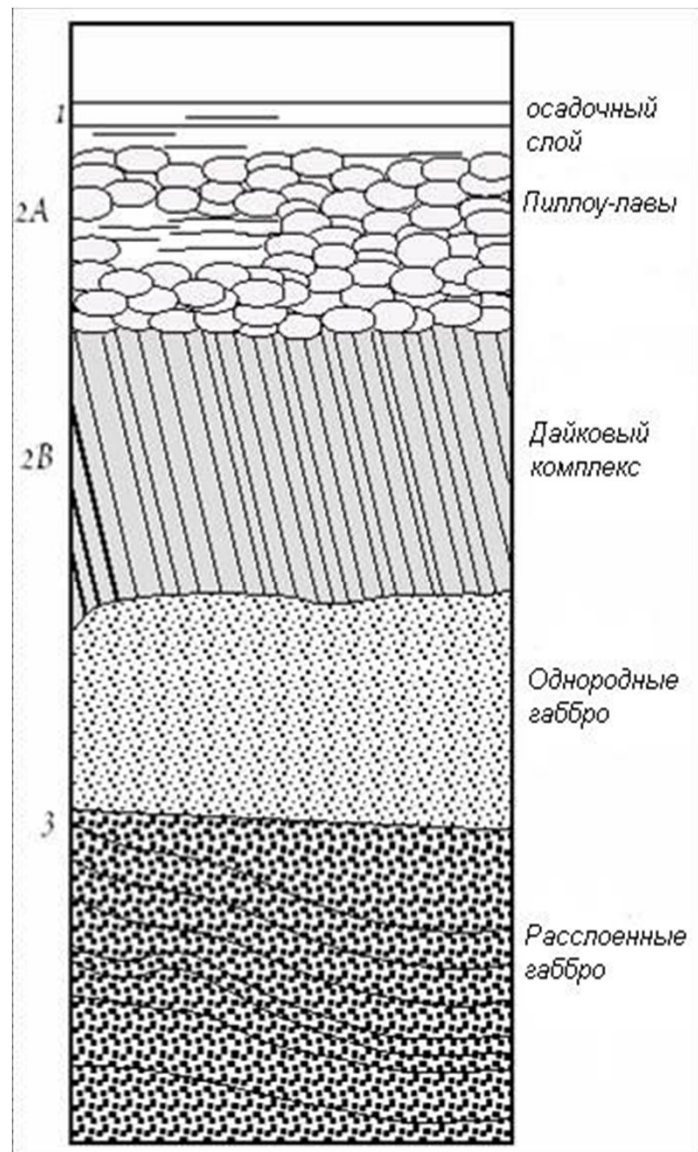




**Генетические серии
океанических
магматических пород.**

Схематический разрез океанической коры



Средняя мощность океанической коры 6 км (у континентальной - 35 км). Океаническая кора более основного состава и содержит больше Mg и Fe.

Океаническая кора временная - среднее время, проходящее от образования океанической коры до ее исчезновения в зонах субдукции менее 100 миллионов лет.

Практически вся океаническая кора формируется в срединно-океанических хребтах за счет базальтовой магмы.

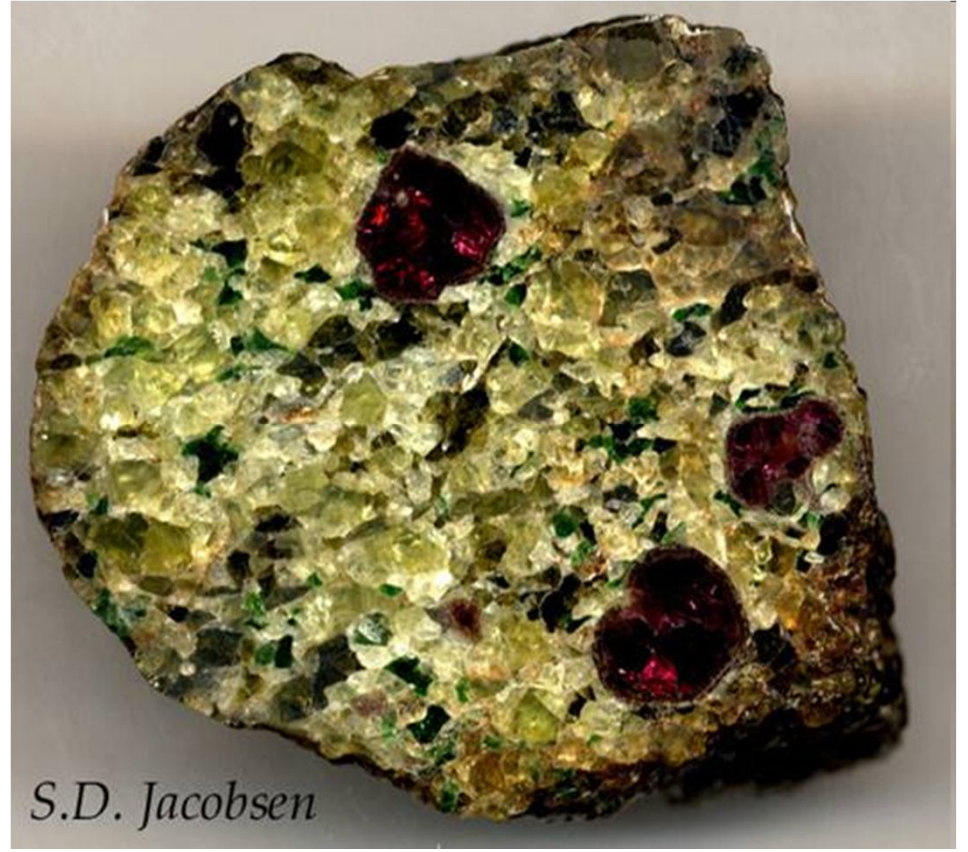
А откуда берутся базальтовые магмы?

Минералогический состав мантии



7.5 см

Шпинелевый лерцолит
Peridote Mesa, San Carlos,
Arisona, USA



5 см

Гранатовый лерцолит
Южная Патагония,
Pali-Aike, Chile

Главные минералы верхней мантии

Оливин $(\text{Mg,Fe})_2\text{SiO}_4$
Состав: Форстерит
 $100 \cdot \text{Mg}/(\text{Mg}+\text{Fe})$ 88-94
Количество: 50-98%

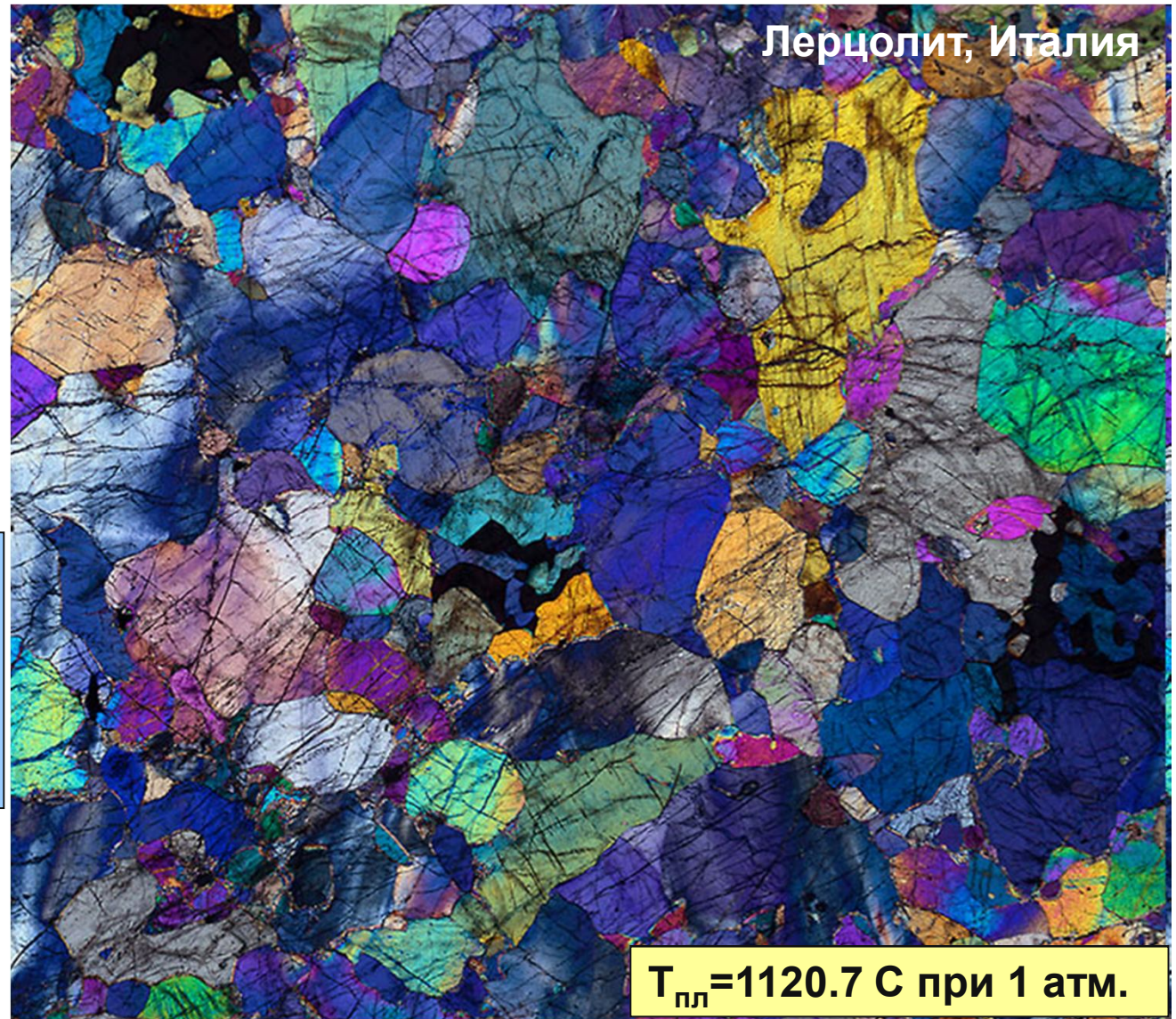
Ортопироксен
 $(\text{Mg,Fe})_2\text{Si}_2\text{O}_6$
Состав: Энстатит
 $100 \cdot \text{Mg}/(\text{Mg}+\text{Fe})$ 86-93
Количество: 1-35%

