

Тема занятия (лекция № 5):

**РЕОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА И
ФАЗОВЫЙ СОСТАВ МАГМ**

Определения магмы и магматического расплава



“Под магмой понимают более или менее жидкую субстанцию, которая поступает различных глубин Земли и при благоприятных условиях извергается на поверхность в виде лавы” (*Hatch et al., 1972*).

Оксфордский словарь определяет магму просто как “жидкость со взвешенными кристаллами”,

а известный петролог *Мак-Бирни (1984)* характеризует магмы как “полностью или частично расплавленное природное вещество, которое при остывании дает кристаллические или стекловатые породы”.

Близкое определение приведено в *Советском геологическом словаре (1978)*: “магма - расплавленная огненно-жидкая масса (чаще силикатная), возникающая в земной коре или верхней мантии и дающая при застывании магматические горные породы”.

Три главных составляющих понятия магмы

- (1) особенностях химического состава (*чаще силикатная*),
- (2) агрегатного состояния (*более или менее жидкая субстанция*) и
- (3) породообразующей роли магм в геологических процессах (*извергается в виде лавы, дает при застывании горные породы*)

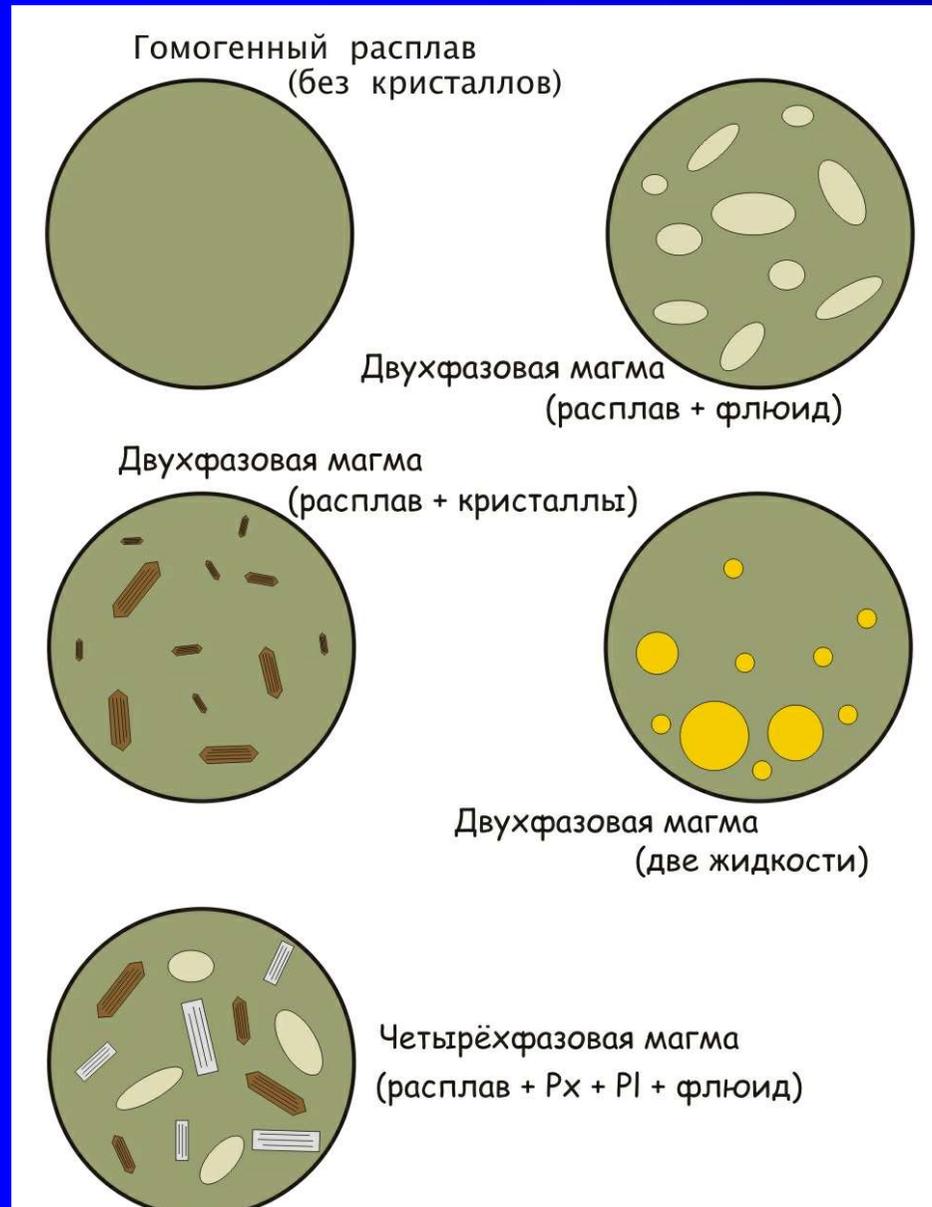
**Примеры некорректных утверждений,
что “магма идентична”**

**интерстициальным
стеклам**

**расплавным
включениям**

**тонкозернистой
фракции или
мезостазису пород**

Возможный фазовый состав магм



Одно из определений магм подчеркивает (Ю.А. Кузнецов, 1990), что они могут представлять **физически гомогенные** (силикатный расплав \pm растворенные летучие) или **чаще гетерогенные** (расплав + кристаллы) системы, *“ведущим признаком которых является текучесть в массе, что достигается при содержании в смеси 25% жидкости”*.

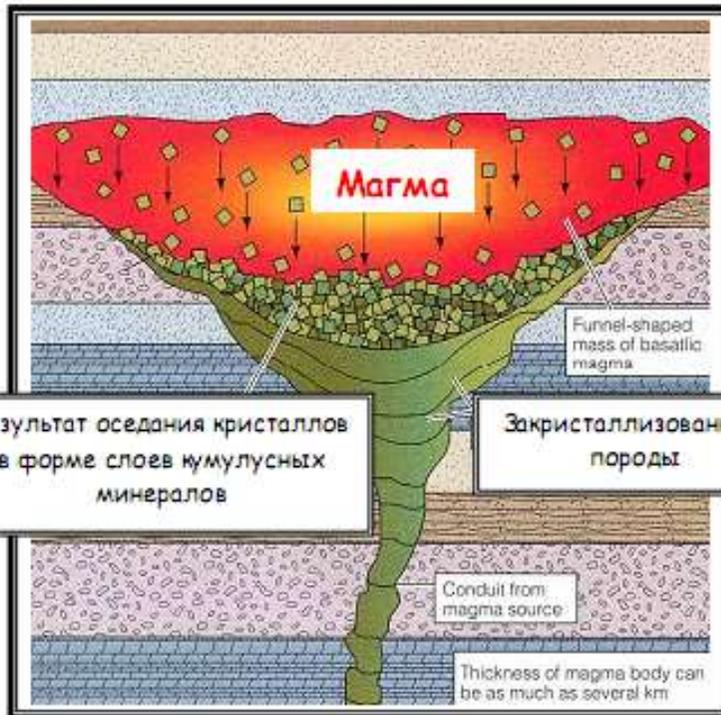
60% кристаллов

10-20% кристаллов

чистая жидкость

**Да! Это
все
магмы!**

Вариации фазового состава магм в интрузивной камере



Результат оседания кристаллов в форме слоев кумулюсных минералов

Геологическая модель камеры (традиционные представления)



Результаты термофизических расчетов динамики заполнения магмой камеры (Шарапов и др., 1998)

Эффективная вязкость магмы: $\eta_{sus} = \eta_l (1 - 1.35F)^{-2.5}$

Схема строения магмовода как системы сообщающихся магматических камер (Marsh, 1998)

