

*Общая тема:*

# МАГМАТИЧЕСКИЕ ФОРМАЦИИ ОКЕАНИЧЕСКИХ ОСТРОВОВ

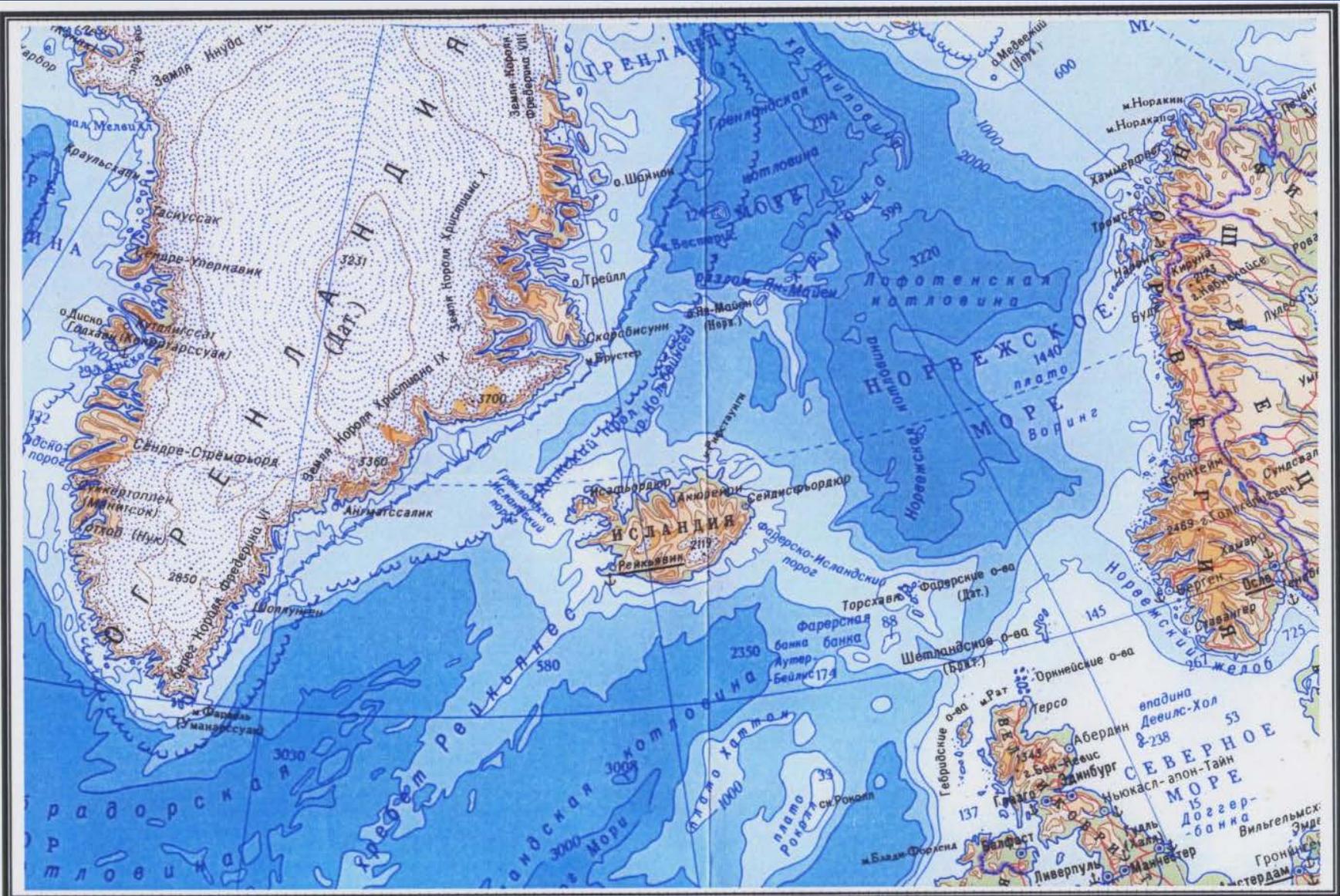
*Лекция № 166*