Клинопироксен
 $\text{Ca}(\text{Mg,Fe})\text{Si}_2\text{O}_6$
Состав: Диопсид
 $100 \cdot \text{Mg}/(\text{Mg}+\text{Fe}) > 86-93$
Количество: 1-25%

Плагиоклаз
 $(\text{Ca,Na})\text{Al}_{2-3}\text{Si}_{2-3}\text{O}_8$

Шпинель
 $(\text{Mg,Fe})(\text{Al,Cr})_2\text{O}_4$

Гранат
 $(\text{Mg,Fe})_3(\text{Al,Cr})_2[\text{SiO}_4]_3$



Главные компоненты: Mg, Si, Ca, Al –
в равновесии должно быть 4 минерала

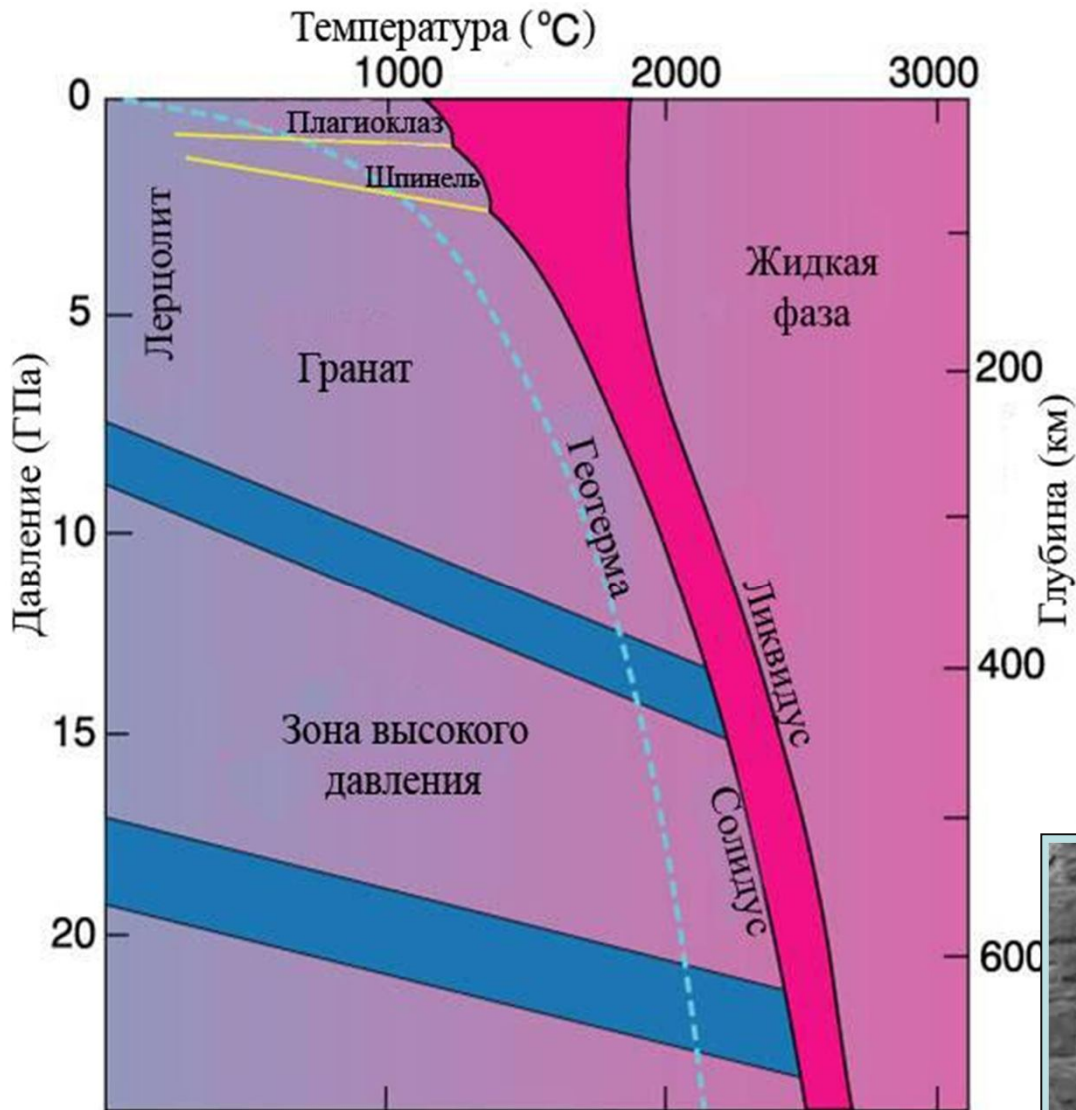


Диаграмма полей устойчивости фаз алюминия для лерцолитов с интервалом плавления, субсолидусными переходами и геотермическими градиентами (по Wyllie, 1981):

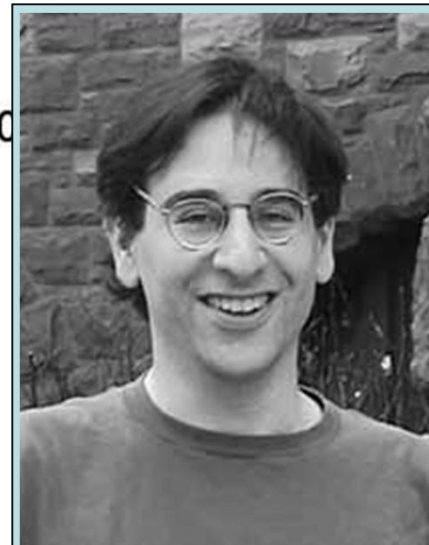
Плагиноклаз < 50 км

Шпинель 50-80 км

Гранат 80-400 км

Si → (VI) >400 (440 - рингвудит)

Мантия остается в твердом состоянии несмотря на повышение температуры с глубиной. Чтобы получить магму, нужно что-то сделать с мантией.



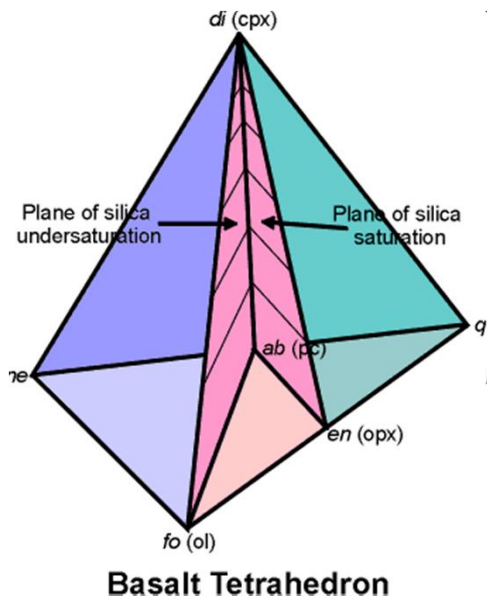
Марк Хиршманн

$$T(^{\circ}\text{C}) = aP^2 + bP + c$$

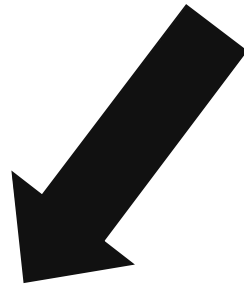
$a = -5.104,$
 $b = 132.899,$
 $c = 1120.661$
 P в GPa ,
 Hirshmann, 2000

Модели плавления мантии

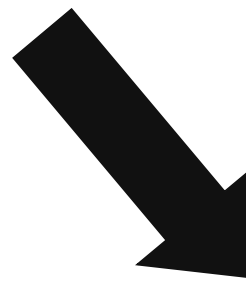
- Декомпрессионное плавление. Возможно при подъеме мантийного вещества в более высокие горизонты
- Плавление за счет прогрева. Возможно за счет приноса тепла с более глубинных горизонтов
- Плавление за счет приноса флюида (H_2O). Флюид (H_2O) существенно снижает температуру плавления перидотитов



Базальты



Щелочные



Толейтовые

Известково-
щелочные

Толеитовые базальты

Основная масса: тонкозернистая, не содержит оливина, распространены клинопироксен (авгит-пизонит), ортопироксен, нет щелочного полевого шпата

Вкрапленники: характерен ранний плагиоклаз, клинопироксен (авгит), оливин редко, ортопироксен редко;

Распространение: океанические хребты, также на океанических островах и в островных дугах.