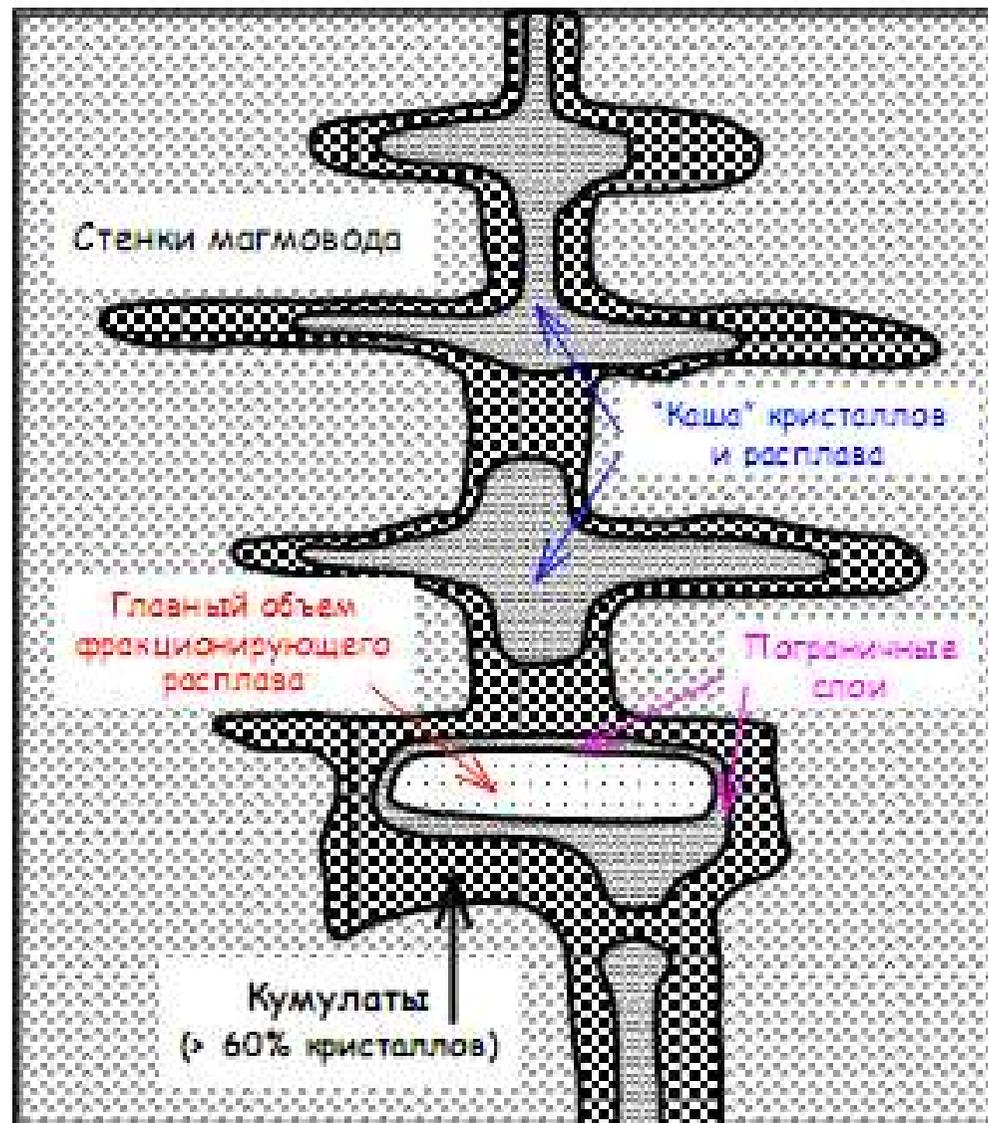
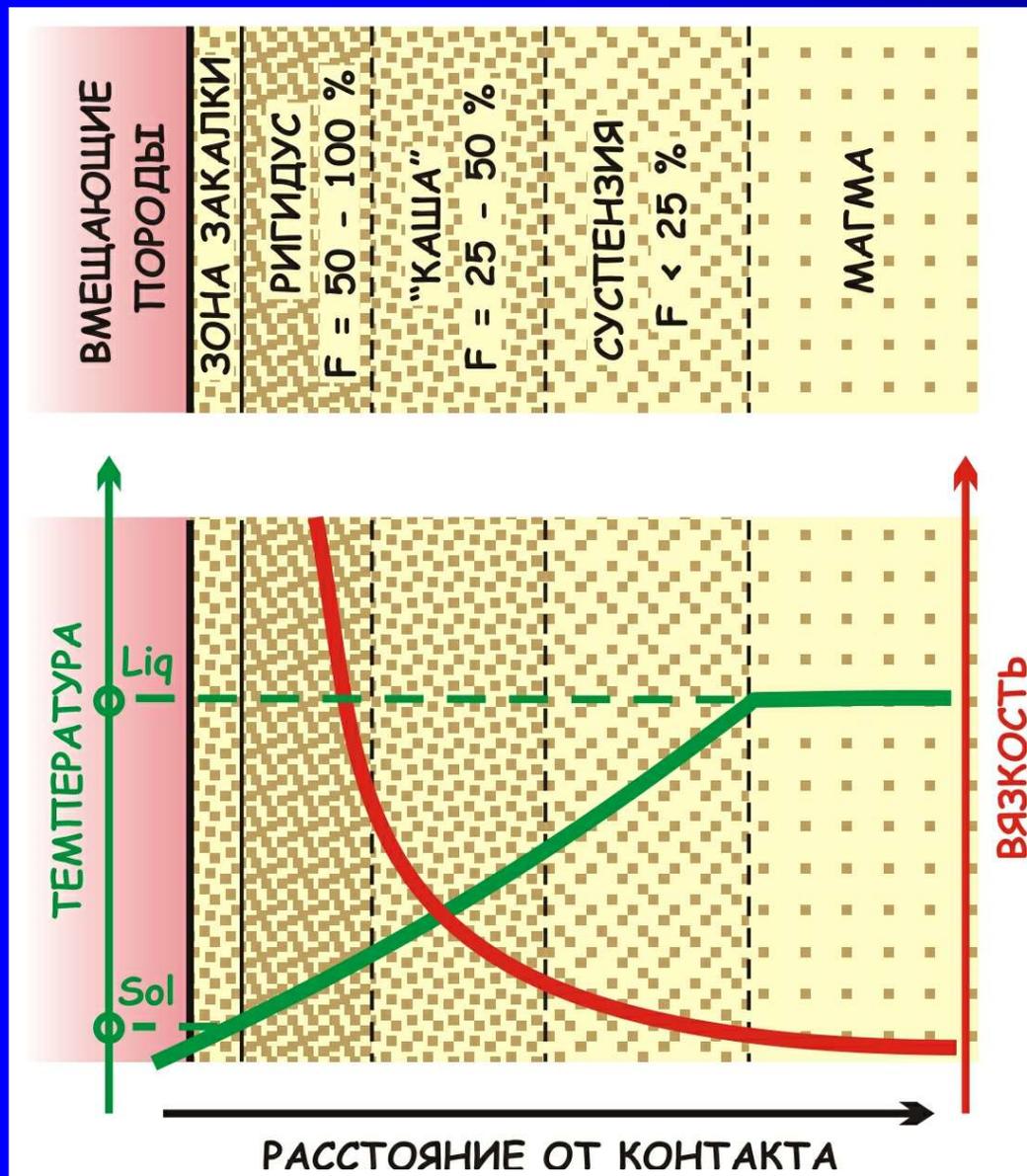


Схема демонстрирует гетерофазовую природу магм, для которых не характерно состояние совершенно свободной от кристаллов магматической жидкости.

Изменение температуры и вязкости магмы вглубь от контакта камеры



Магма – это гетерогенная расплавно-кристаллическая система (как правило силикатная), в которой пропорция жидкой фазы превышает долю критического расплава.

Последнее условие подчеркивает взаимосвязь кристалличности и вязкости магмы с возможностью перемещения субстанции в коре и мантии.

Жидкая часть магмы называется магматическим расплавом.