## ИСЛАНДСКИЙ МАГМАТИЗМ

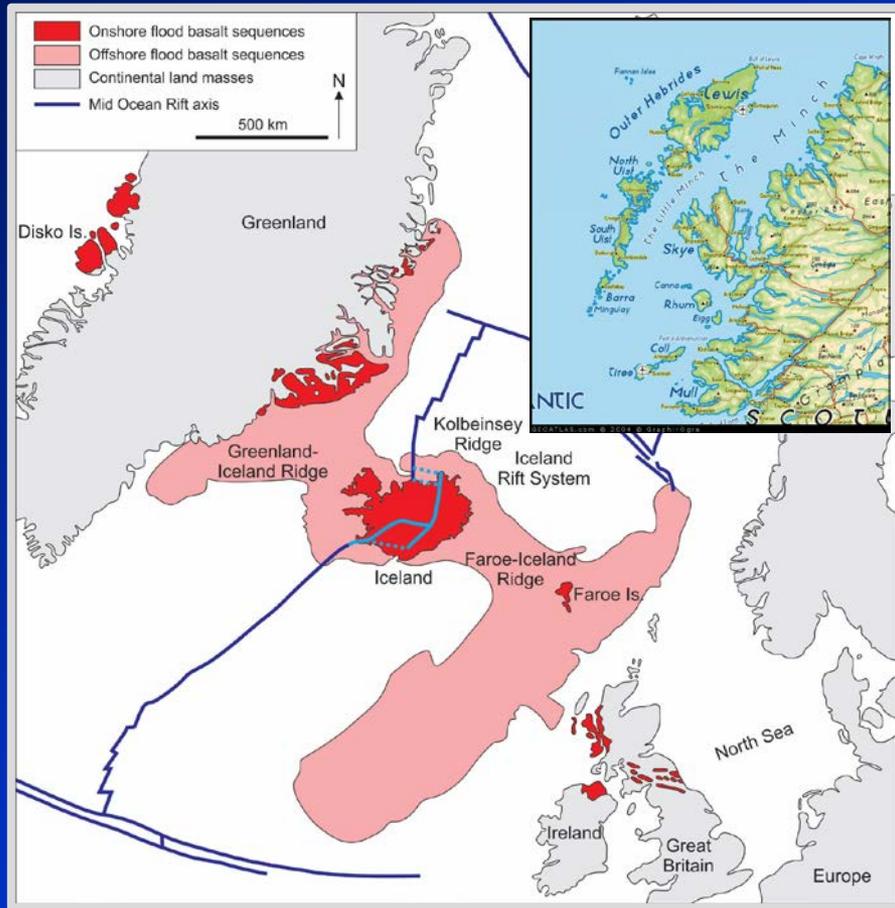
*особенности вулканизма, эволюция и  
главные типы магматических серий*