Условия плавления: низкие давления, высокие степени плавления.

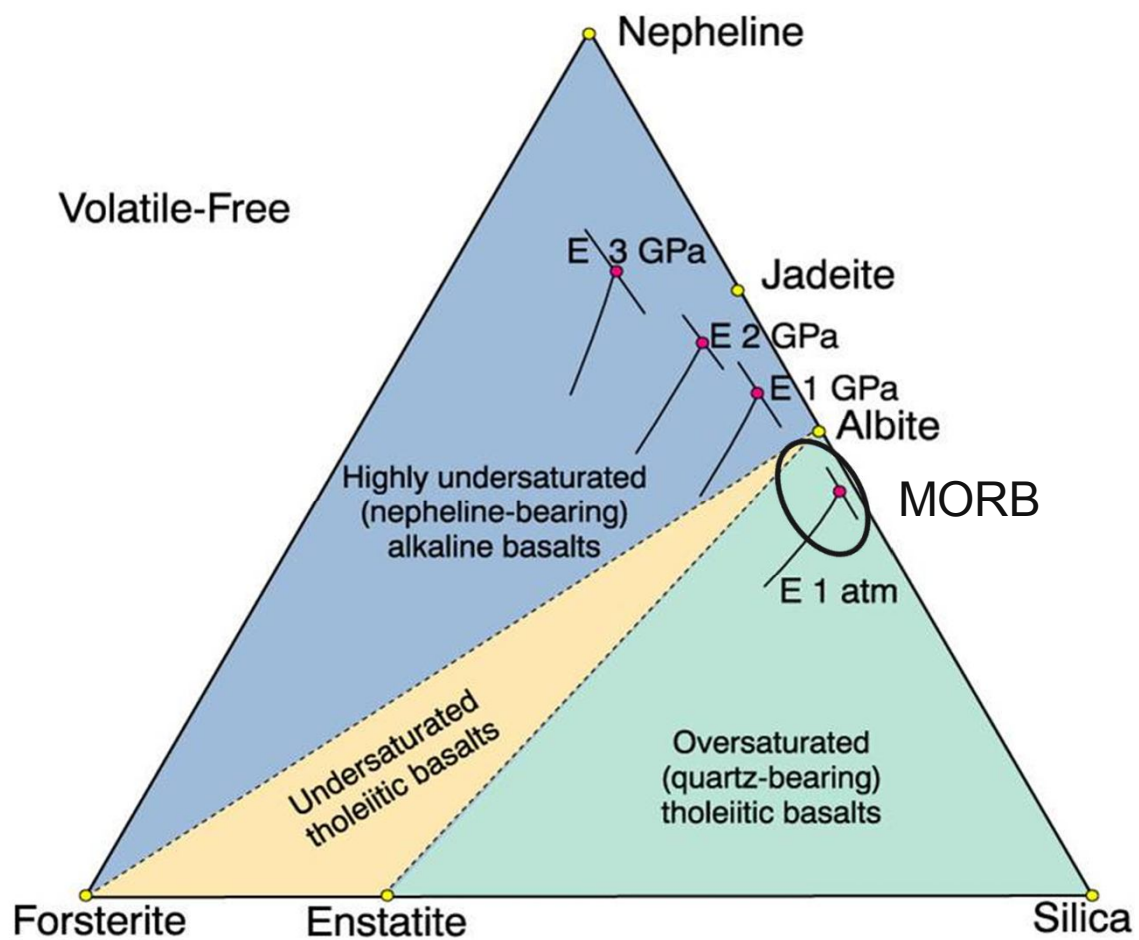
Щелочные базальты

Основная масса: мелкозернистая, распространены оливин, клинопироксен (титан-авгит), отсутствует ортопироксен;

Вкрапленники: обычно оливин (иногда зонален), отсутствует ортопироксен, плагиоклаз менее распространен (обычно более поздний), клинопироксен (рыжеватые каймы титан-авгита);

Распространение: океанические острова, также островные дуги;

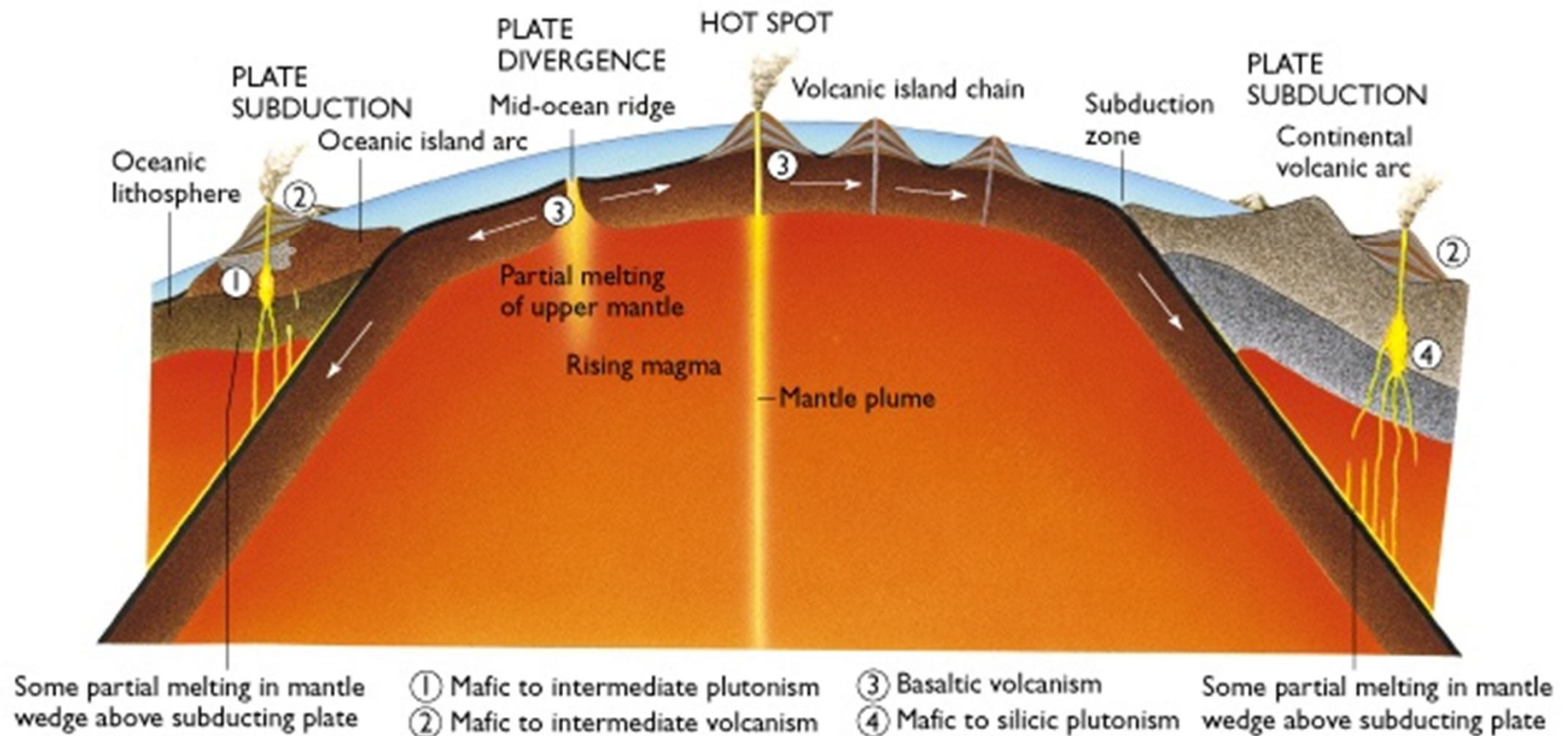
Условия плавления: высокие давления, низкие степени плавления.