Исследования лавовых озер на Гавайях – оз. Килауэа Ики

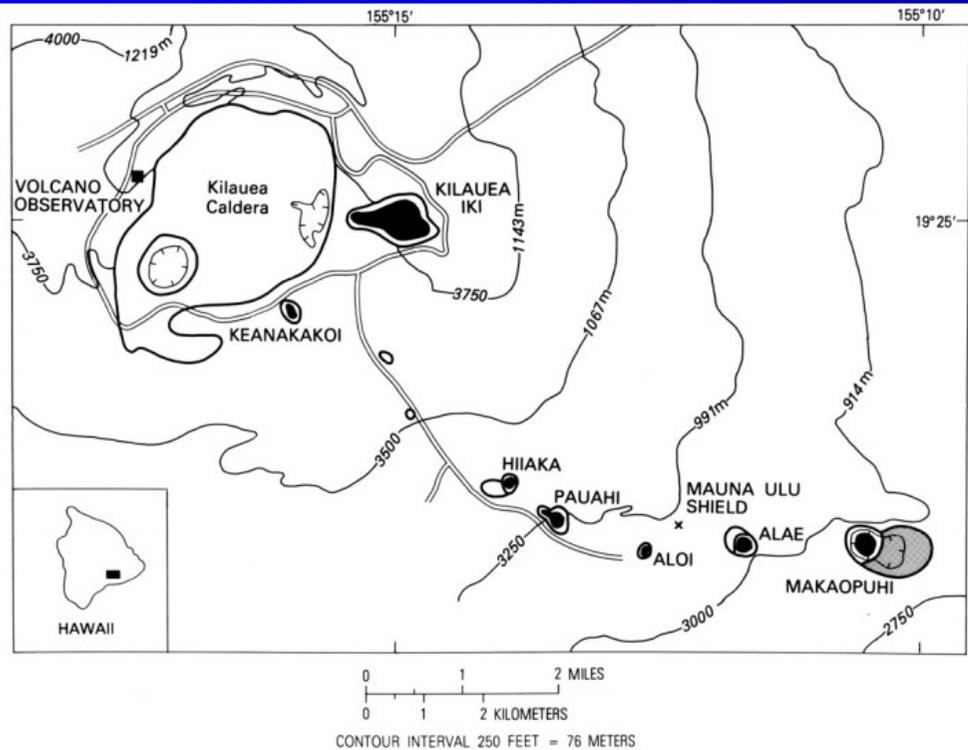


Fig. 1. Index map of the summit area of Kilauea Volcano, showing the location of Kilauea Iki lava lake relative to the summit caldera and to several other historic lava lakes (black). The prehistoric Makaopuhi lava lake is shown in with a stippled pattern.



Processes active in mafic magma chambers: The example of Kilauea Iki Lava Lake, Hawaii

Rosalind Tuthill Helz *

U.S. Geological Survey, M.S. 926A, 12201 Sunrise Valley Drive, Reston, VA 20192, USA

Fig. 2. Cross-section of Kilauea Iki lava lake, with a vertical exaggeration of 2:1. The vertical lines show locations of drill holes or closely spaced clusters of drill holes (designated A–F here and in subsequent figures). The concentric zones show the limit of drillable crust (black dots) in 1967, 1975 and 1979, with temperatures of the crust/melt interface in parentheses. The concentric zone and black dots for 1981 show the location of the 1100 °C isotherm at that time. By 1988 the maximum temperature in the lake was 1106 °C, at the location shown. Modified from Barth et al. (1994).

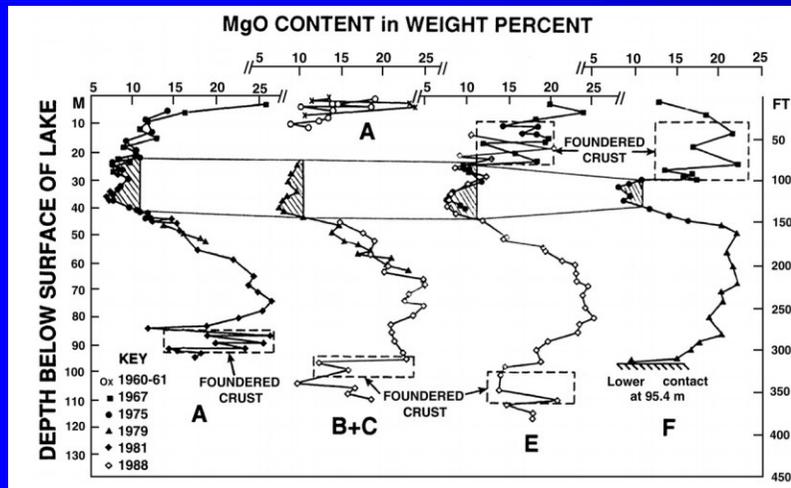
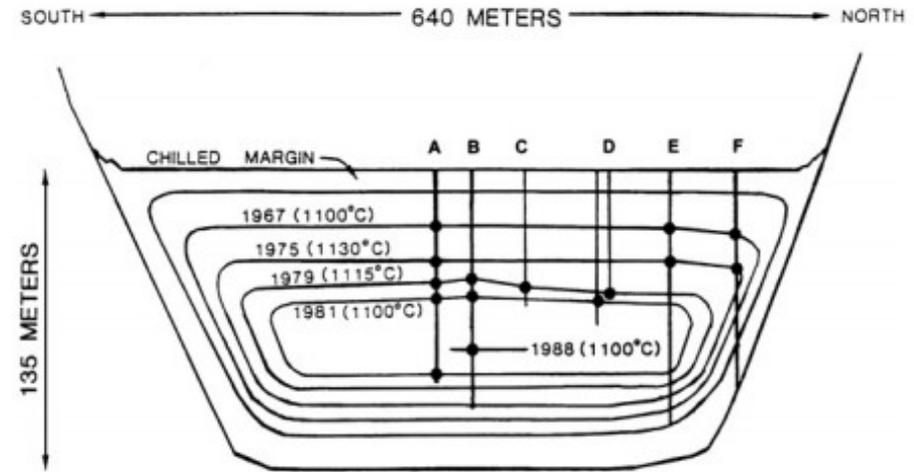
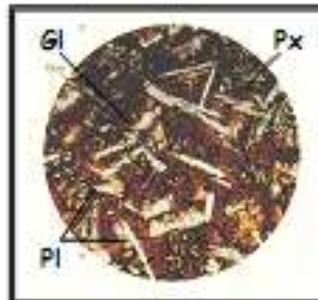
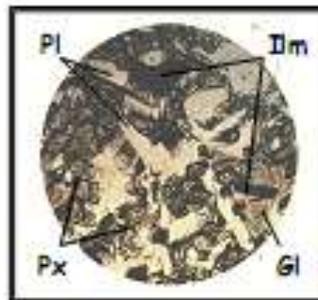
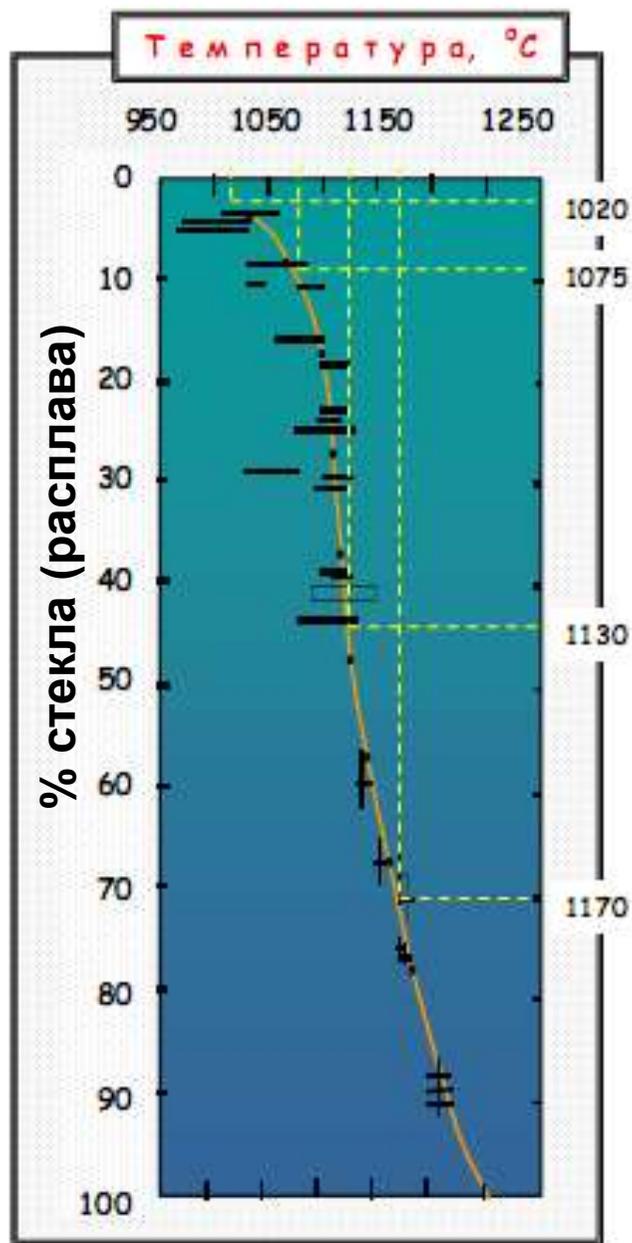


