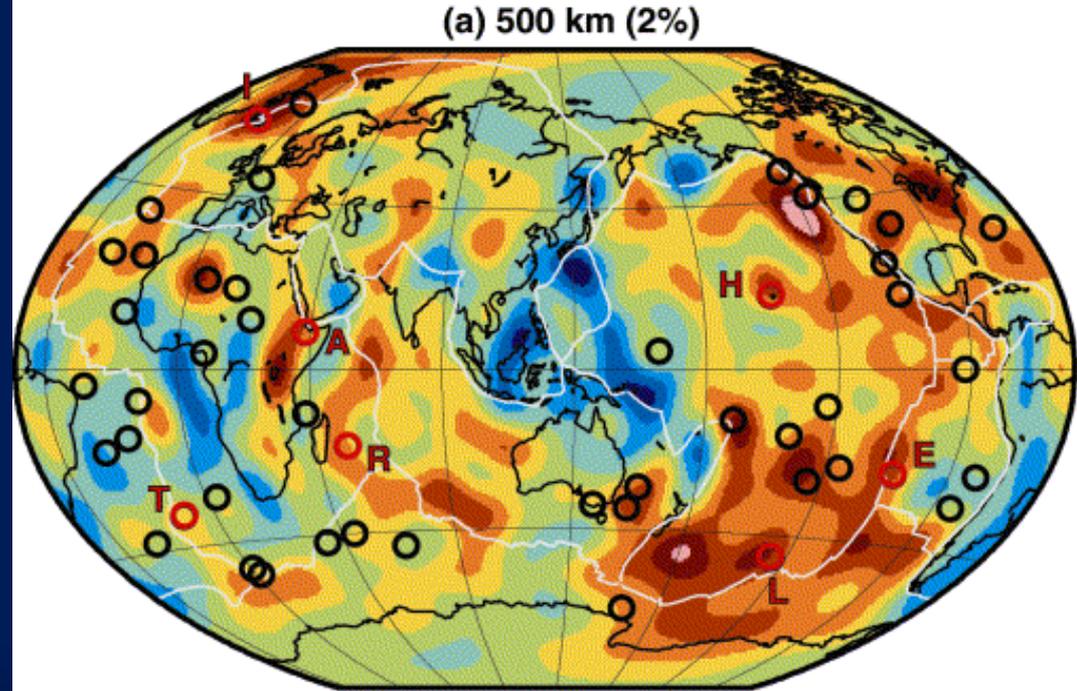


Схема зарождения глобальных плюмов как результат конвекции в мантии



Данные сейсмической томографии



Распределение относительных температур в недрах Земли

Пять главных вулканических серий горячих точек

1. Толеитовая:

от базальтов до ферродацитов

2. Натриевая субщелочная:

гавайит – муджиерит – бенморейт

3. Калиевая субщелочная:

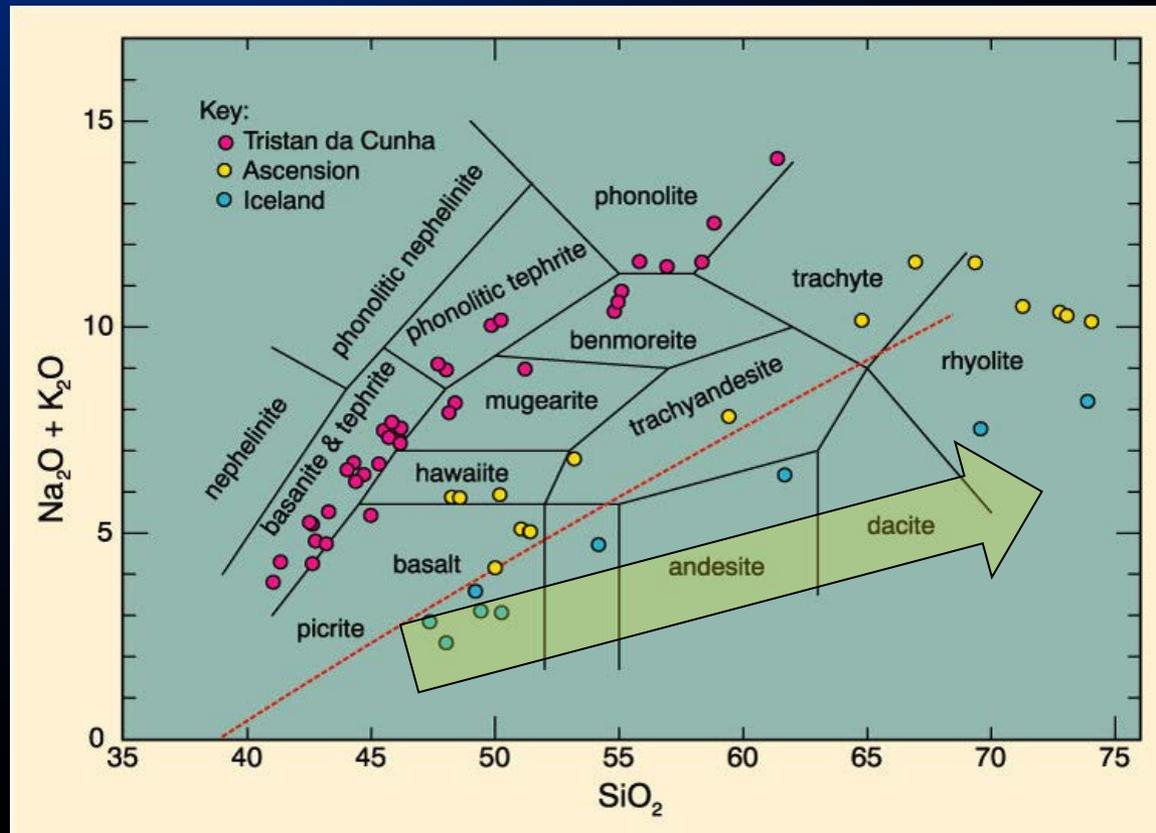
базальт – трахитовая

4. Базанит – тефрит - фонолитовая

5. Нефелинит – фонолитовая

Толетовая серия

- В качестве наиболее примитивных пород она может включать пикриты, но обычно начинается от *O*-толеитов и заканчивается кварцевыми дацитами или трахитами, иногда риолитами.
- Промежуточными членами являются *ферробазальты* и *ферроандезиты* (**исландиты**)

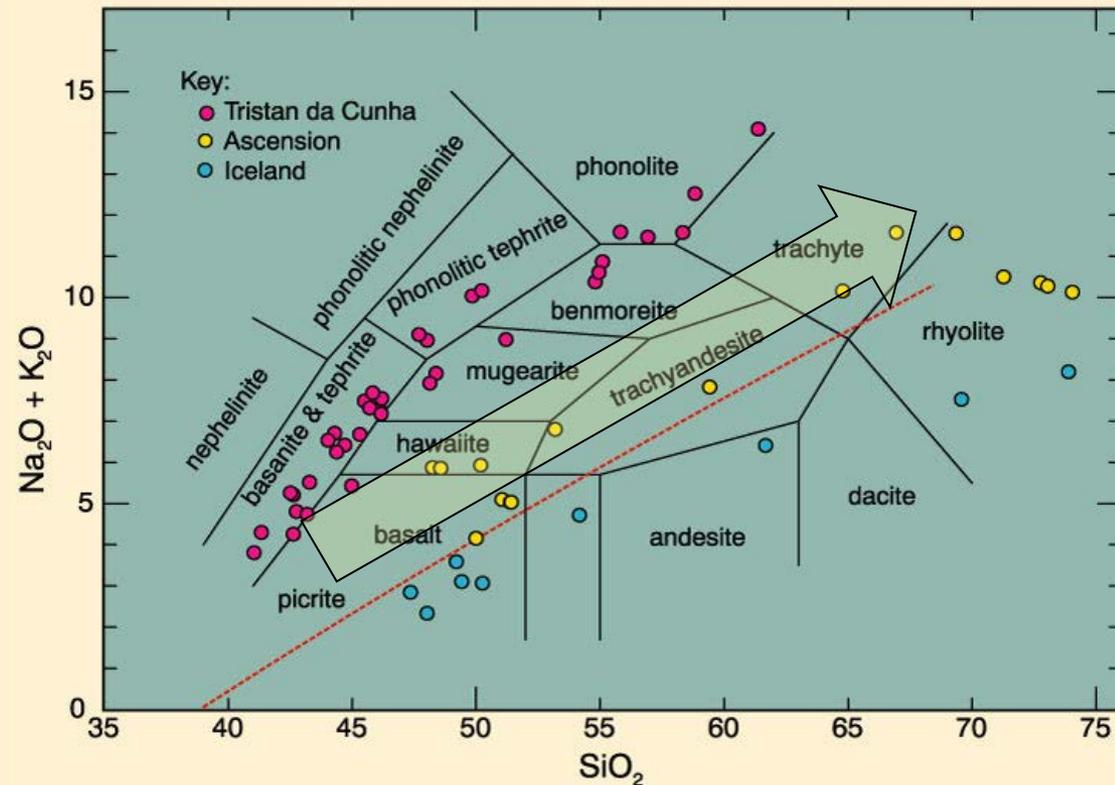


Натриевая субщелочная серия

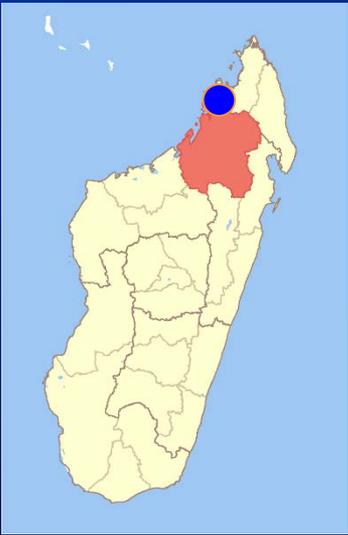
- **Анкарамиты** - это породы, где парагенезис вкрапленников представлен ассоциацией **Ol+Crpx** (причем $Crpx \geq Ol$)
- **Гавайиты** – это субщелочные базальты
- **Муджиериты** являются субщелочным эквивалентом андезито-базальтов толеитовых серий
- **Бенморейты** - породы среднего состава

- В этих ассоциациях преобладают породы основного состава (до 85%), средние составляют 10-15%, а кислые - не более 1-3%.