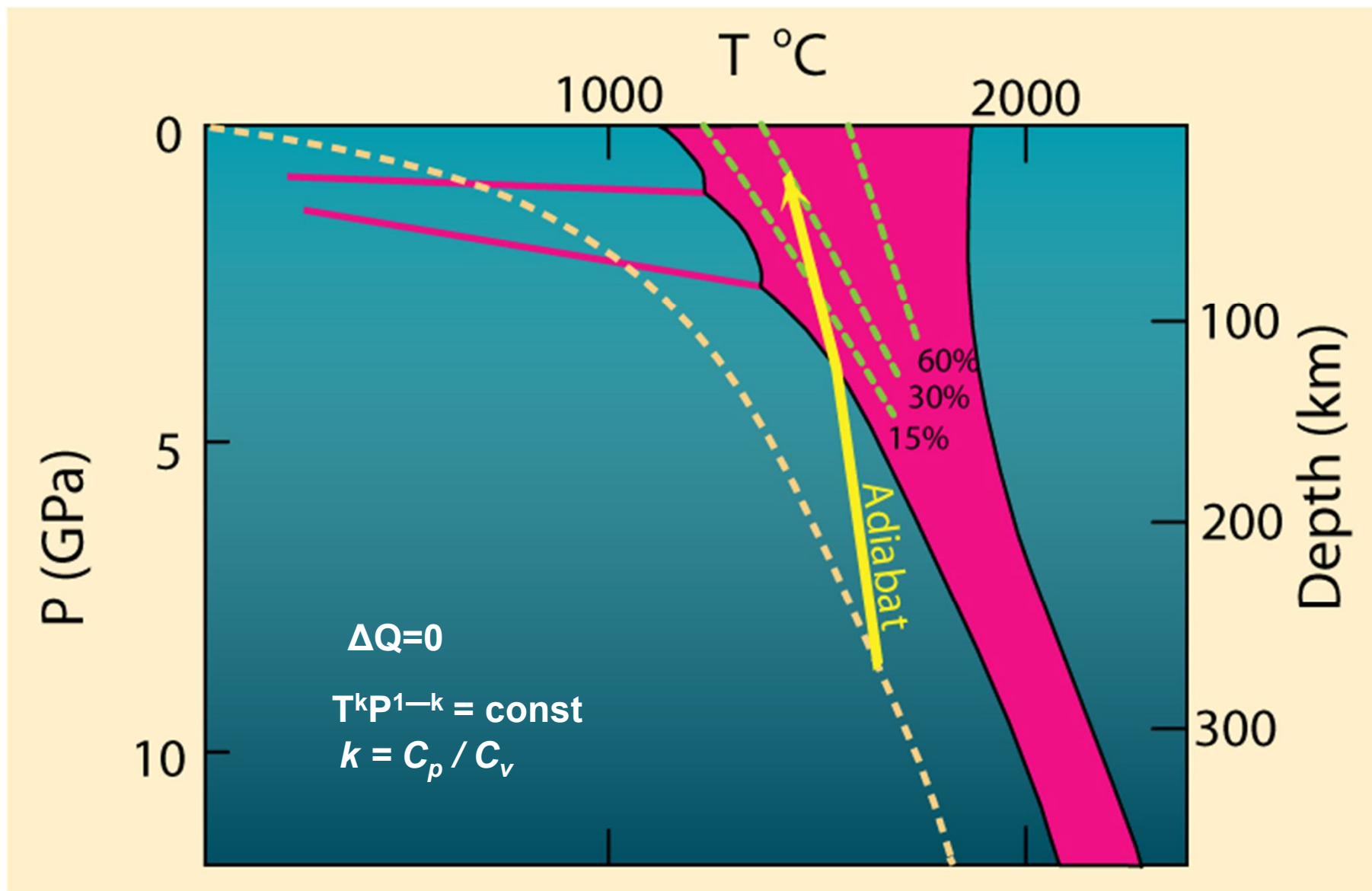
Смещение эвтектики перidotитов в щелочную область с повышением давления

MORB – плавление мантии при низких давлениях

Где происходит плавление мантии?