Fig. 3. MgO content of Kilauea Iki whole-rock samples (weight percent) vs. depth in the lava lake. Hatched area shows the parts of each section where MgO > 11.0% by weight. Blocks of foundered crust encountered during drilling are enclosed in dashed boxes. Sections labelled A–F correspond to the locations shown in Fig. 2.

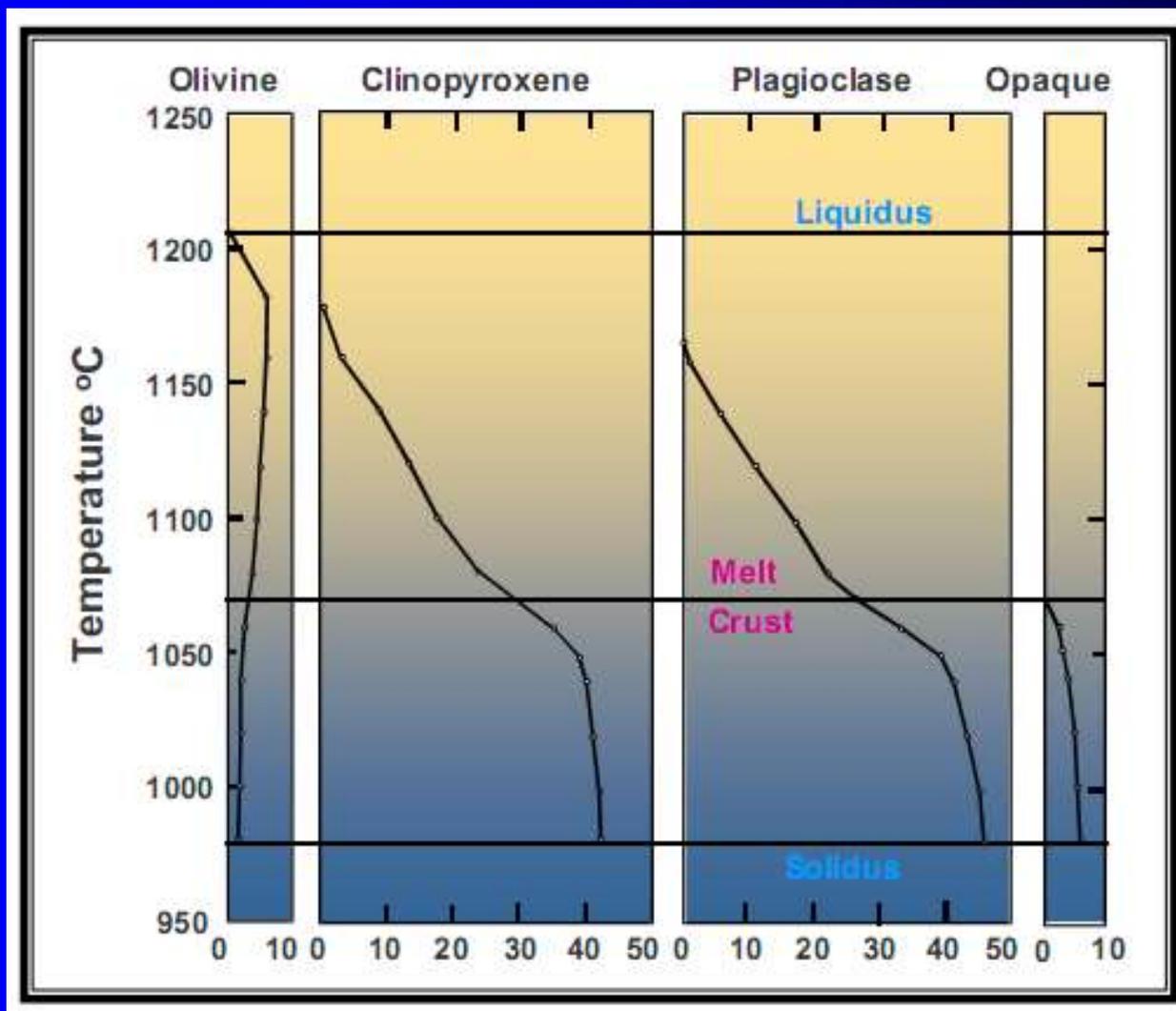




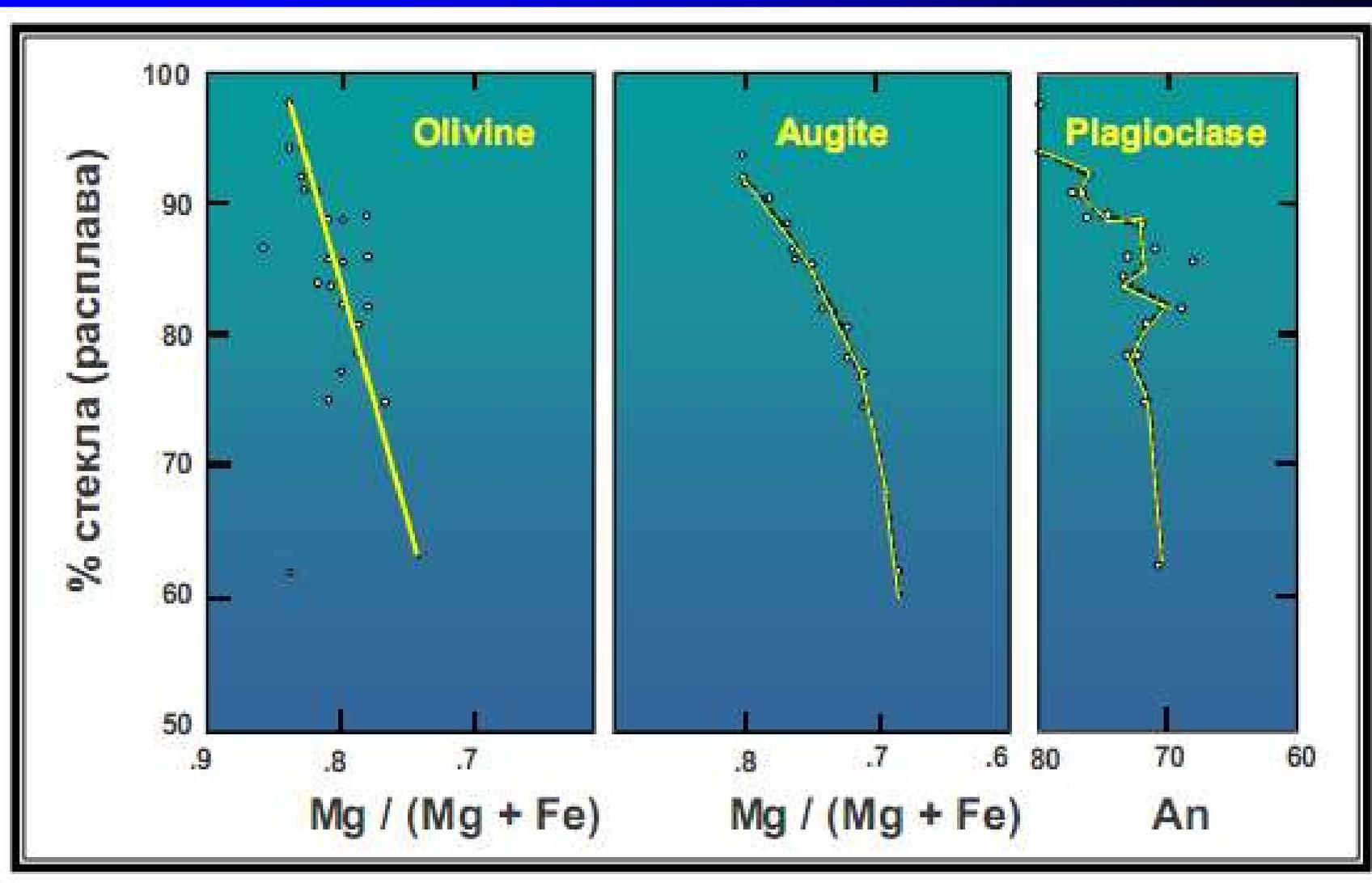
Вариации температуры в пограничном слое лавого озера Макаопухи