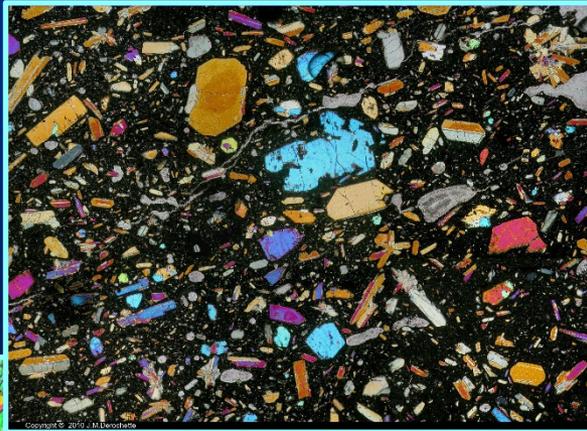
- Широко распространены на островах всех океанов и формируются обычно в наземной обстановке



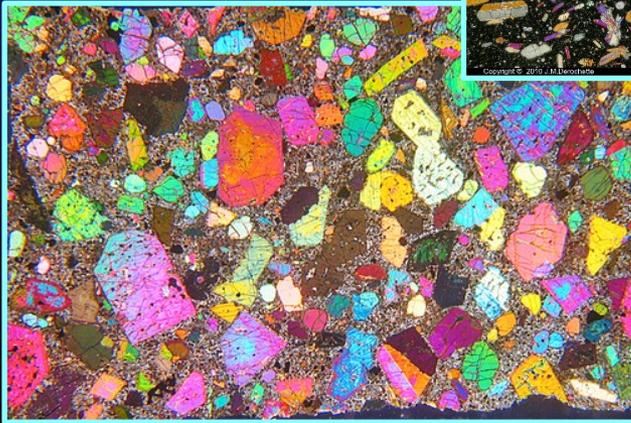
Анкарамиты → оливиновые базальты → гавайиты → муджиериты



Остров Мадагаскар



Гавайит – порода промежуточная между оливиновым базальтом (океанитом) и муджиеритом



Анкарамит с о. Фуэртевентура (Канарские о-ва)

Оливиновый базальт



Mugeariet - credit: Imperial College London

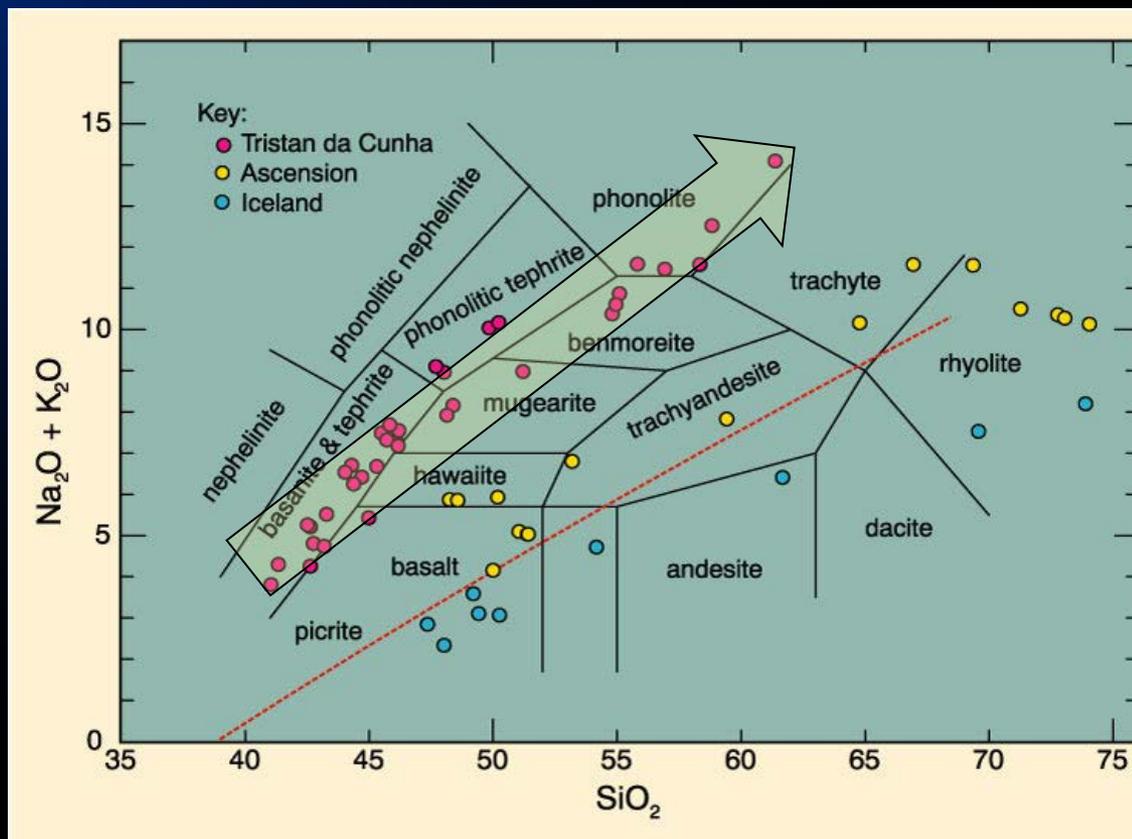
Муджиерит

Калиевая субщелочная серия

- Развита незначительно и известна всего на нескольких островах (*Кергелен, Гоф, Тристан-да-Кунья*).
- Слагающие ее породы по соотношениям щелочи – SiO_2 близки к предыдущей, но отличаются высоким содержанием калия.
- Даже в наиболее примитивных основных породах концентрация K_2O может составлять около 2 мас. %.

- Последовательность пород включает **анкарамиты, оливин-лейцитовые базальты, трахибазальты и трахиандезиты.**

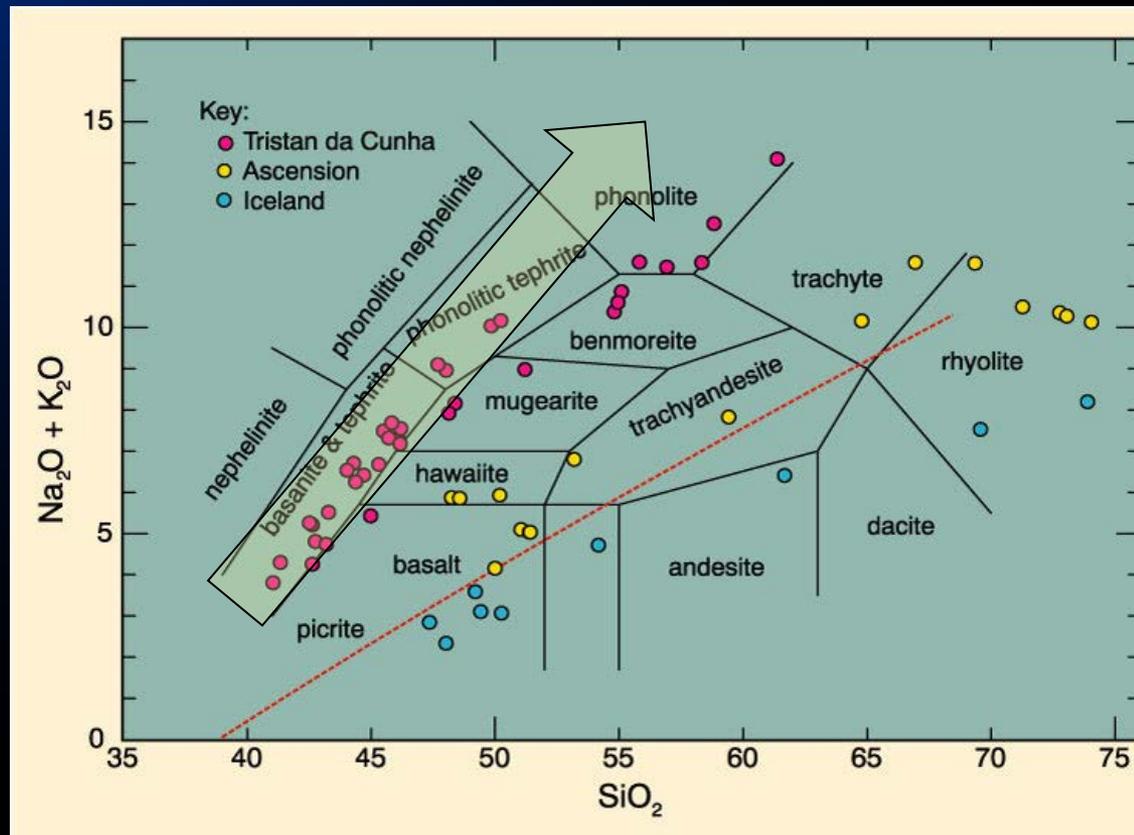
- Завершается серия трахитами или фонолитами, реже лейцитовыми тефритами