Соотношение адиабаты, геотермы и солидуса перидотитов

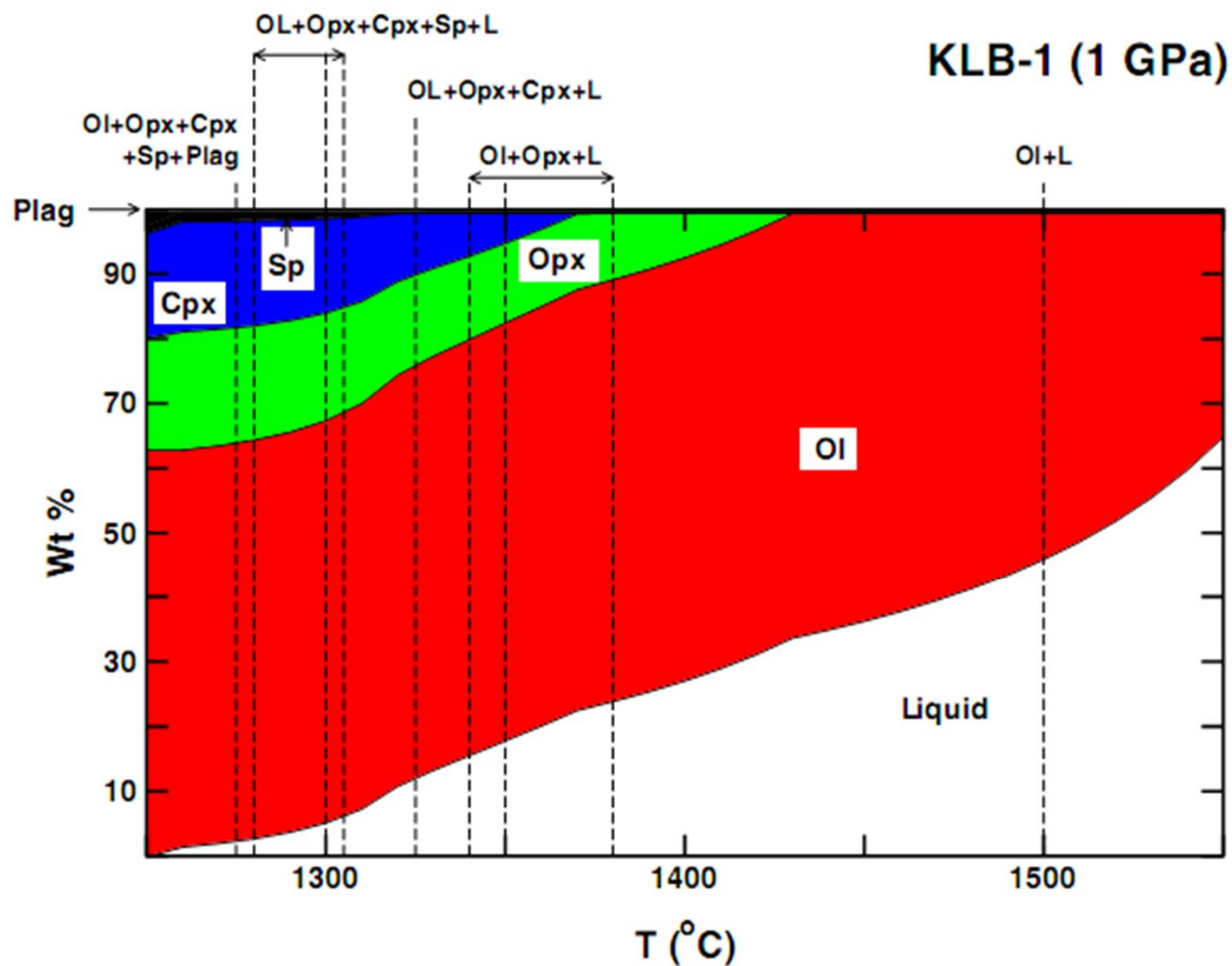


Декомпрессионное плавление мантии

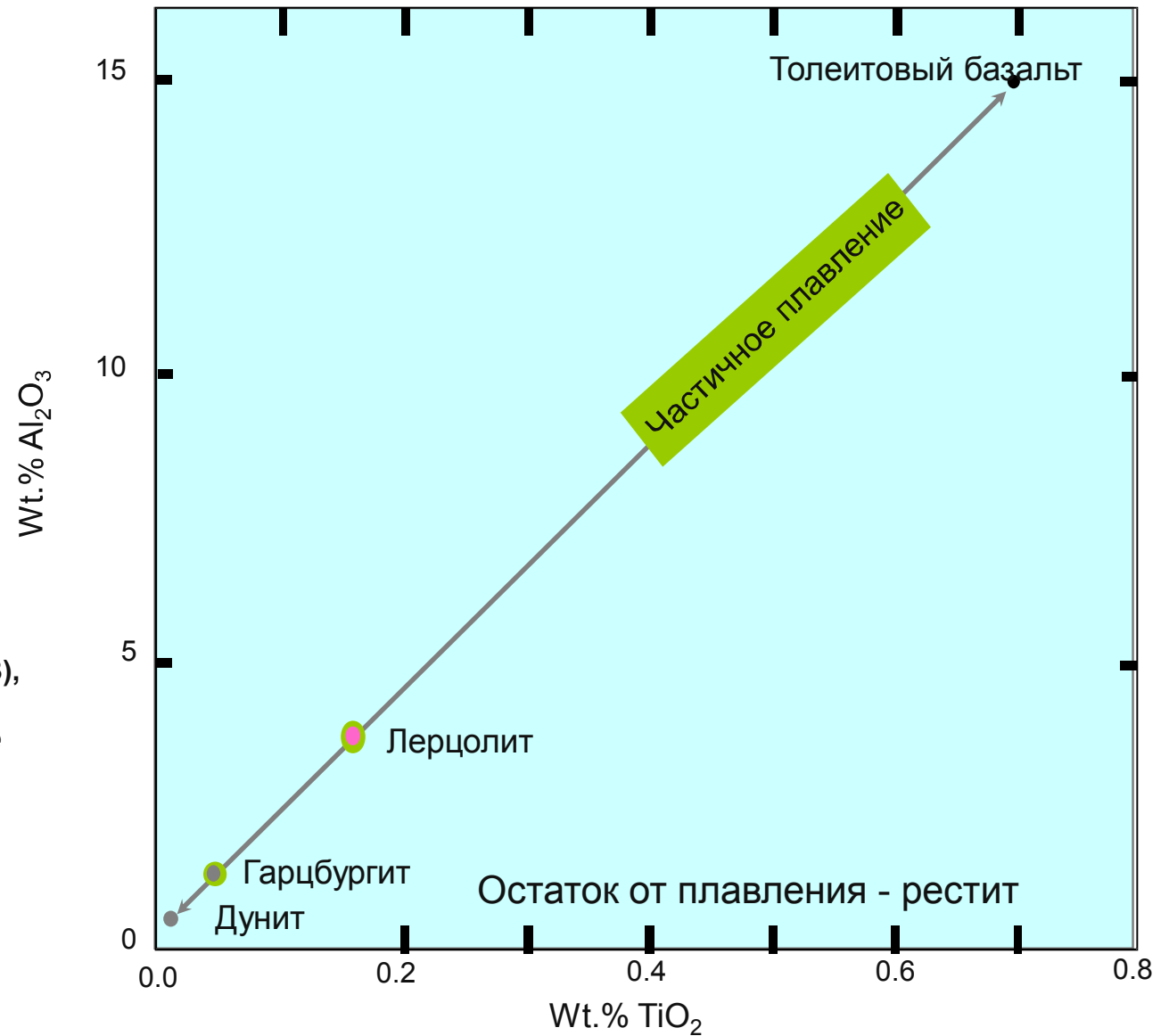


Пол Азимов,
программа PMELTS

Плавление лерцолита
при 1 GPa по
программе PMELTS



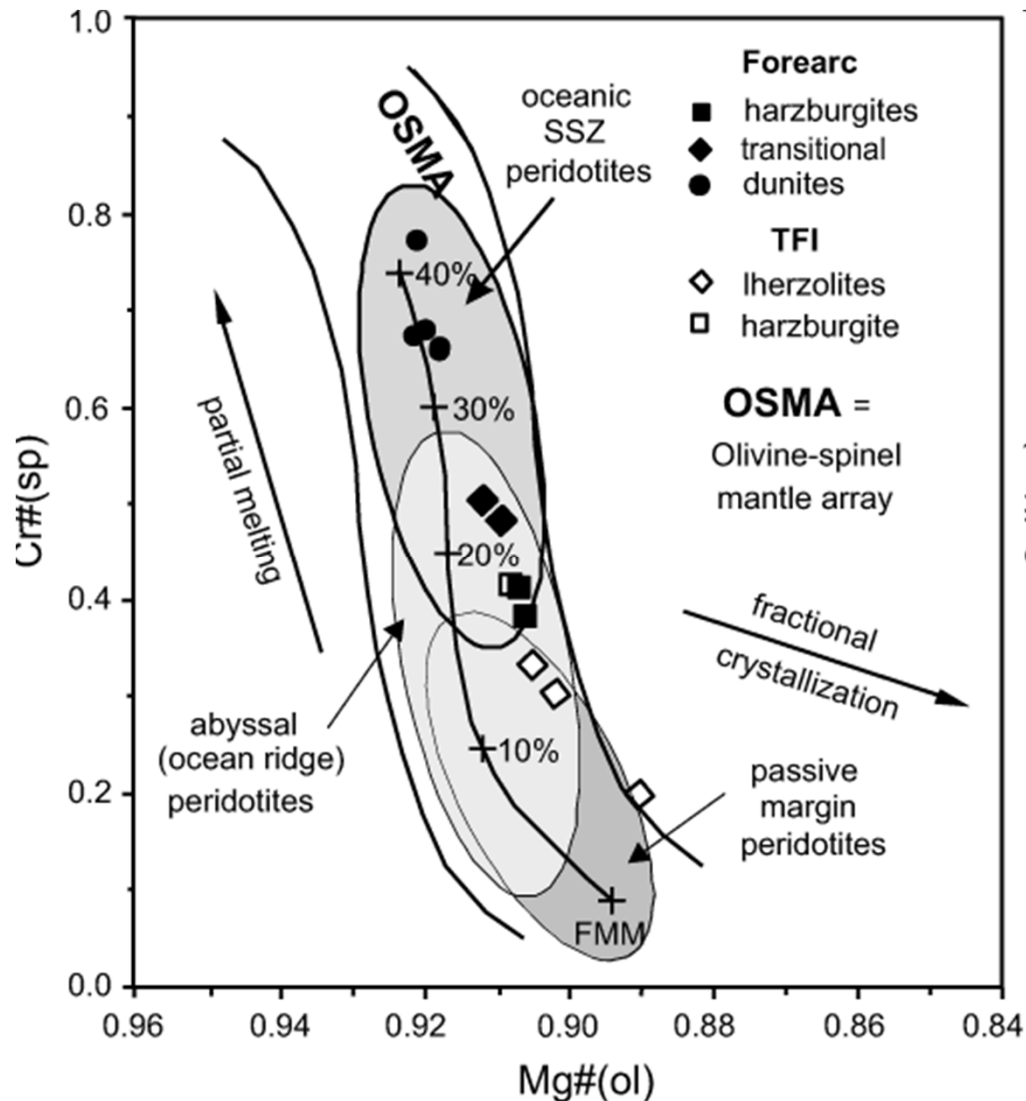
Лерцолиты возможно представляют исходную мантию
Дуниты и гарцбургиты являются остатком после выплавившихся
базальтов которые отделились от мантийного вещества



Brown and Mussett, A. E. (1993),
*The Inaccessible Earth: An
Integrated View of Its Structure
and Composition*. Chapman &
Hall/Kluwer.

По Winter, 2001

Степень плавления мантии



Arai, 1994 предложил определять мантийный источник и степень плавления мантии по сосуществующим оливину и хромистой шпинели, используя диаграмму Fo(ol) - Cr#(sp). Fo - форстеритовая составляющая в оливине (Mg/(Mg+Fe) ат.%),