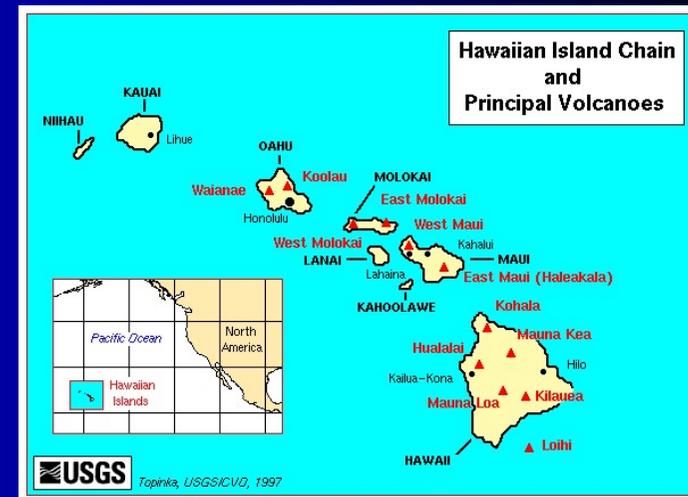
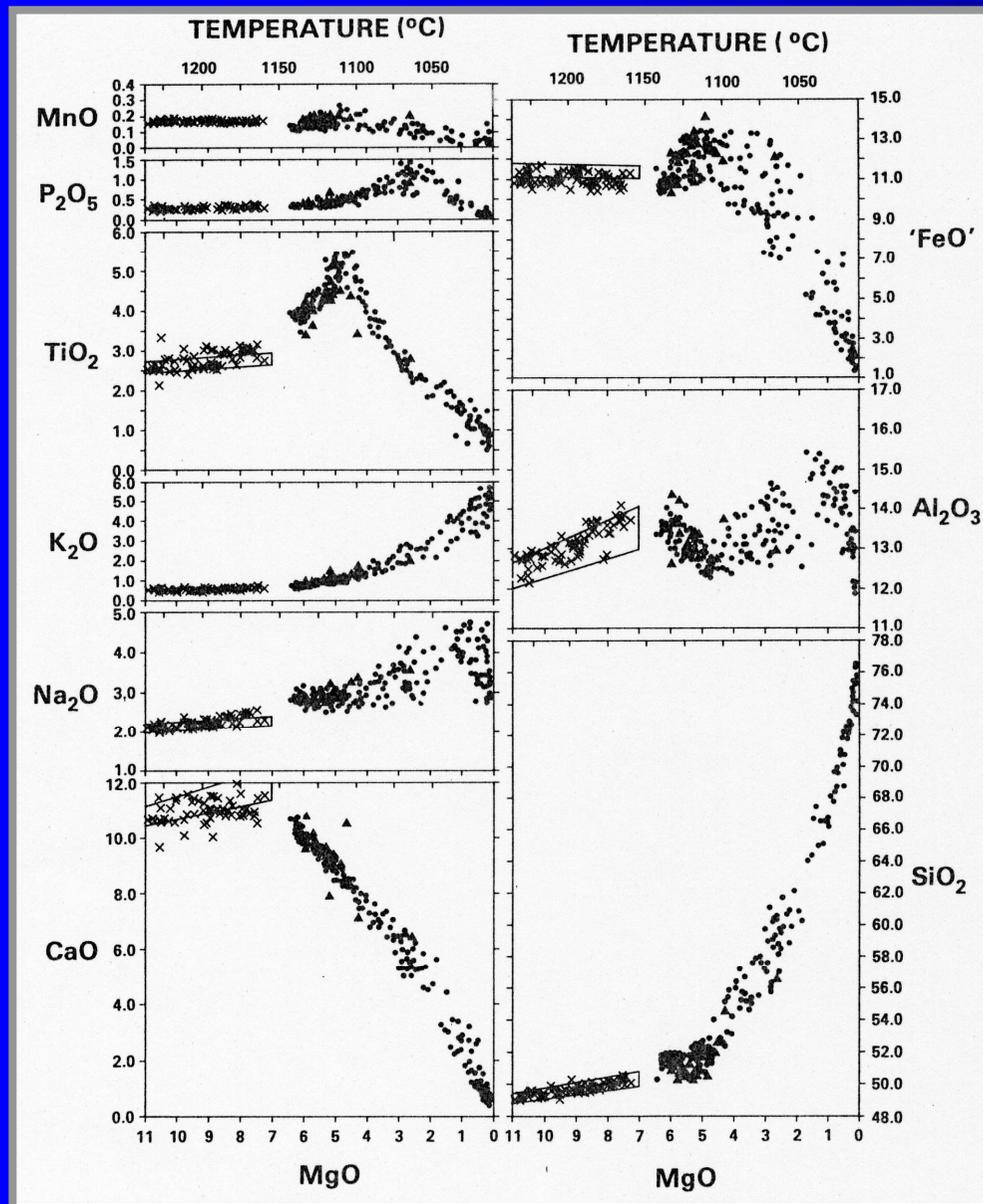
Пропорции минералов по разрезу пограничного слоя лавового озера Макаопухи



*Вариации состава минералов по разрезу пограничного
слоя лавового озера Макаопухи*



Составы базальтов и интерстициальных стекол в базальтах лавового озера Килауэа Ики на Гавайях



ПОДВЕДЕМ ИТОГИ

(1) Природные магмы представляют, как правило, гетерогенные системы, включающие взвеси кристаллов и магматического расплава

(2) Степень этой гетерогенности зависит от термической предыстории магматических взвесей/суспензий, включая скорости охлаждения на границах магмоводов и по периферии магматических камер