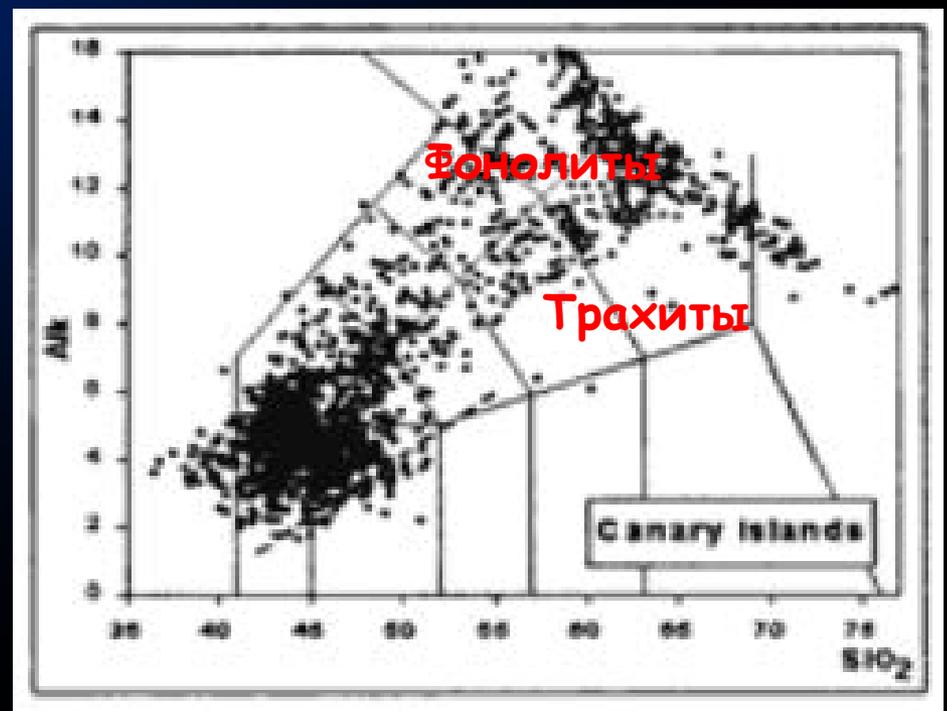
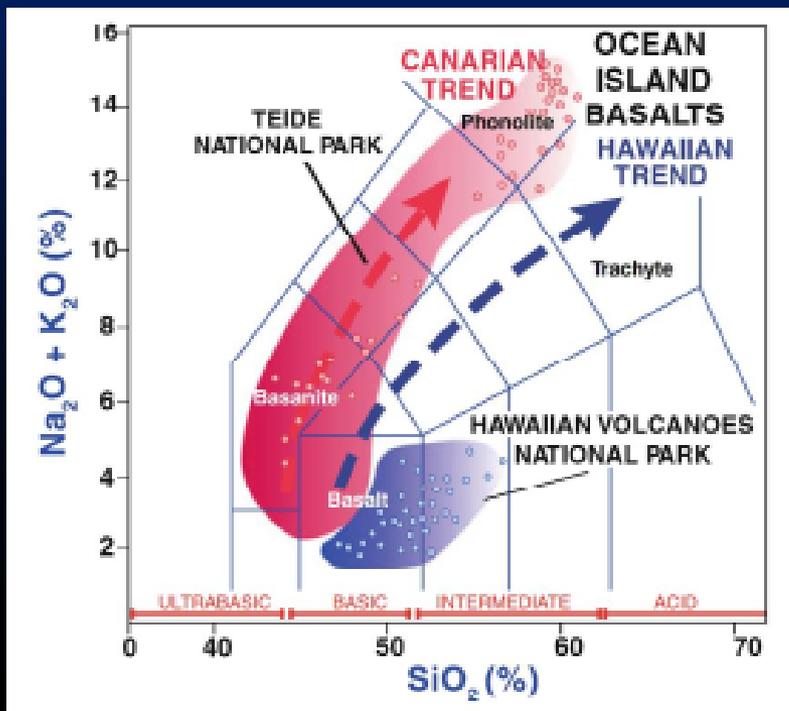
Базанит – тефрит – фонолитовая серия

- Богатые авгитом **анкарамиты** → **щелочные базальты** → **базаниты** → **тефриты**.
- **Фонолиты** и **щелочные трахиты**, как крайний продукт дифференциации, присутствуют в резко подчиненном количестве

- Ассоциации эти пород также редки.
- *Типичные проявления известны на о. Таити и островах Гвинейского залива в Атлантике*



Вулкан Тейде на о-ве Тенерифе



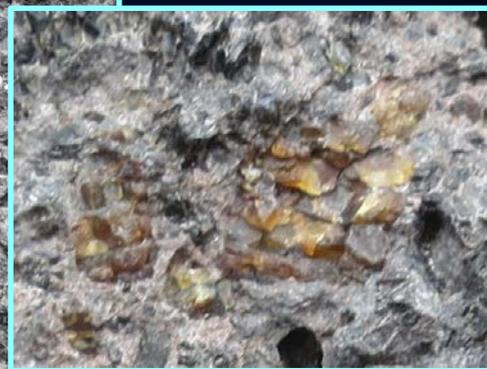
Анкарамиты Канарских островов



Памятники вождям гуанчей в Канделарии на Терерифе (с XIV века)



При ближнем рассмотрении....



Фонолиты Канарских островов



Фонолиты Тенерифе



Столбчатая отдельность фонолитов на Ла-Гомере



Пример базанитовой-фонолитовой ассоциации для извержения Montaña Reventada

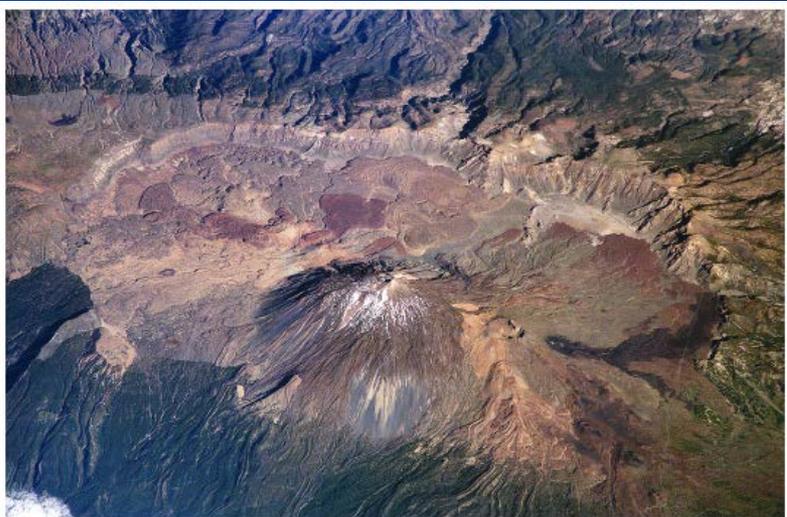


Fig. 1.3: Aerial view of the Las Cañadas Caldera with the nested complex of Teide-Pico Viejo. View towards South-South-East. Image courtesy: NASA.



Fig. 2.1: Aerial view of the 900 BP Montaña Reventada lava, light grey field denotes the extent of phonolite lavas, dark grey the underlying basanite lavas (Google Earth, coloured fields are the geological map of the post-collapse succession on Tenerife after Carracedo et al., 2008). The star indicates the location of the sampled outcrop.

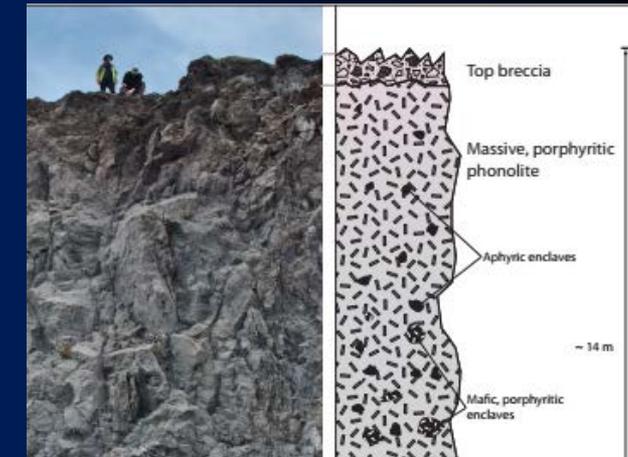


Fig. 2.2: Main outcrop of the Montaña Reventada composite flow. Note the volume relations of the basanite to the phonolite. The inset shows an opened fracture within the basanite that has been filled with phonolite.

After Wiermaier, PhD 2010

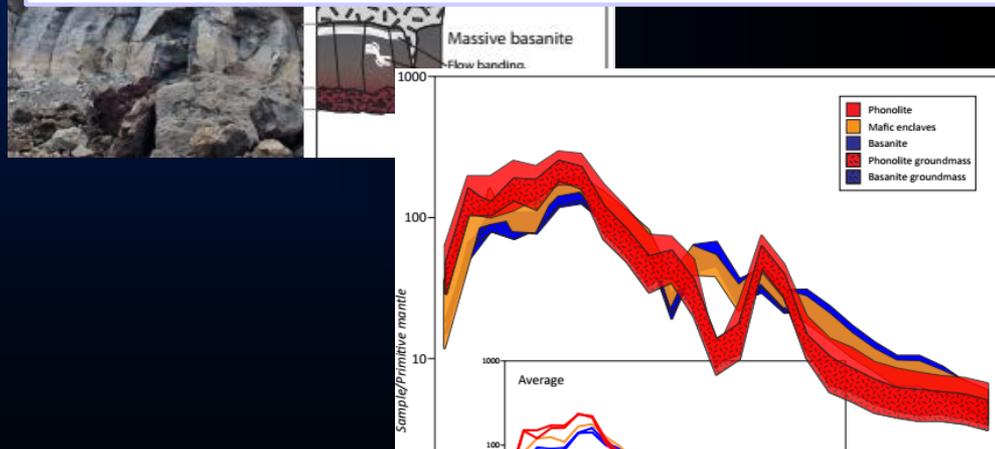
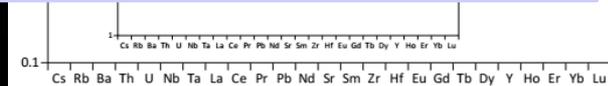