Cr# - хромистость шпинели, в данном случае считается

$$\text{Cr\#} = \text{Cr}/(\text{Cr} + \text{Al} + \text{Fe}^{3+})$$

Сравнение базальтов и степень плавления мантии



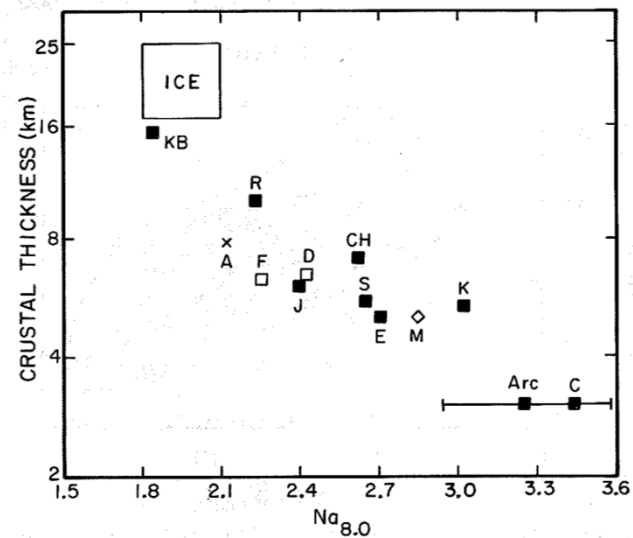
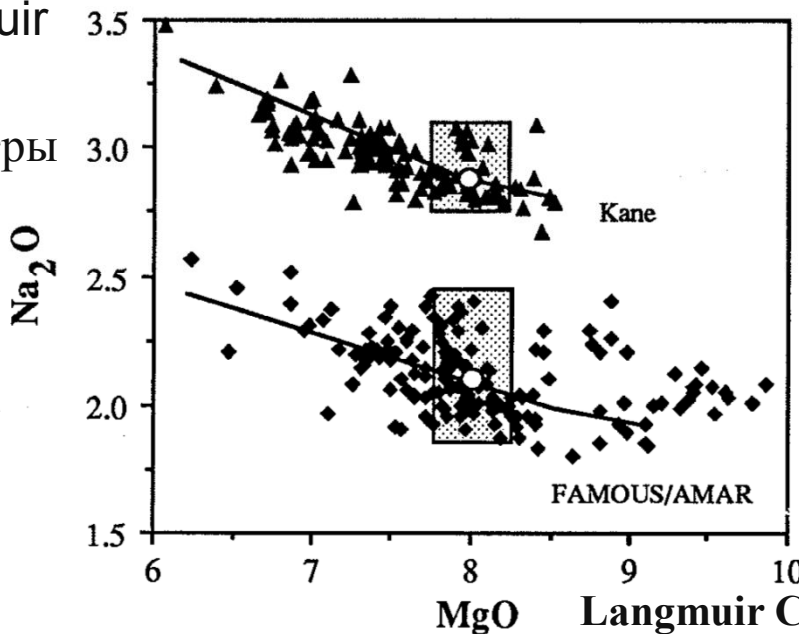
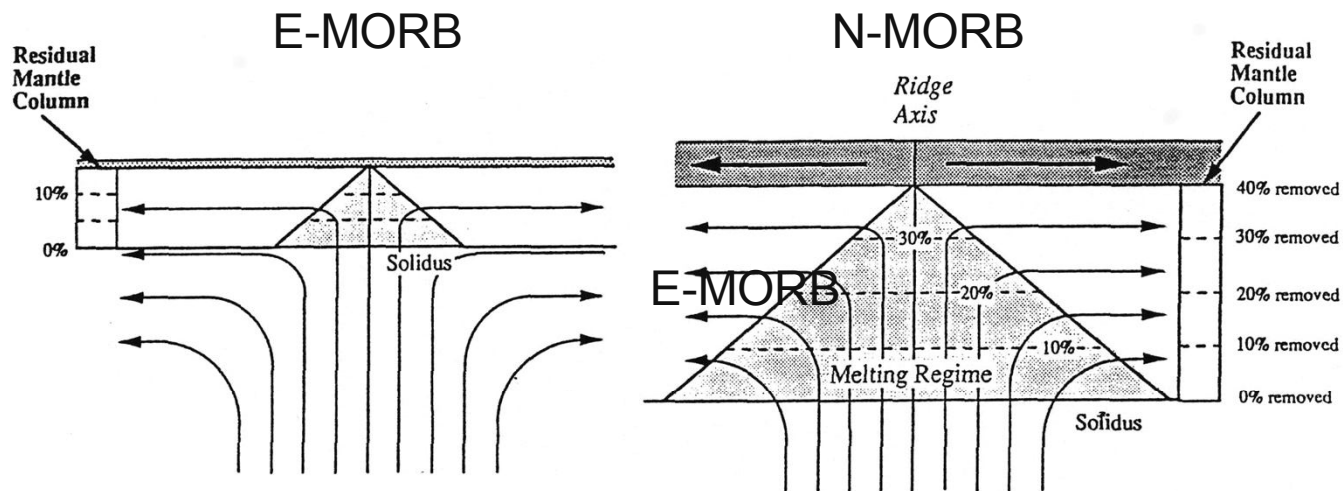
Charles H. Langmuir

Оценочные параметры

$Na_{8.0}$

$Fe_{8.0}$

$Ti_{8.0}$

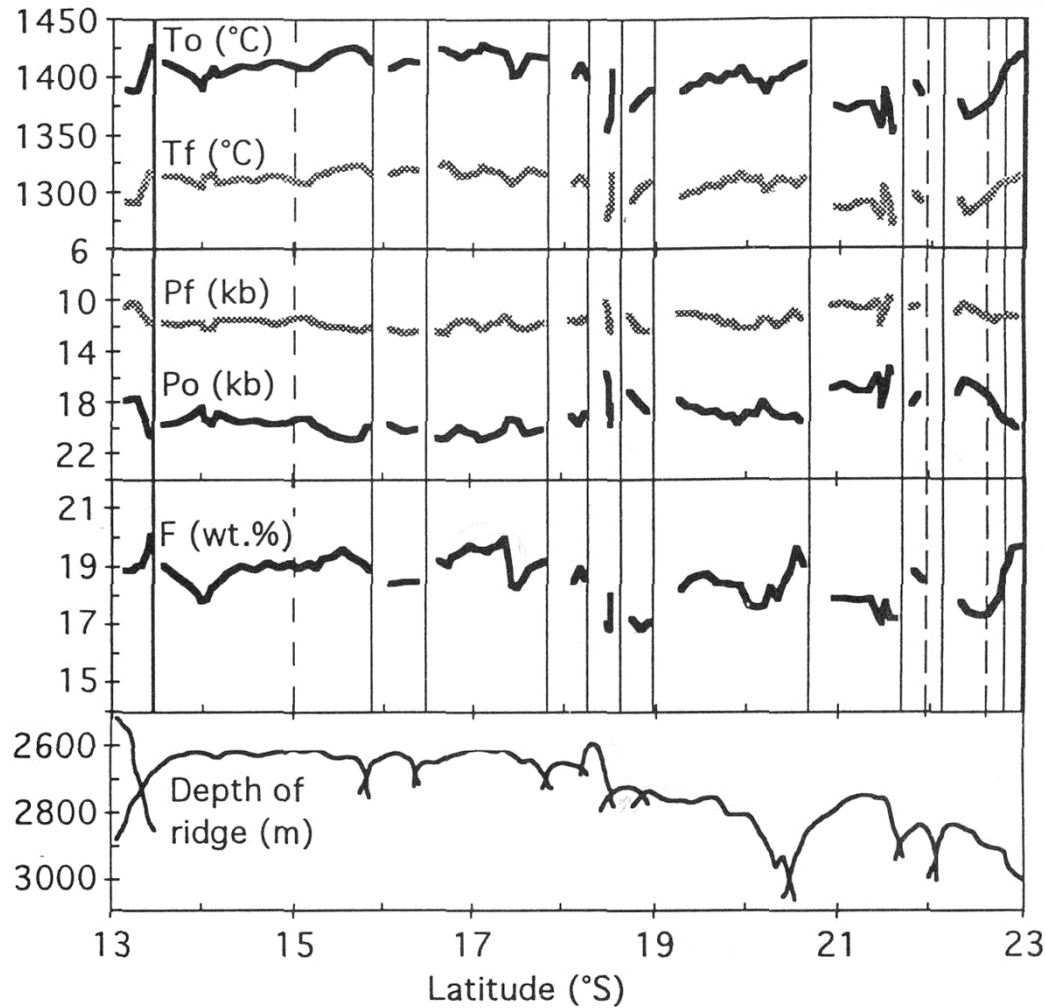


Langmuir C.H., Klein E.M., Plank T., 1992

$$F \text{ (wt \%)} = 19.02 - 5.175 \text{ Na}_8 + 15.537 \text{ Ca}_8/\text{Al}_8$$

$$P_0 \text{ (kb)} = 25.98 + 0.967 F + 45.277/F - 5.186 \text{ Si}_8/\text{Fe}_8$$

Niu, Batiza, 1991



Batiza, 1996

Оценка параметров
плавнения мантии для
южной части Восточно-
Тихоокеанского поднятия