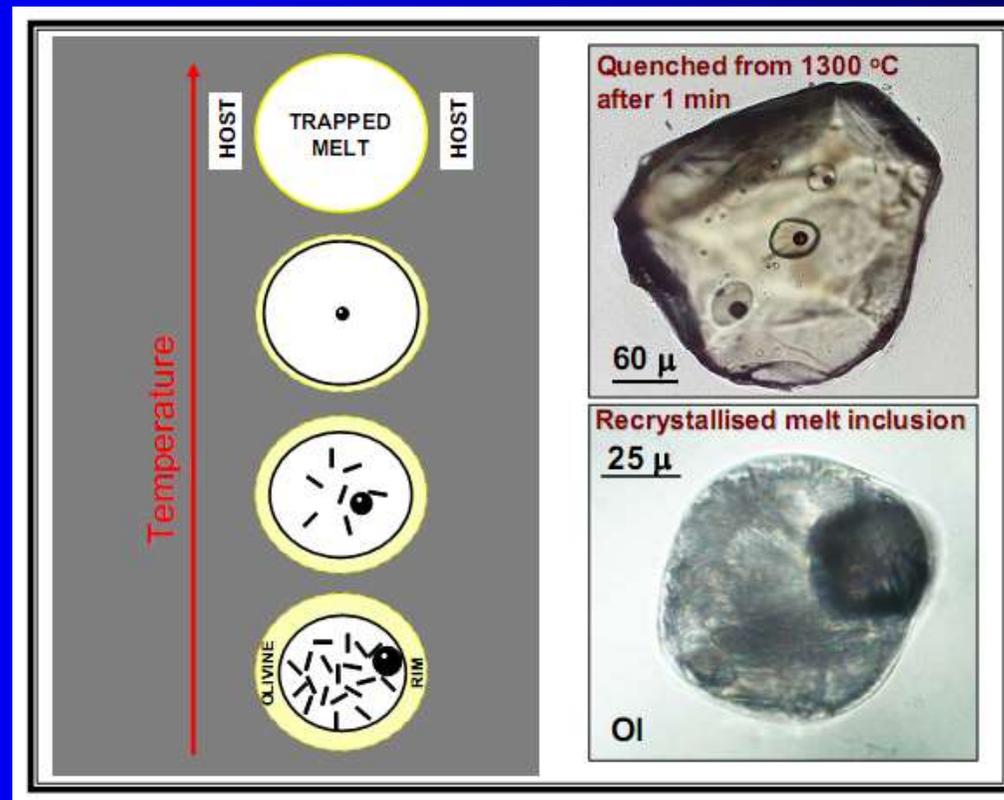
ПОДВЕДЕМ ИТОГИ

(3) Периферические части камер представлены пограничными слоями с постепенными переходами от ликвидуса до солидуса

(4) Для внутреннего строения этих пограничных слоев характерны широкие вариации состава минералов и остаточного расплава, т.е. *магматической жидкости*

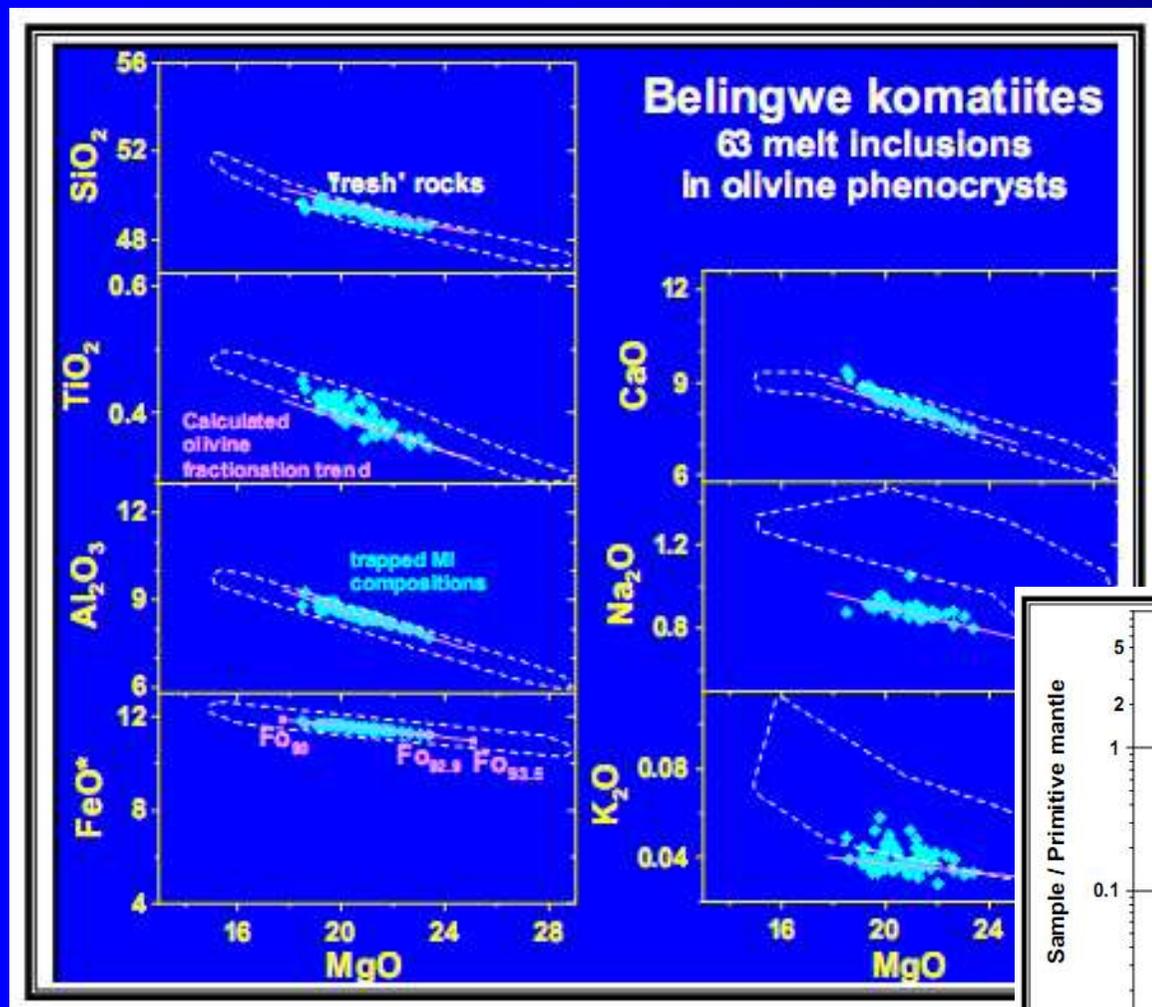
(5) Наличие композиционных градиентов предполагает возможность изменения состава основного объема магмы - *за счет кристаллизации в переходном слое, диффузионного обмена или в результате подмешивания магматической жидкости из пограничного слоя в основной объем*