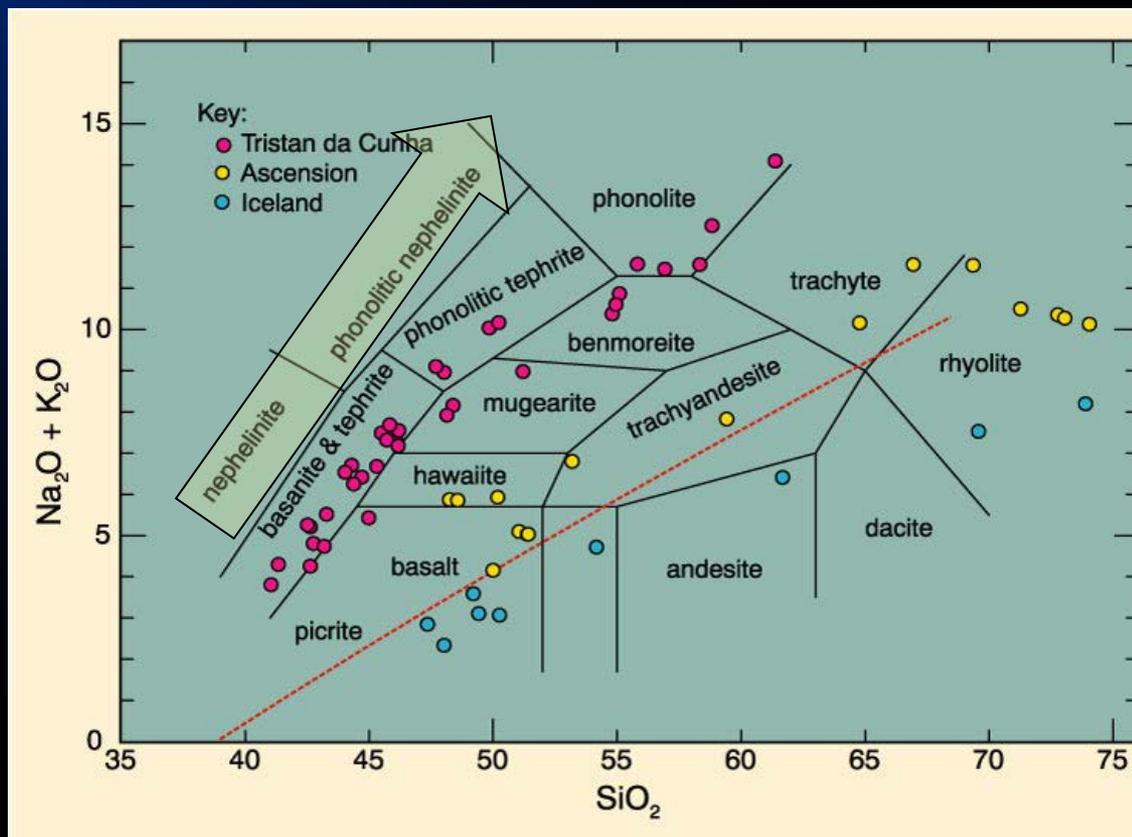
Fig. 2.9: Multi-element variation diagram of the components of the Montaña Reventada eruption. Samples normalised to primitive mantle (McDonough & Sun, 1995). Groundmass and whole-rock samples of each group are similar. Enclaves are similar to the basanites except for increased Cs, Rb, Ba, Th and Pb. Phonolites are further enriched in these elements and, moreover, have a marked negative Sr anomaly and positive Zr anomaly.



Нефелинит - фонолитовая серия

- Сложена нефелинитами, менее распространенными меланократовыми анкарами и нефелиновыми базальтами, еще реже нефелиновыми фонолитами и щелочными трахитами. Подобные ассоциации также редки, а объемы слагающих их пород незначительны.

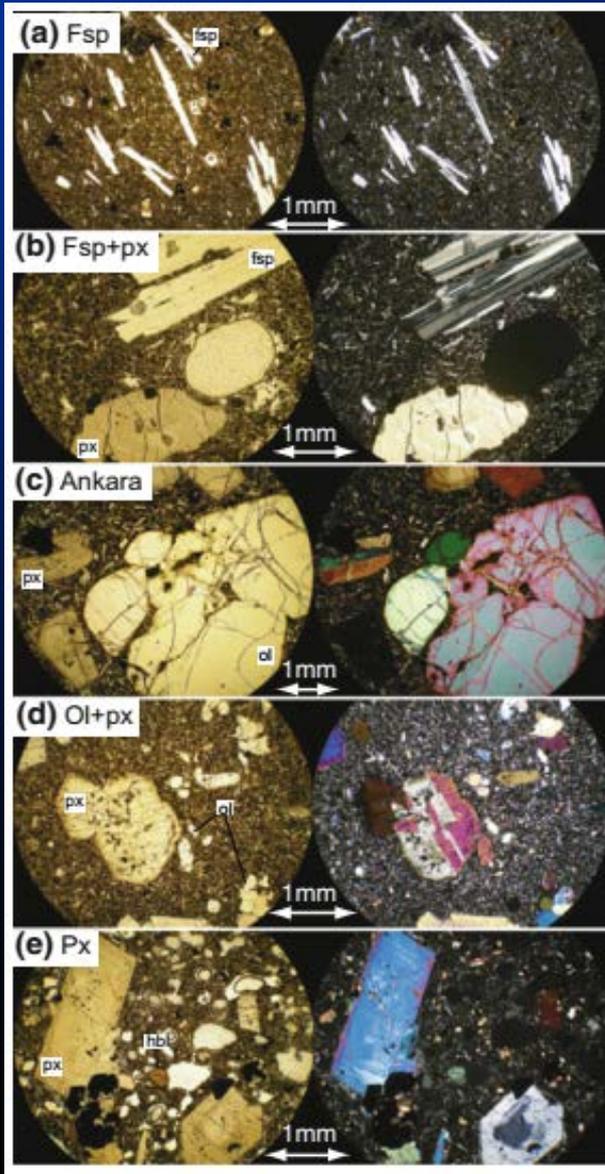
- Известны на островах Атлантики: *Тринидад*, *о-ва Зеленого мыса*
- Венчают эволюцию вулканизма Гавайских островов



Петрография и минералогия вулканитов океанических плит

- **ТОЛЕИТЫ** Среди вкрапленников *Pl*, *OI* и *Crх* могут появляться ортопироксен и титаномагнетит.
- Присутствие *Orх* вместо или совместно с *Pig* – один из главных признаков, отличающих эти ассоциации от толеитовых серий срединных хребтов, островных дуг и континентальных трапповых провинций.
- Резкое преобладание порфировых пород. Почти отсутствуют афировые разности, количество вкрапленников значительно выше
- Основная масса преимущественно интерсерральная или витрофирова

Петрография и минералогия внутриплитных вулкаников



- **СУБЩЕЛОЧНЫЕ БАЗАЛТЫ** Широко распространены титанистые авгиты. В основной массе могут появляться калиевый полевой шпат и акцессорный нефелин
- **ЩЕЛОЧНЫЕ БАЗАЛТЫ** калиевый полевой шпат и фельдшпатоиды (нефелин, лейцит) становятся главными минералами. В более кислых членах серий появляется биотит. Заметную роль играют акцессорные минералы, в частности апатит и сфен. Пироксены содержат больше Na и представлены эгирин-авгитом или эгирином.

Fig. 5.4 Representative photomicrographs of the petrographic dyke groups (aphyric types not shown). **a** Feldspar-phyric group, **b** Feldspar and pyroxene-phyric group, **c** Ankaramite group, **d** Olivine and pyroxene-phyric group, and **e** Pyroxene-phyric group. Plane polarized view is shown on the left and cross polarized view on the right. Abbreviations: *Fsp* = feldspar, *px* = pyroxene, *ol* = olivine, *ankara* = ankaramite, *hbl* = hornblende. Figure modified from Delcamp et al. (2012)