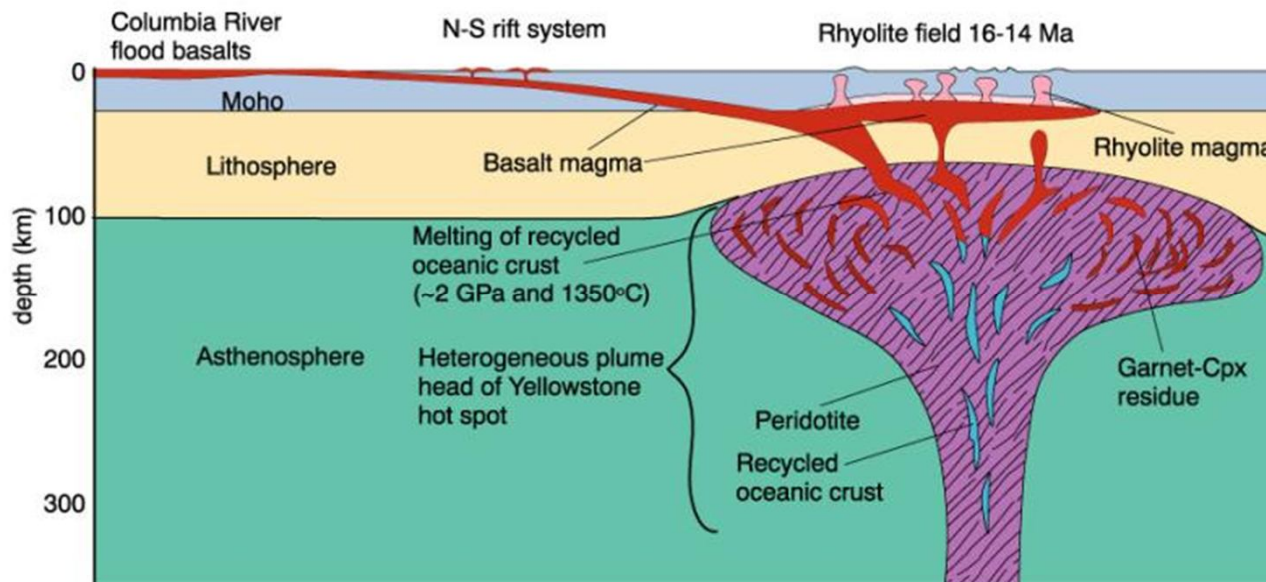
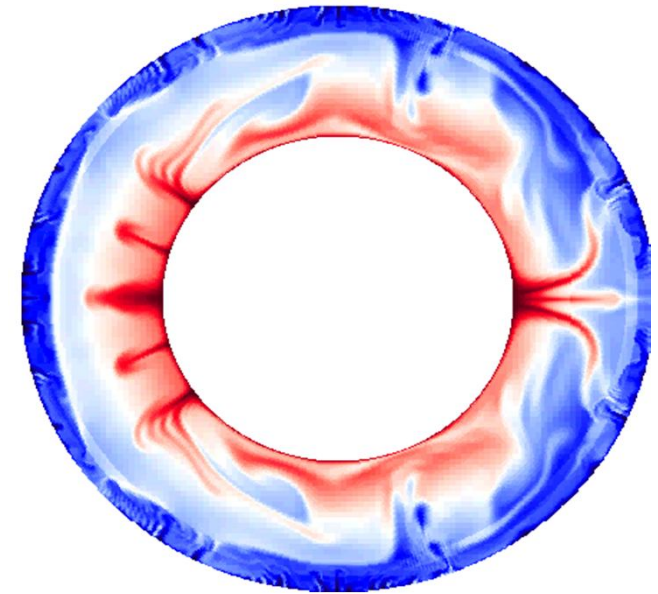
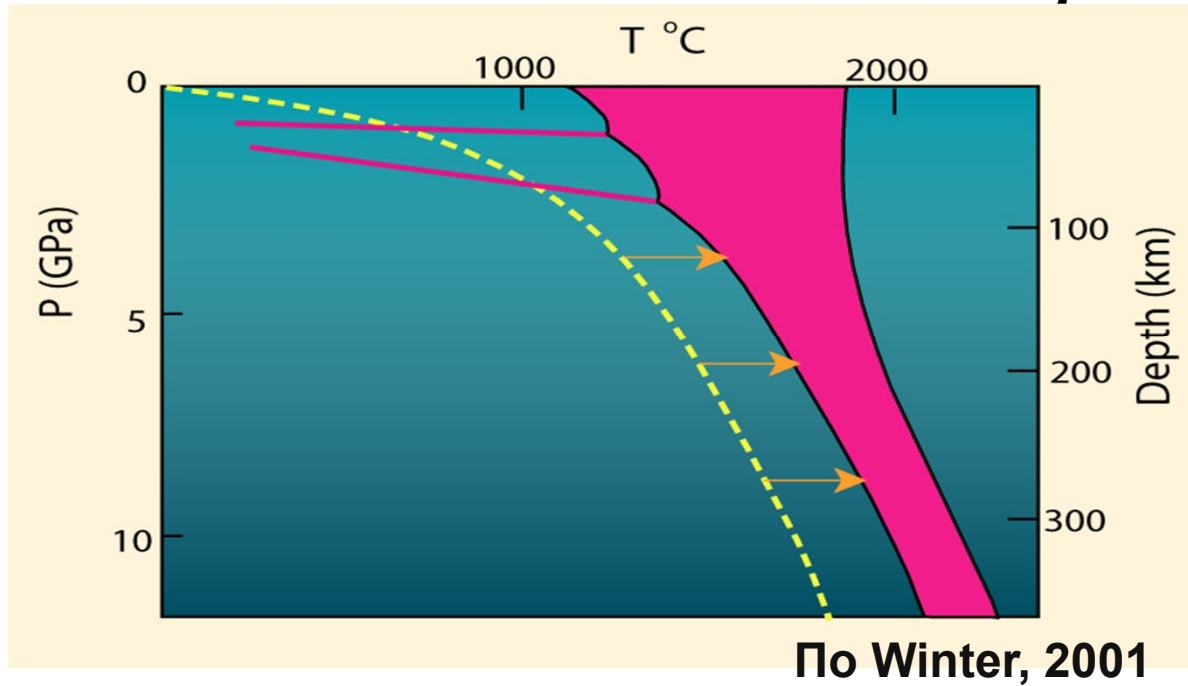


YAOLING NIU
Профессор
Университета
Durham, UK



Rodey Batiza,
NSF, директор
программы
изучения
океана

Плавление за счет прогрева мантии?



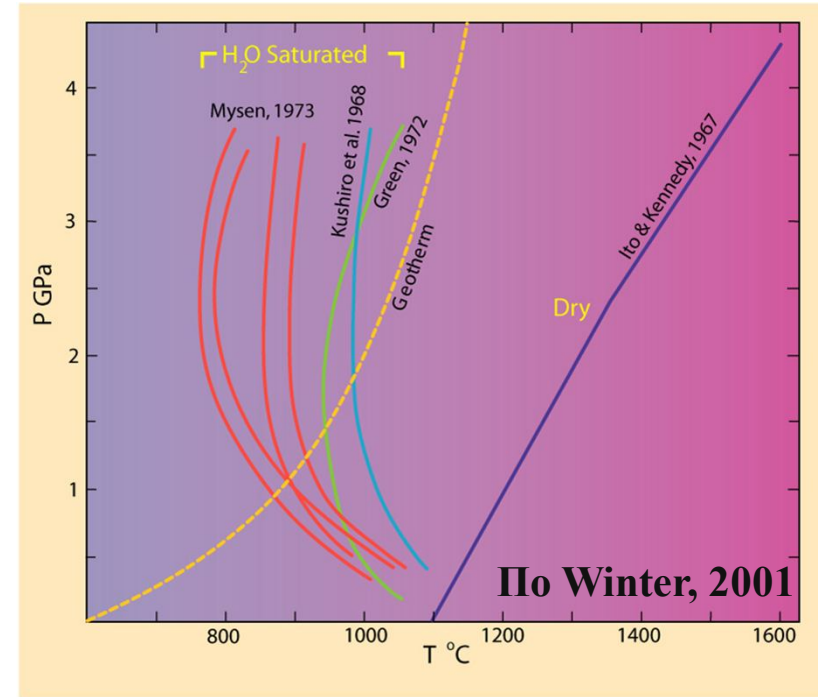
Возможен прогрев верхней мантии за счет подъема вещества из нижней мантии. Разница температур должна быть очень большой (>300K)