Несколько соображений о "магматической" природе расплавных включений в минералах

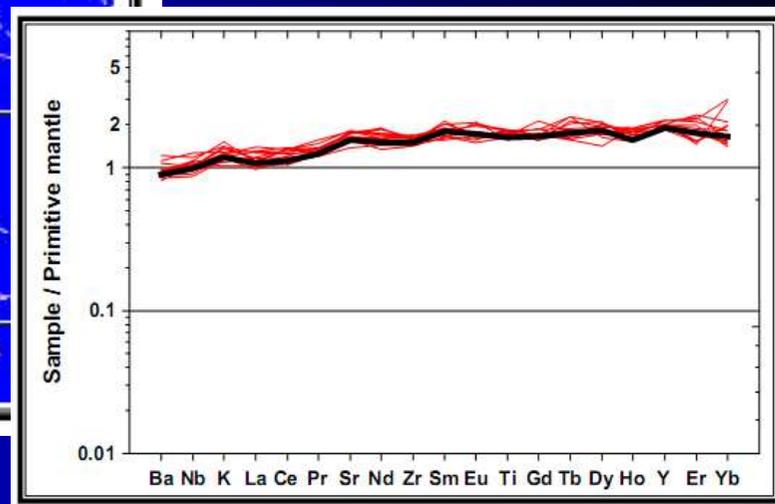


Метод гомогенизации расплавных включений

Составы расплавных включений и коматиитовых лав Белингве, Южная Африка

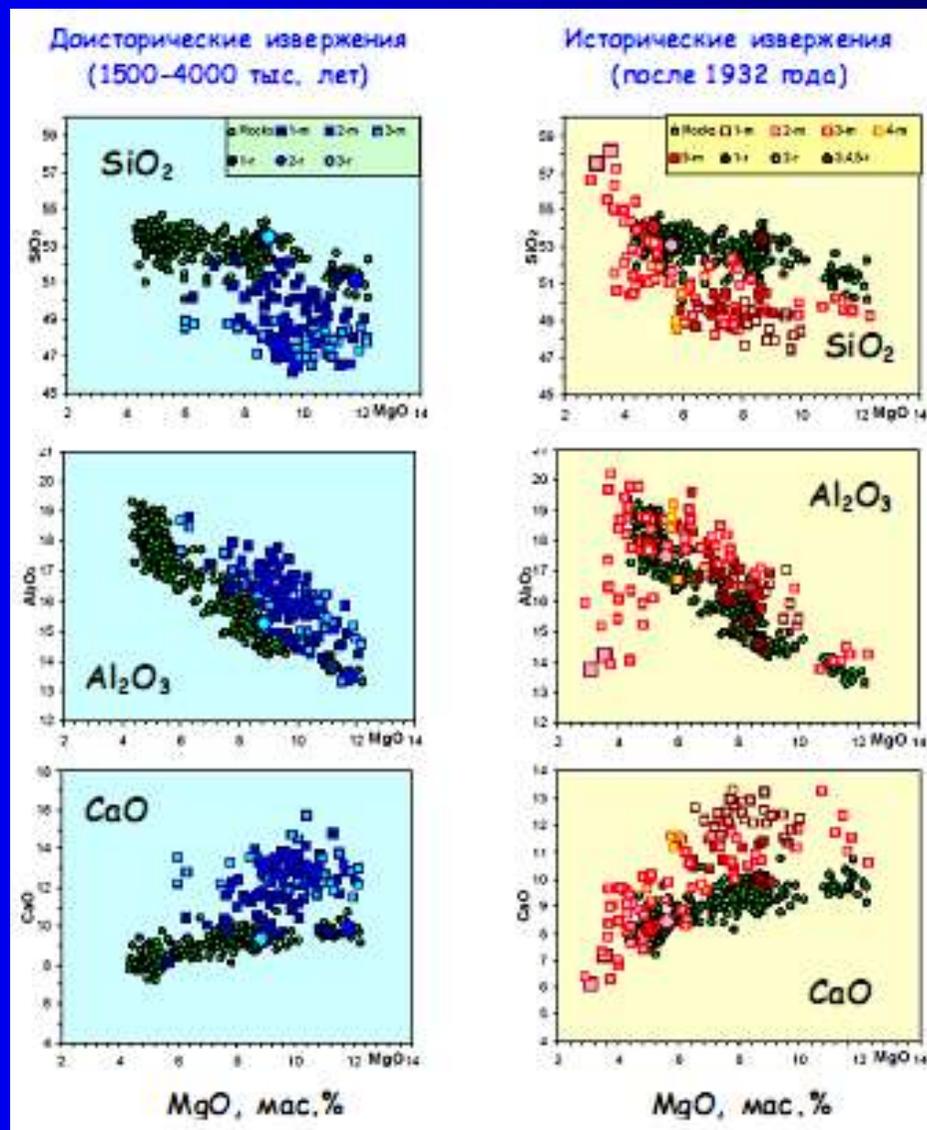


Л.В.Данюшевский,
Тасманийский ун-т,
Австралия

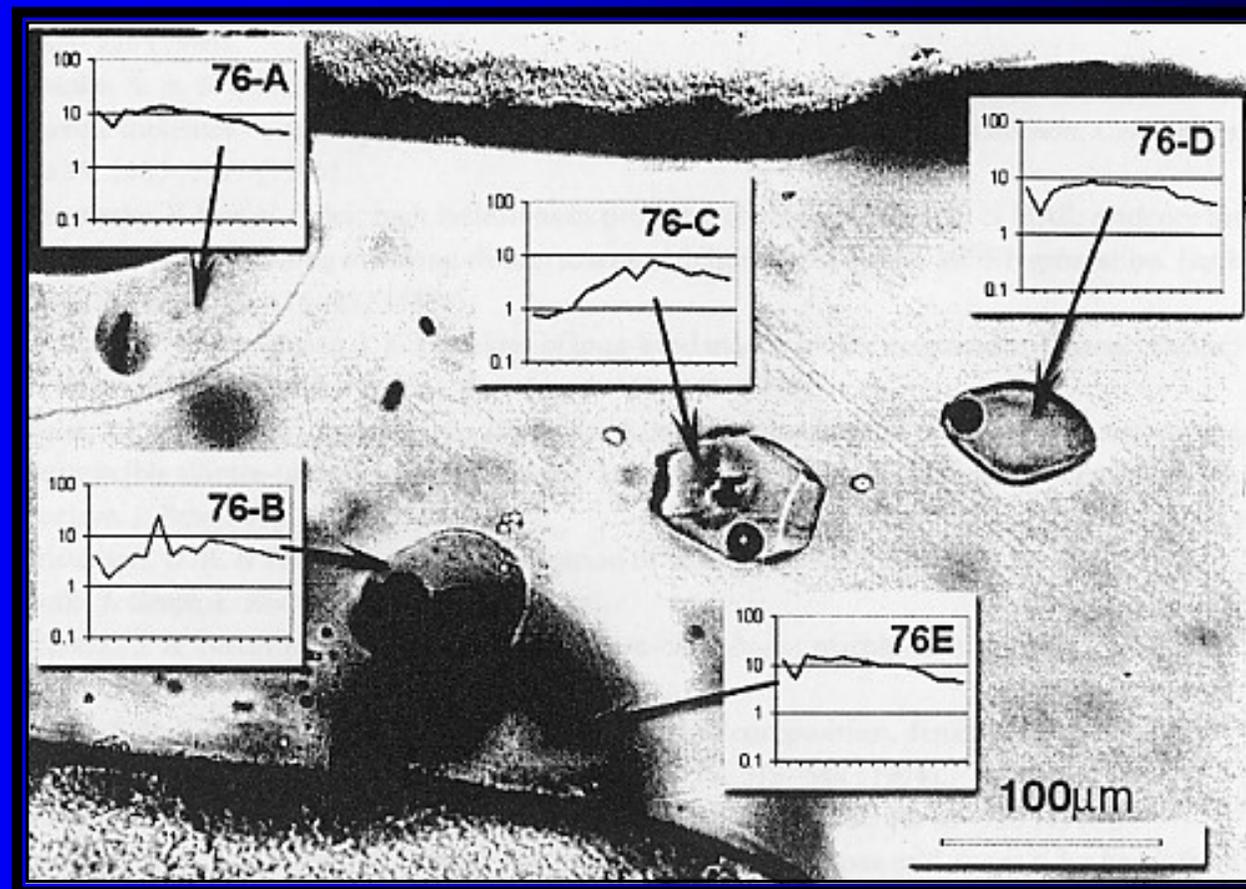


Составы расплавных включений и базальтовых лав Ключевского вулкана на Камчатке

(данные Н.Л. Миронова, М.В. Портнягина и П.Ю. Плечова)