Включения мантийных пород в базальтах внутриплитных обстановок

Ксенолиты

Разнообразные перидотиты с преобладанием лерцолитов

Гомеогенные

Комагматичность и корреляции составов включений и вмещающих базальтов



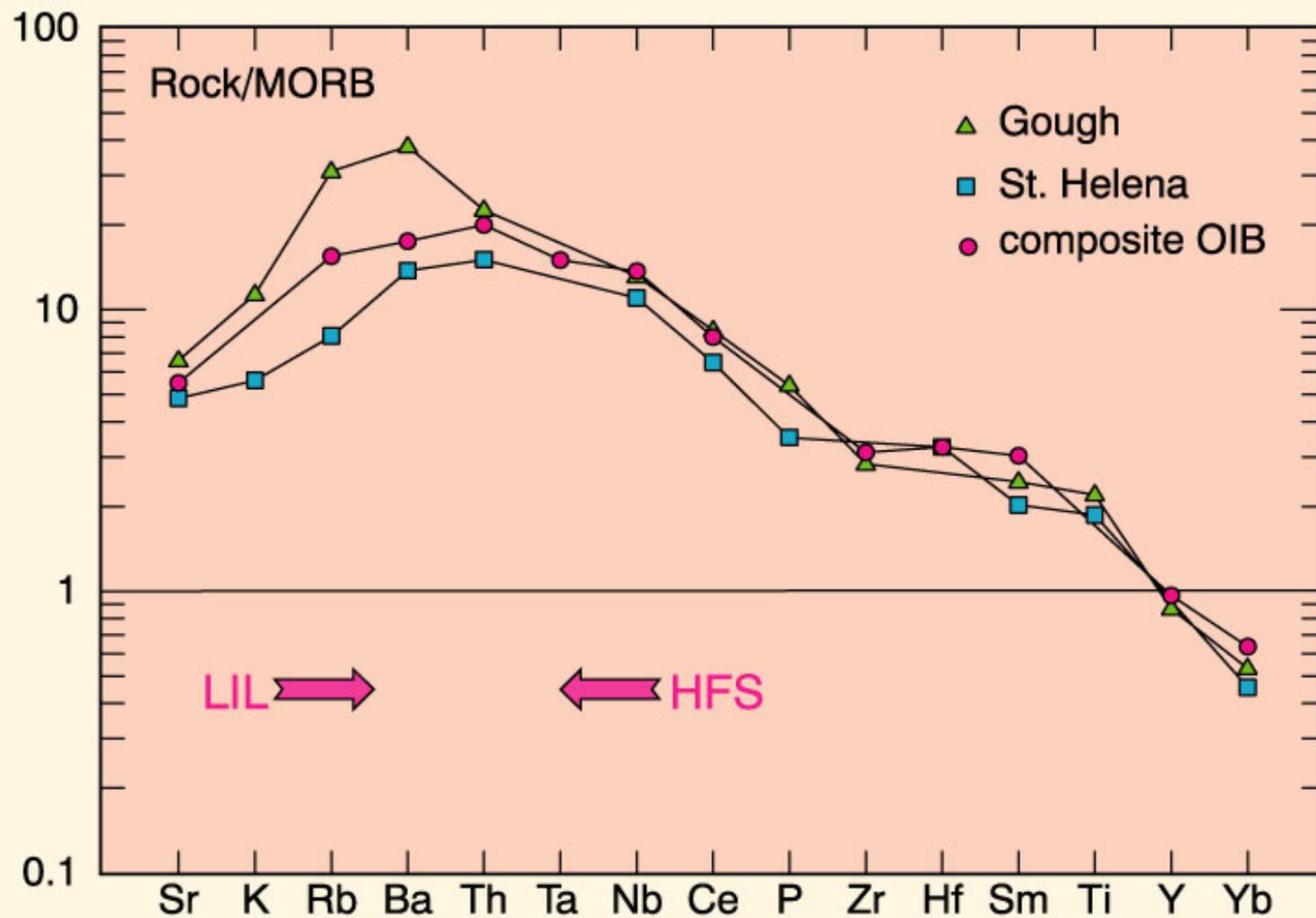
**ПЕТРОХИМИЯ И ГЕОХИМИЯ БАЗАЛЬТОВ
ОКЕАНИЧЕСКИХ ОСТРОВОВ (ОІВ)**

Сравнение составов типичных N-MORB и OIBs

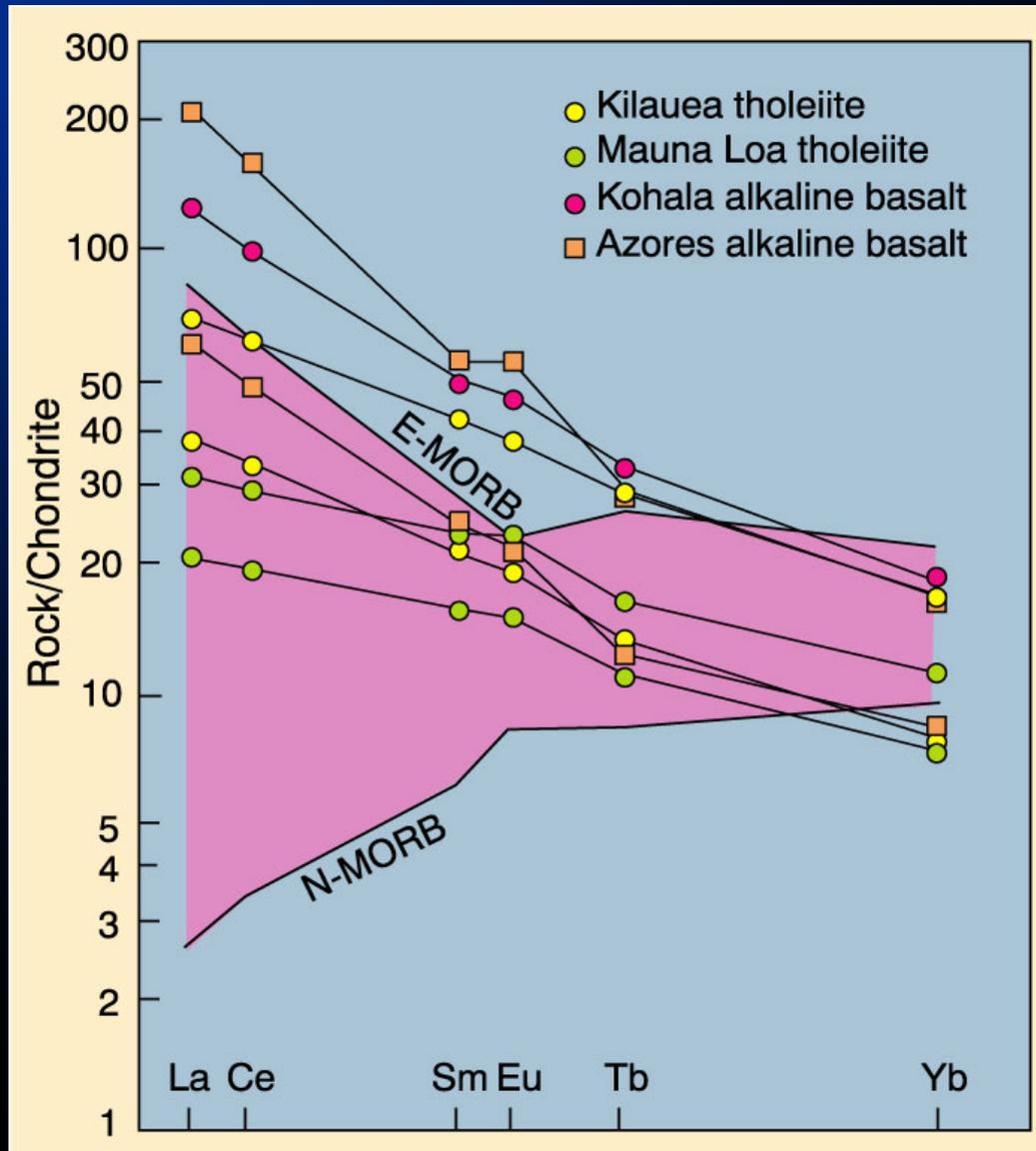
Оксиды, мас. %	N-MORB (скв. 332)	Вулкан Тингмули (Исландия)	Ср. базальт Килауэа (Гавайи)
SiO ₂	50.91	48.10	51.23
TiO ₂	1.04	2.00	2.44
Al ₂ O ₃	14.57	14.91	14.14
FeO	10.56	11.78	10.85
MnO	0.20	0.20	0.17
MgO	7.20	7.82	7.00
CaO	12.21	11.37	11.22
Na ₂ O	2.19	2.63	2.30
K ₂ O	0.16	0.37	0.41
P ₂ O ₅	0.09	0.22	0.22
Mg#	0.549	0.542	0.535

$$Mg\# = MgO / (MgO + FeO)$$

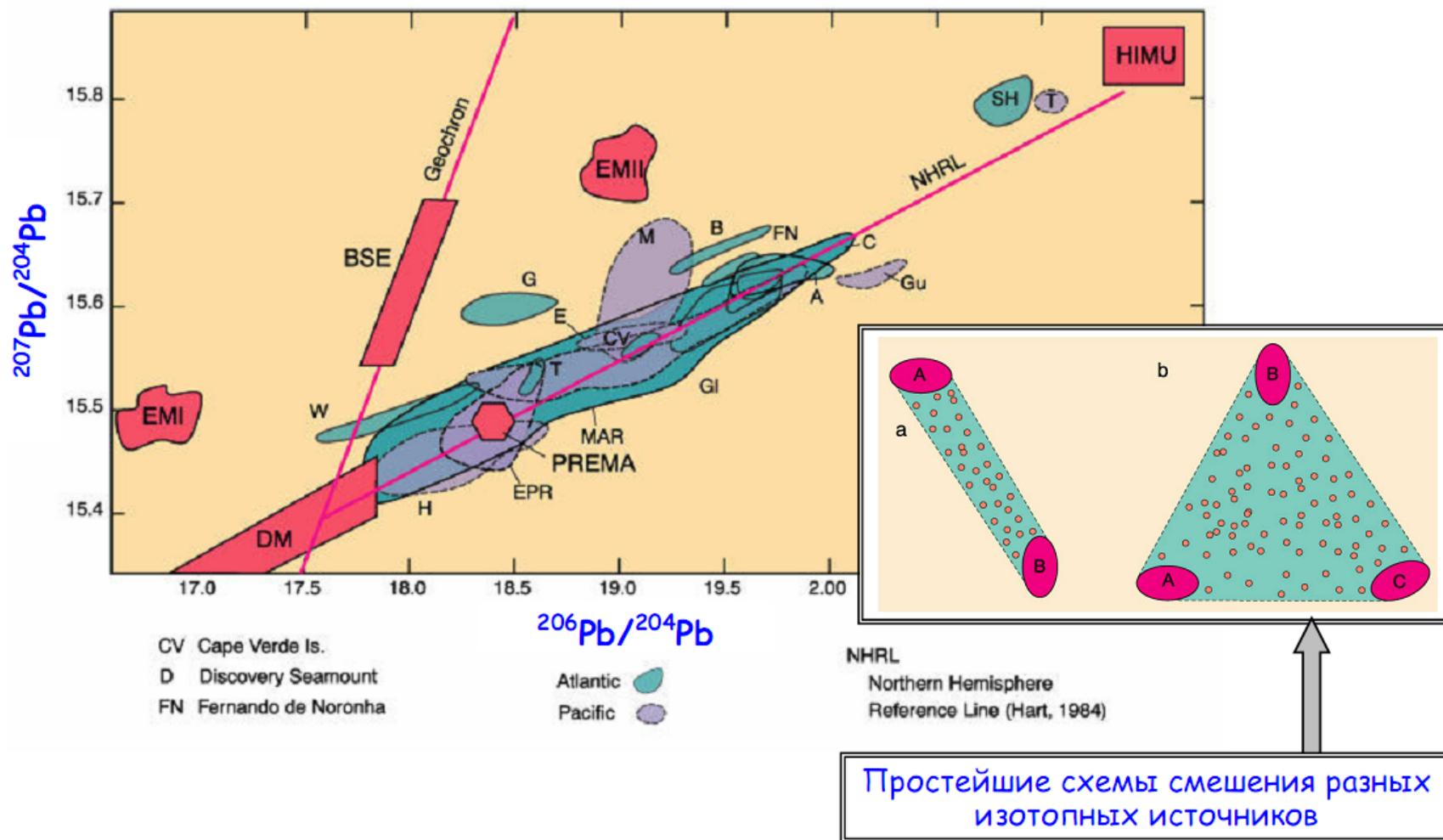
Нормировка составов внутриплитных базальтов на N-MORB