Плавление перidotитов под воздействием флюида

В мантийных породах $< 0.1\% \text{ H}_2\text{O}$

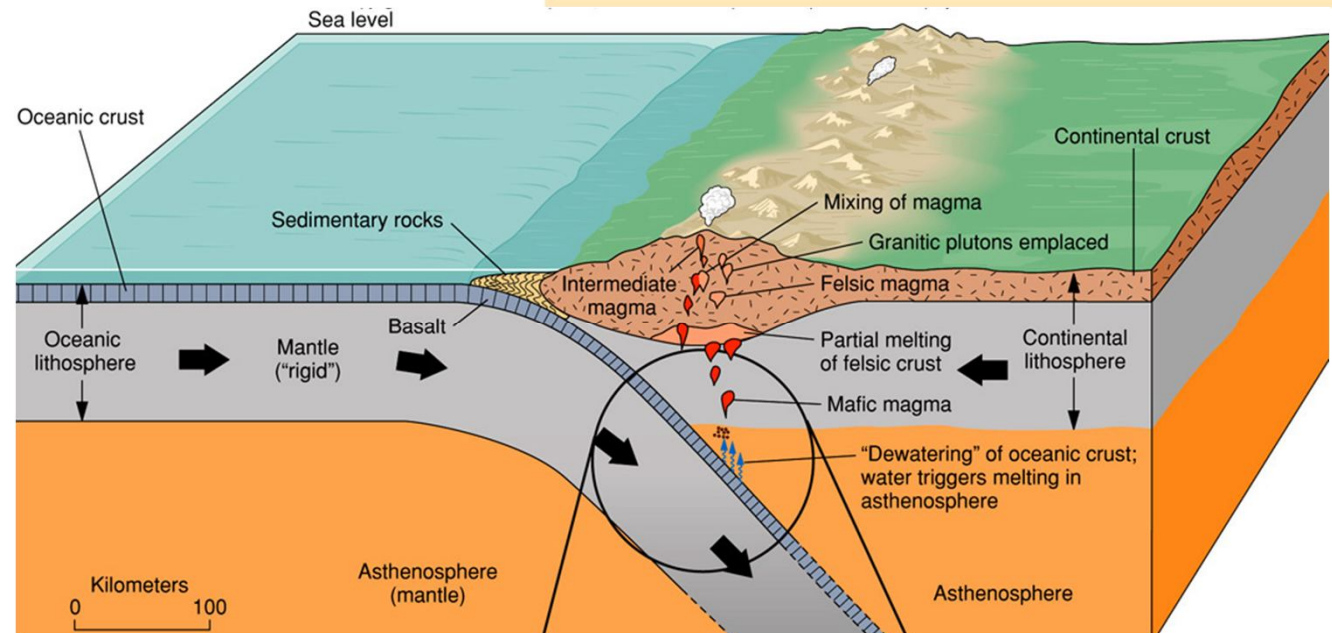
Tetsuro Hirono, 2001 оценил количество воды, поступающее в мантию из субдуцированной плиты как $3.56 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{y}$ на m^2 .

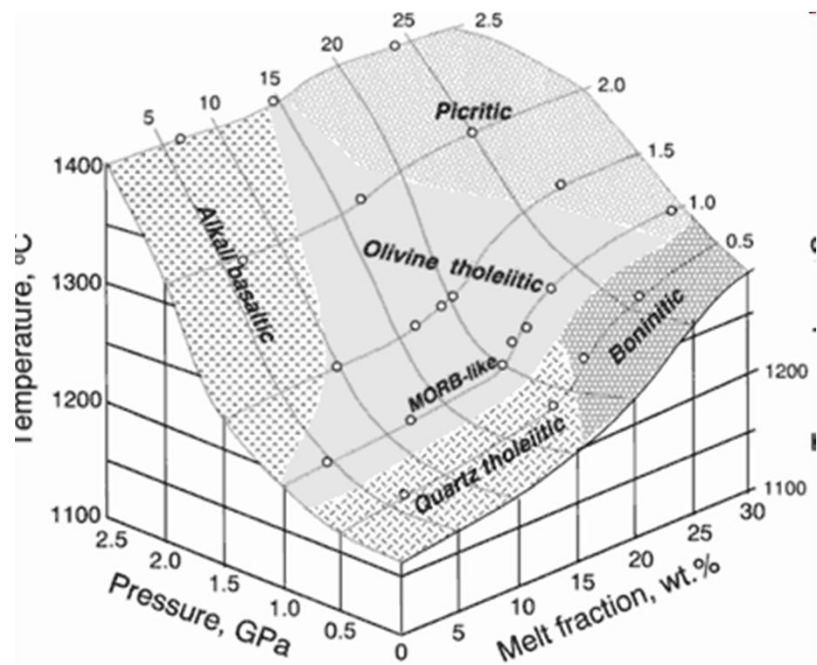
Поступление воды в вышележащую мантию приводит к ее частичному плавлению на 20-25%



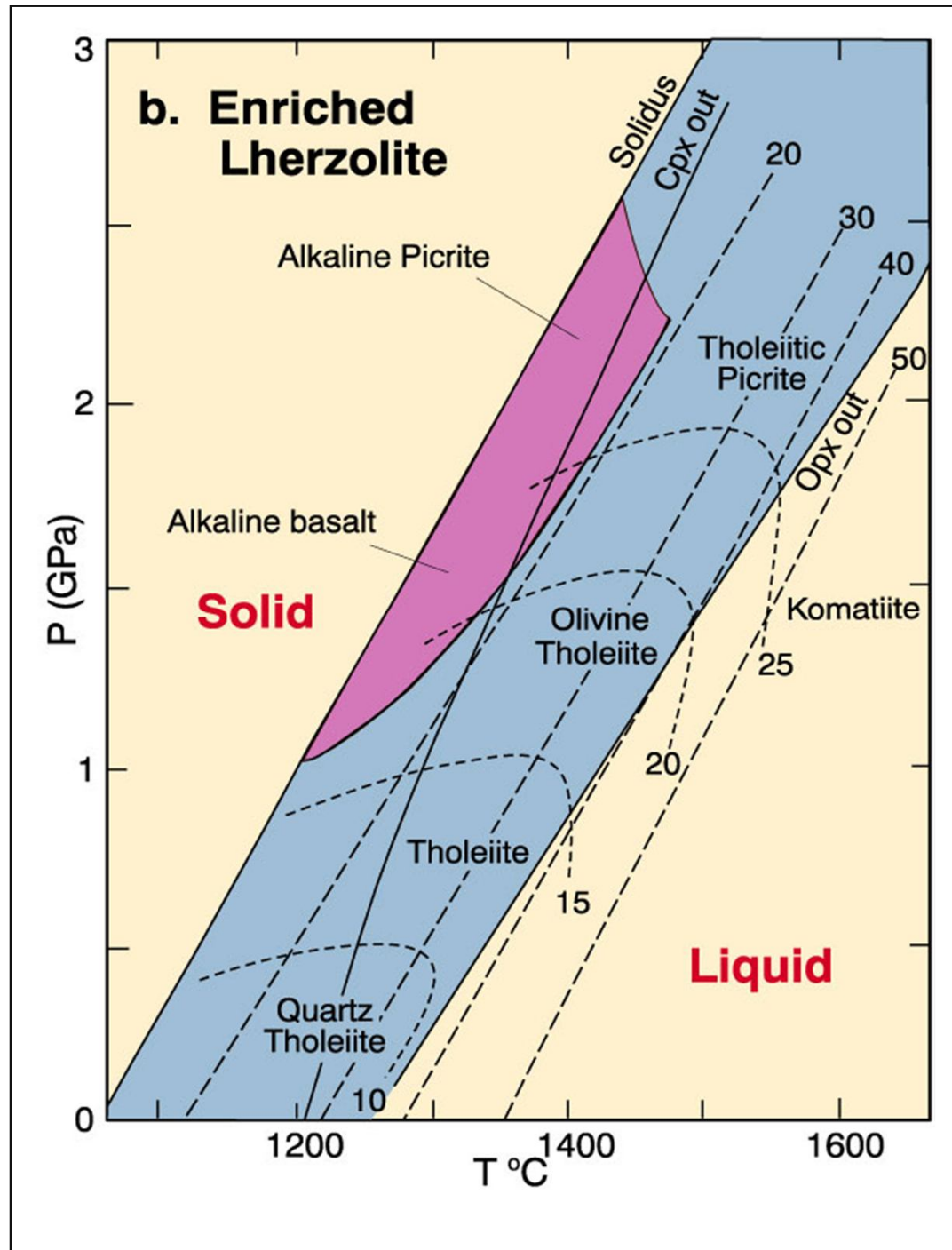
Гидратированная океаническая плита

Астеносферная мантия





Ikuo Kushiro, 1996, 2001



Принцип магматических формаций

- Геодинамическая обстановка определяет не одну отдельную характерную породу(магму), а совокупность магматических пород.
- Выделение формаций сложно, так как далеко не всегда понятно к одной обстановке относятся породы или к разным.

Принцип магматических формаций

Для современных обстановок можно применить формальные критерии:

- Однородная – состоит только из однотипных пород
- Непрерывная или контрастная
- Принадлежность к генетической серии (нормального ряда, субщелочная, щелочная)

Для океанов характерны

- Базальтовая однородная формация (толеитовая) – может быть в любых геотектонических обстановках
- Оливиновые базальты-гавайиты-муджиериты-трахиты – непрерывная формация, характерна для океанических островов и трансформных разломов
- Щелочной базальт –(фонолит)– трахит - характерна для океанических островов и трансформных разломов
- Нефелинолиты-фонолиты – щелочная (натровая) формация океанических островов