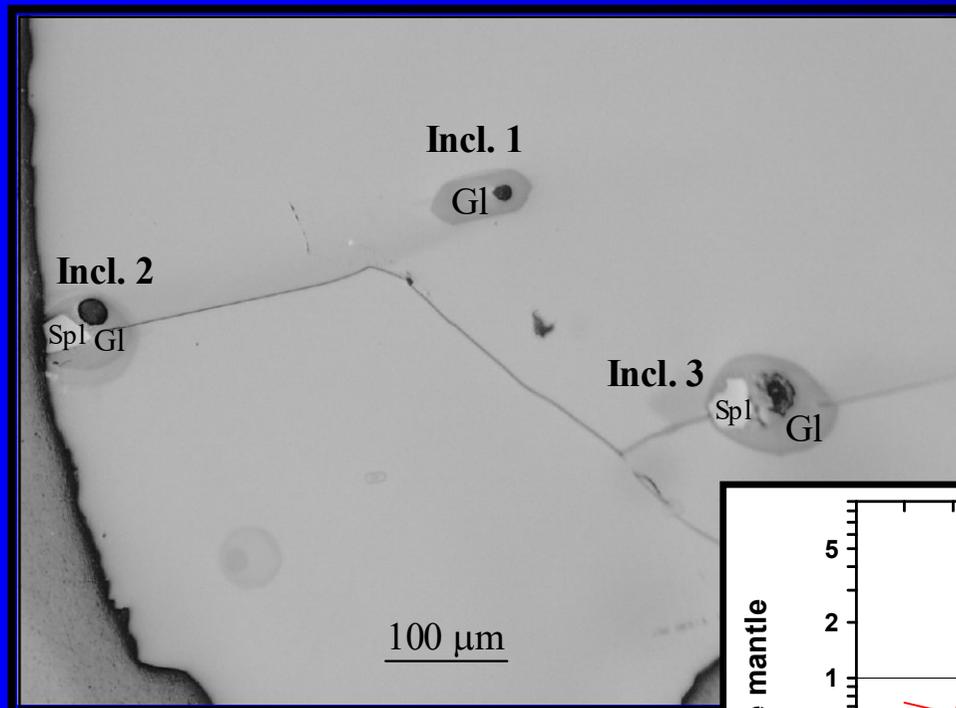


Пример аномальных расплавных включений

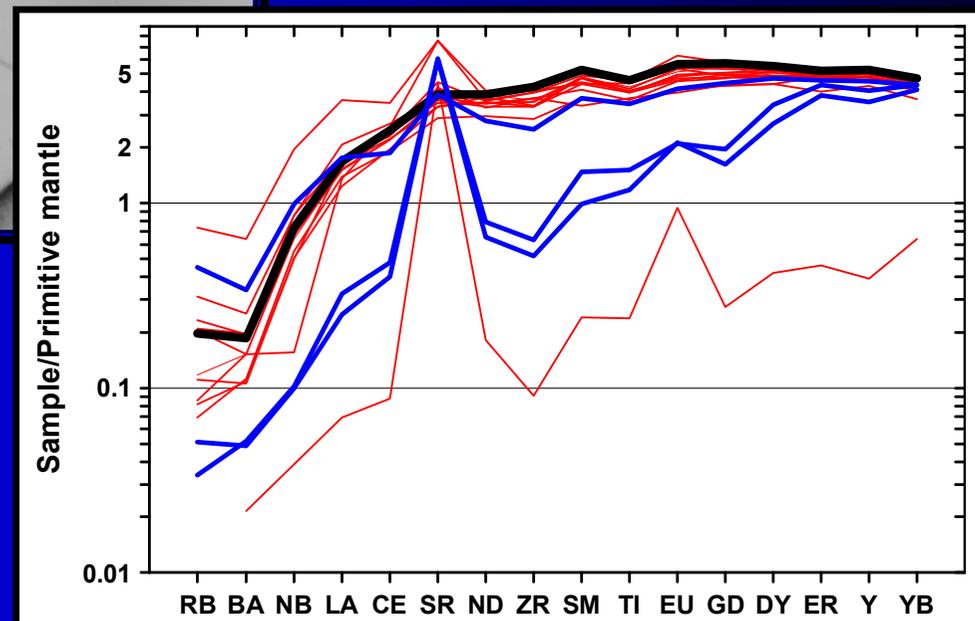


Включения в кристаллике оливине из лав Мауна Лоа (Гавайи), демонстрирующие различный характер спайдерграмм для Р.З.Э.

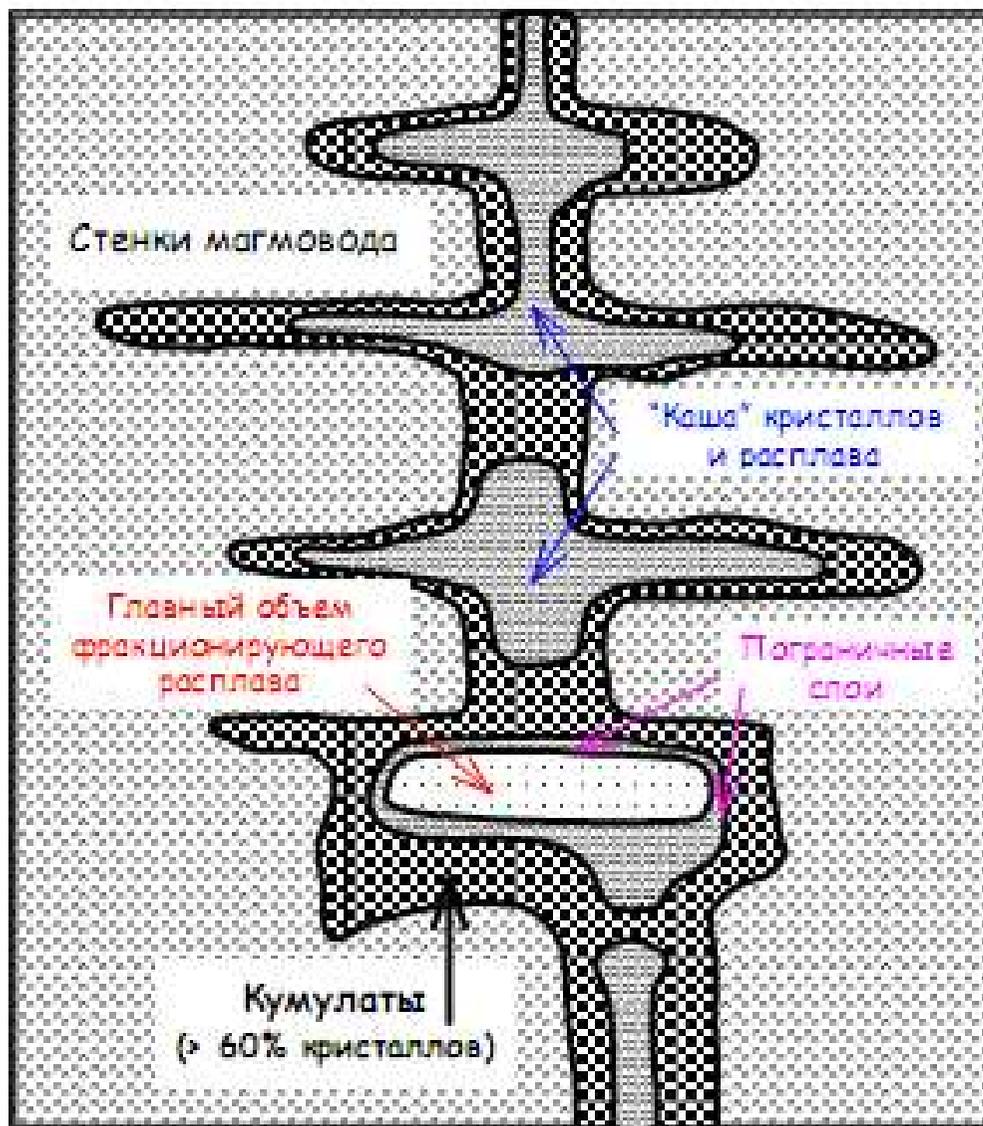
Пример аномальных расплавных включений



Спайдердиаграммы состава расплавных включений



Включения в оливине из MORB базальтов разлома Сикейрос, демонстрирующие различный характер поведения Sr



Гетерогенность магматических суспензий рождает гетерогенность остаточных расплавов, а значит и разнообразие расплавных включений, которые могут захватываться растущими кристаллами!

Насколько соотносятся составы таких включений с составом основного объема «горячей» магмы – непростая задача петрологии