Распределение Р.З.Э. В базальтах Гавайских о-вов и Азорского архипелага



Вариации изотопного состава свинца в вулканических породах океанических островов



Sr-Nd систематика вулканических пород океанических островов

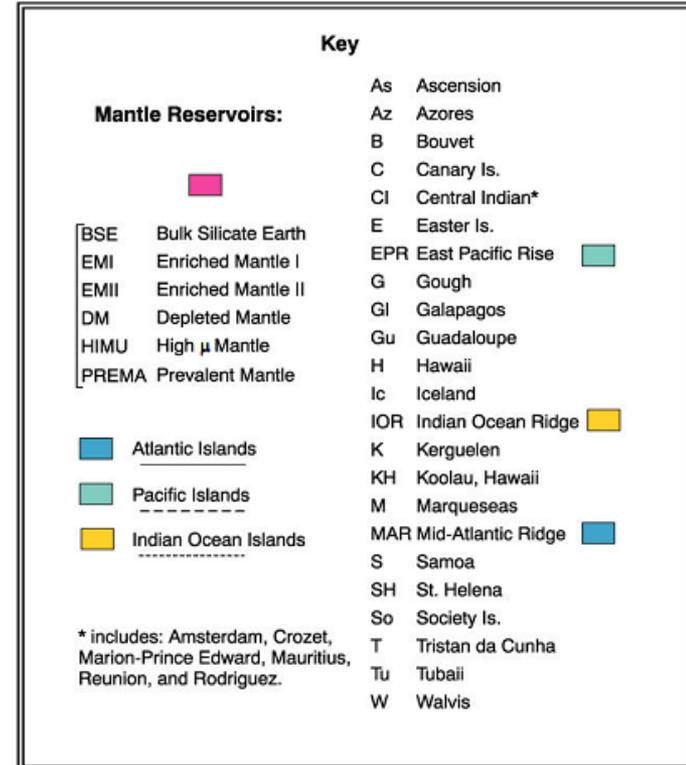
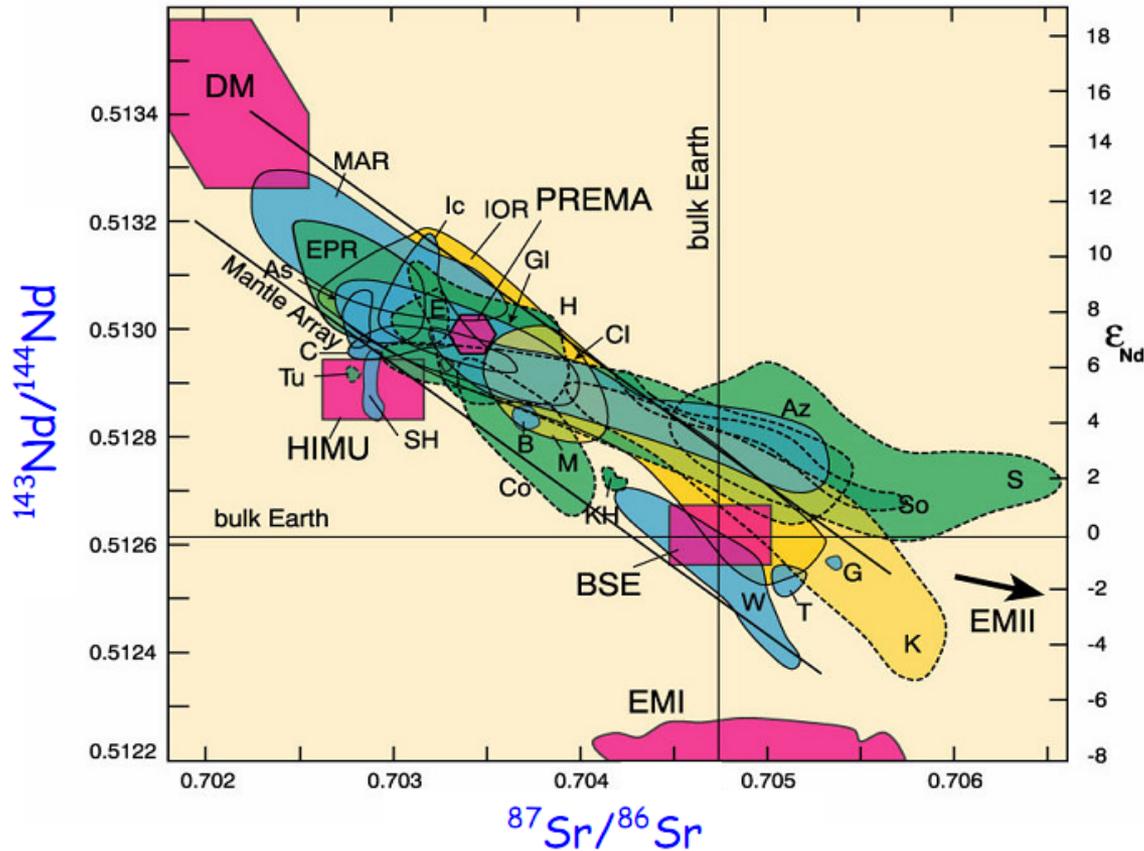
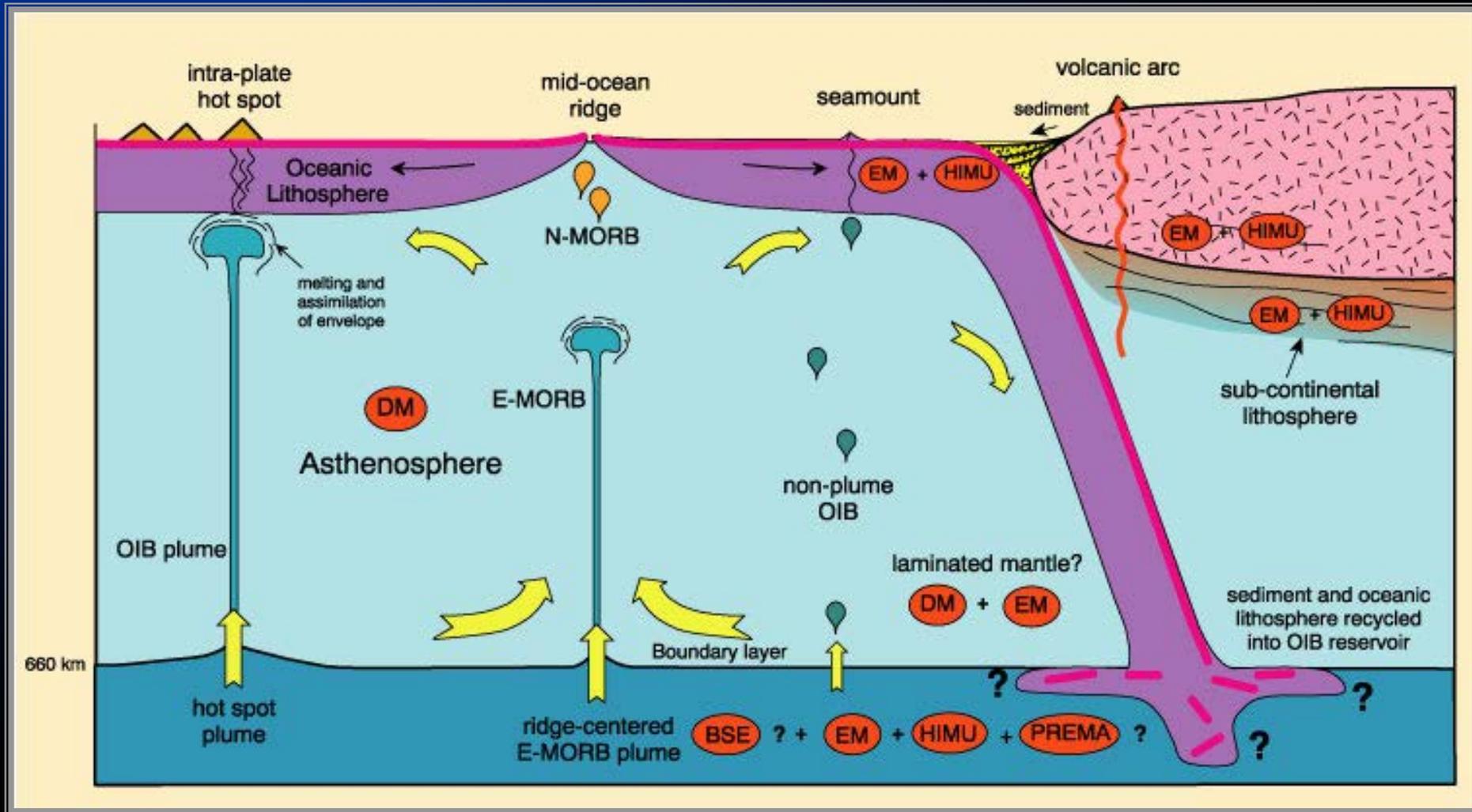
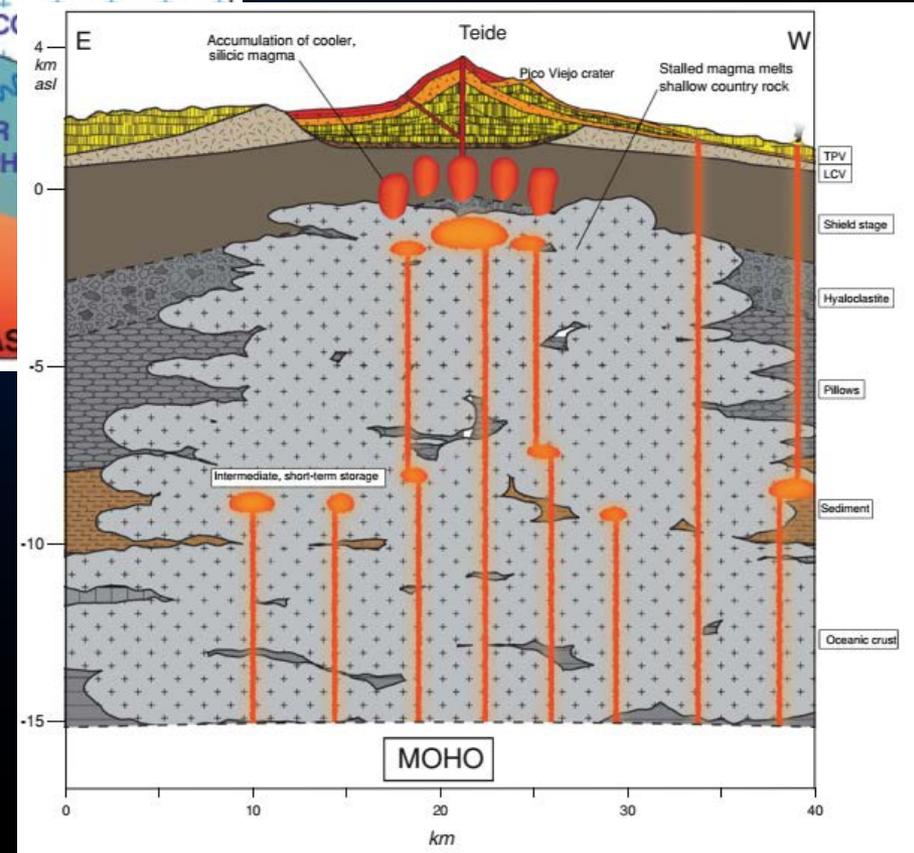
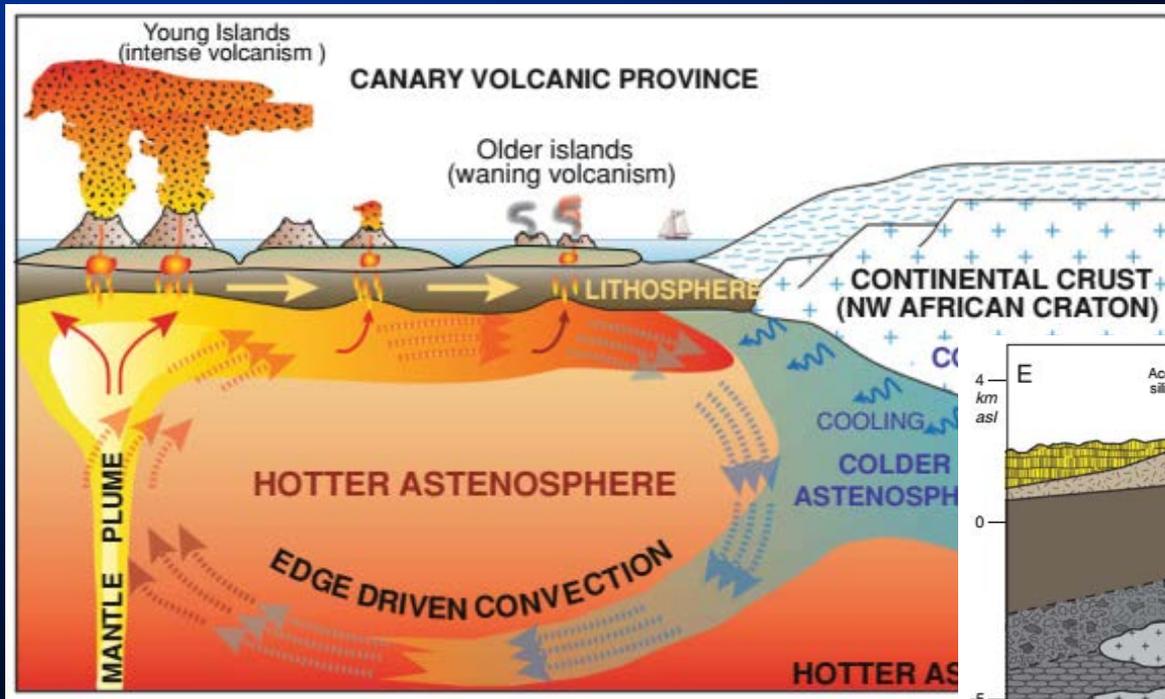


Схема океанического магматизма с учетом взаимодействия деплетированного и обогащенного мантийного источника



Генетические сценарии для Канарской вулканической провинции



The End...

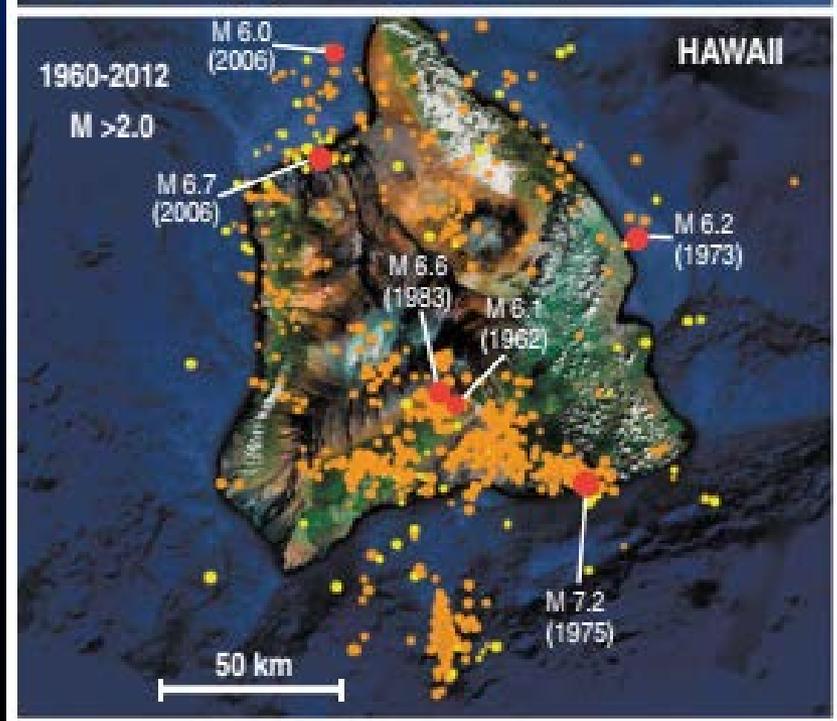
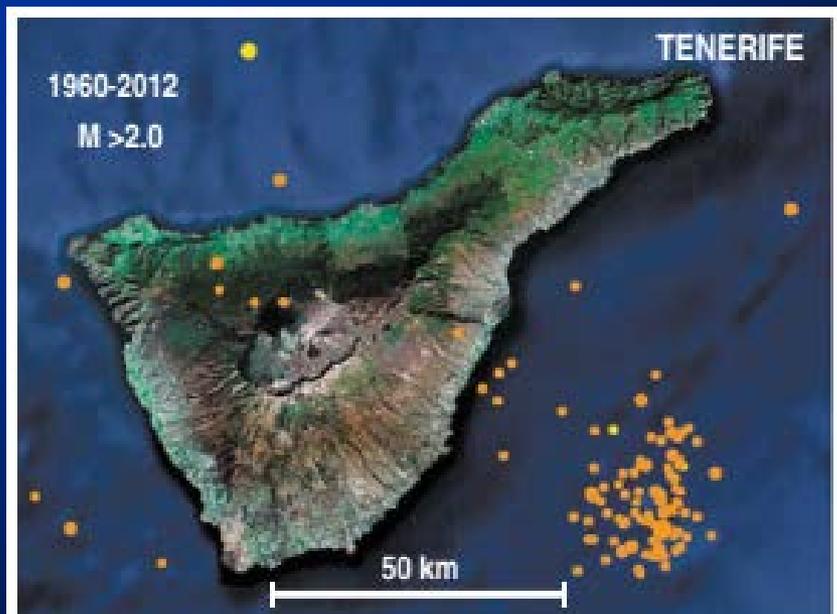


Fig. 14.7 Comparison of the $M > 2.0$ seismicity of Tenerife and Hawaii in the period 1960–2012 (IGN and USGS Earthquake Hazards Program, Rectangular Area Earthquake Search)

Острова Зеленого мыса

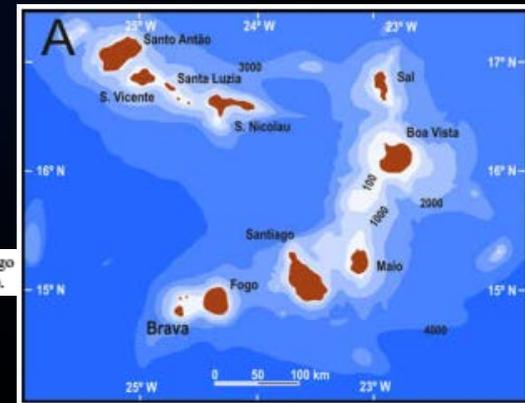
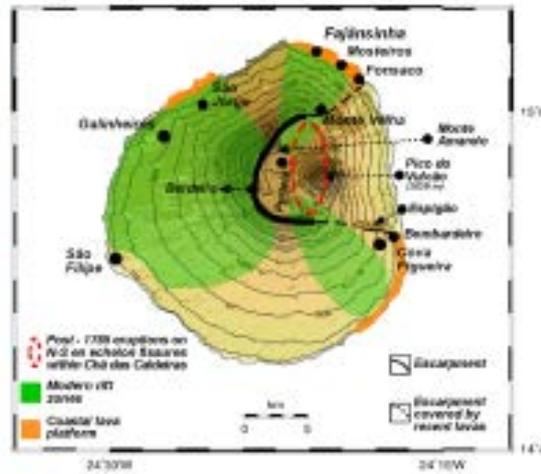
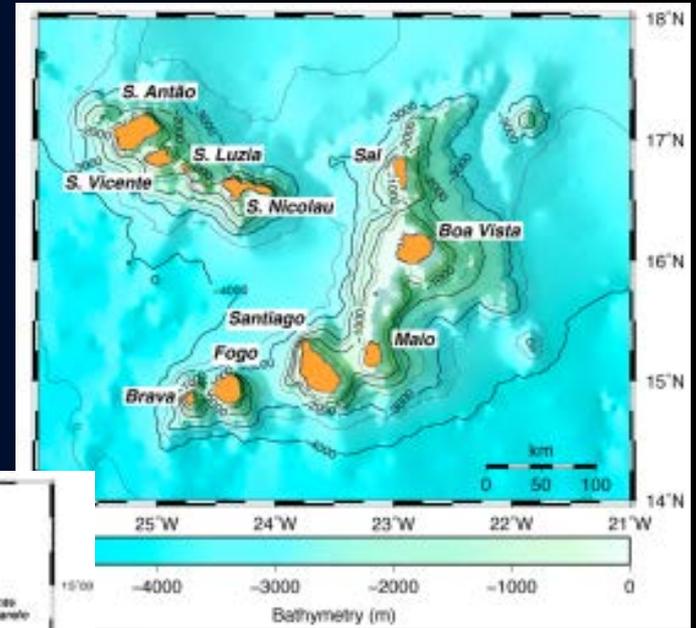
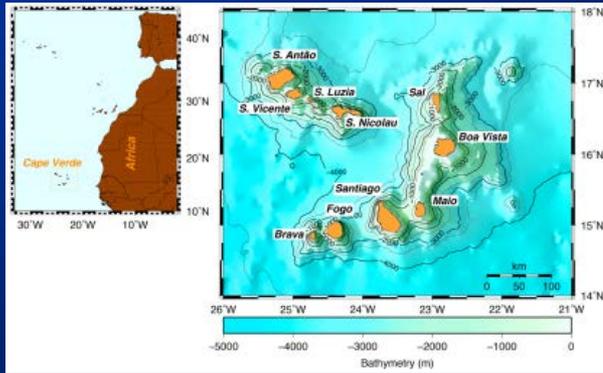


Fig. 2. Main geomorphological and structural features of Fogo. (Left) Perspective view from the south. (Right) Topographic map of Fogo (SRTM model), also showing the modern rift zones; contour lines are in metres. Adapted from Day et al. (1999) and Fonseca et al. (2003).

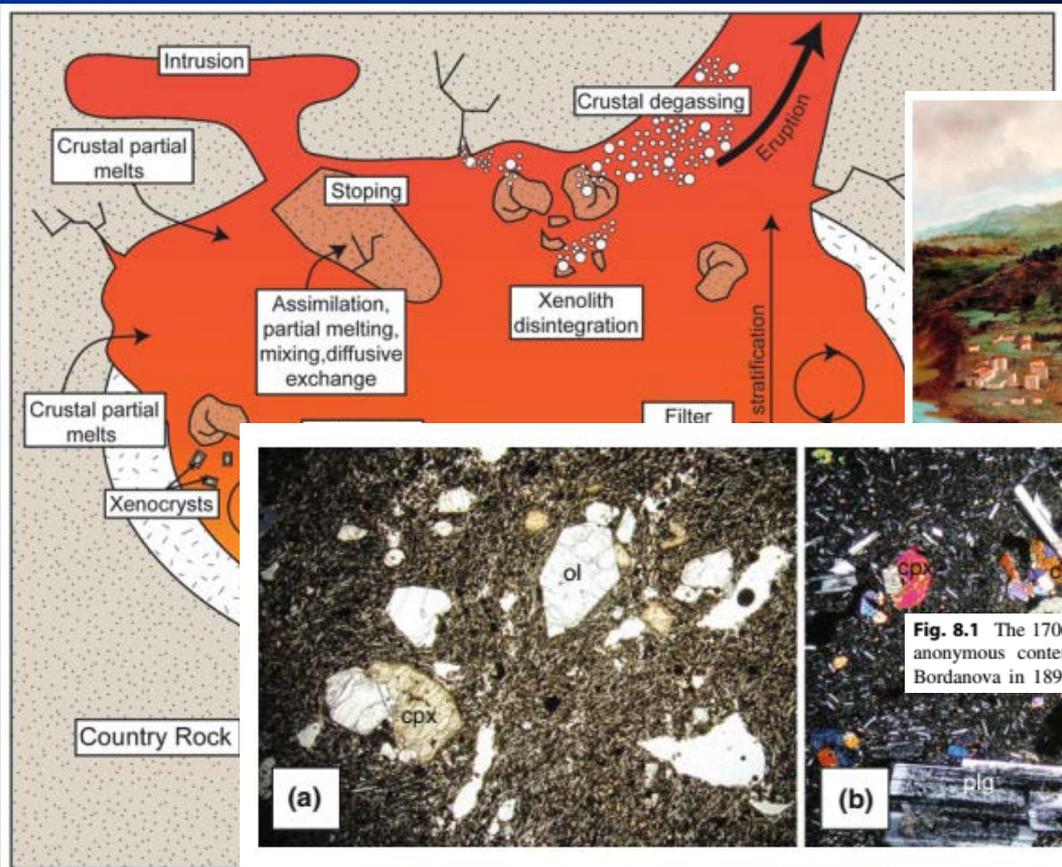


Fig. 9.1 Idealised sketch Deegan

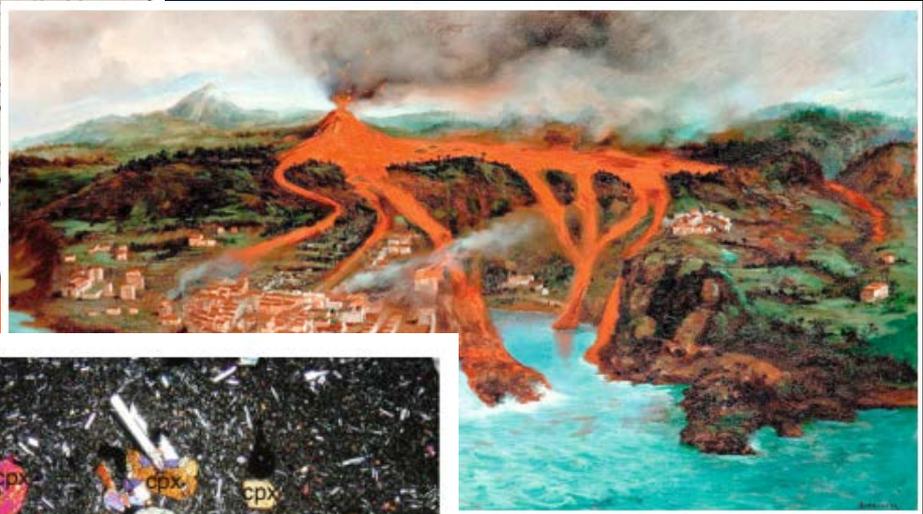


Fig. 8.1 The 1706 volcanic eruption of Garachico in an anonymous contemporary painting copied by Ubaldo Bordanova in 1898. The lava flows cascaded down the

cliff and partially filled the harbour, the most important trading port with South America in the Canaries

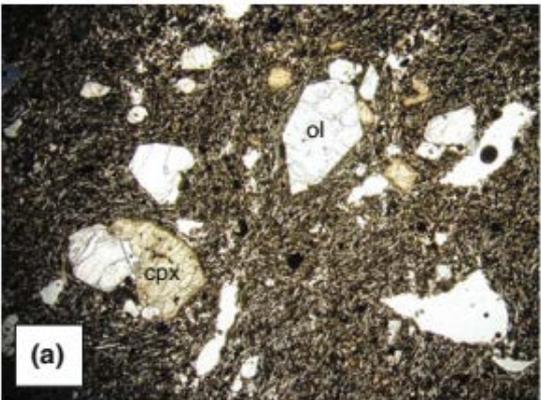
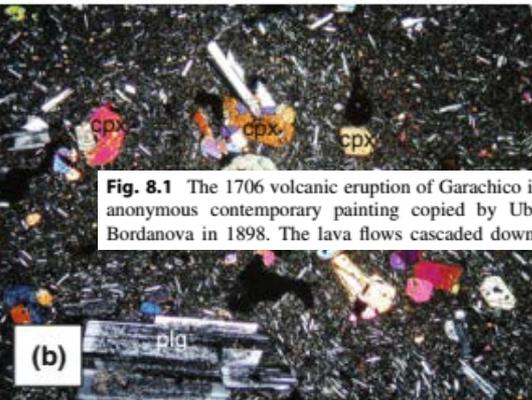


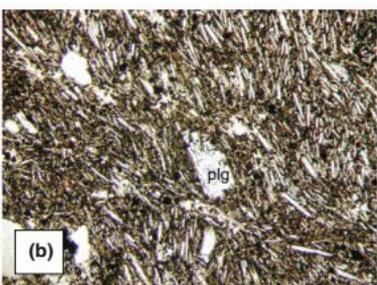
Fig. 9.2 a Olivine pyroxene basalt. Phenocrysts of titanite (*cpx*), olivine (*ol*) and opaque oxides in a hypocrySTALLINE, mafic matrix (PP; 10×). **b** Olivine pyroxene basalt with plagioclase. Phenocrysts of augite



(*cpx*), olivine (*ol*), sieve-textured plagioclase (*plg*) and opaque oxides in a hypocrySTALLINE matrix with plagioclase microlites. (XP; 10×)



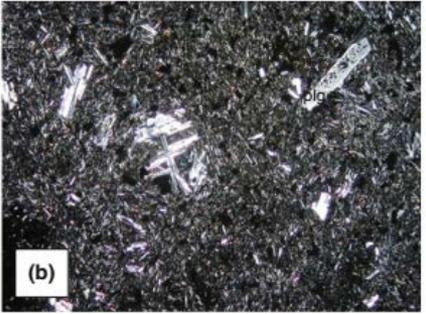
Fig. 9.4 a Trachybasalt from the Galería Salto del Frontón (560 m), containing frequent plagioclase of sodic composition together with augite and subordinate



olivine in a hypocrySTALLINE matrix. (XP; 10×). **b** Aphyric basanite bearing mesocrystals of plagioclase with scarce mafic microlites in a felsic matrix. (PP; 10×)



Fig. 9.3 a Plagioclase basalt from pãhoe flow with predominant plagioclase phenocrysts, and less augite and olivine in a hypocrySTALLINE matrix (XP; 10×). **b** Micro-



plagioclase basalt. Mesocrystals of plagioclase dominate over mafic minerals in a feldspathic matrix (XP; 10×)