# Географическое положение Исландии



# Британо-Арктическая провинция изверженных пород



*Исландское плато или  
Гренландско-Фарерский порог*

*Базальты Фарерских о-вов*



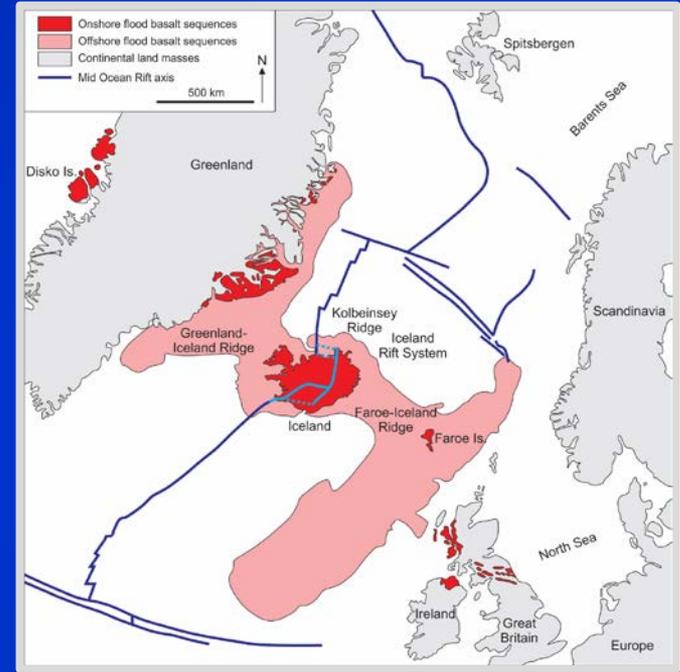
*Базальты о. Скай в Шотландии*



# Британо-Арктическая провинция изверженных пород



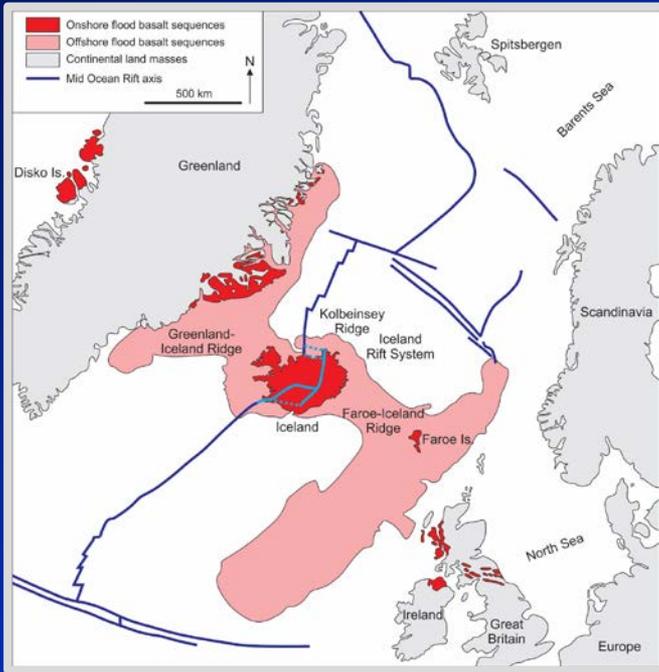
Западная Гренландия



остров Диско

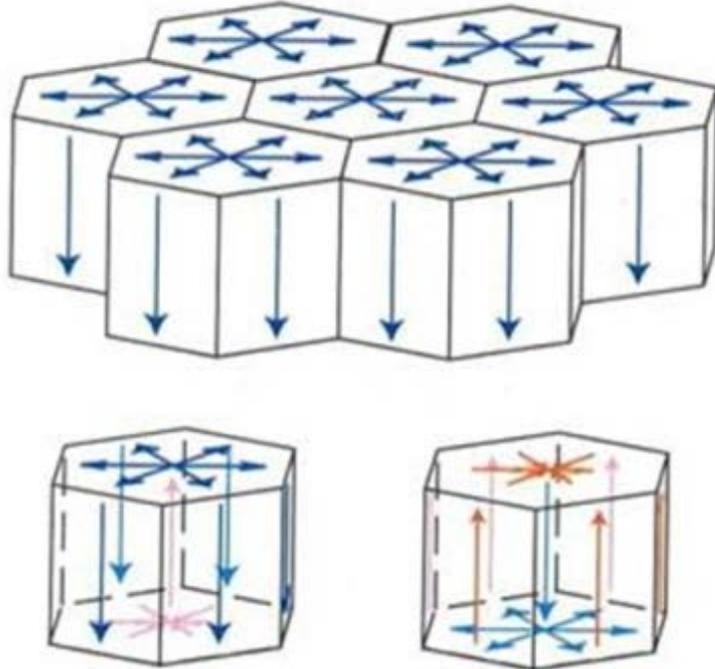
# Британо-Арктическая провинция изверженных пород

*Западная Гренландия*

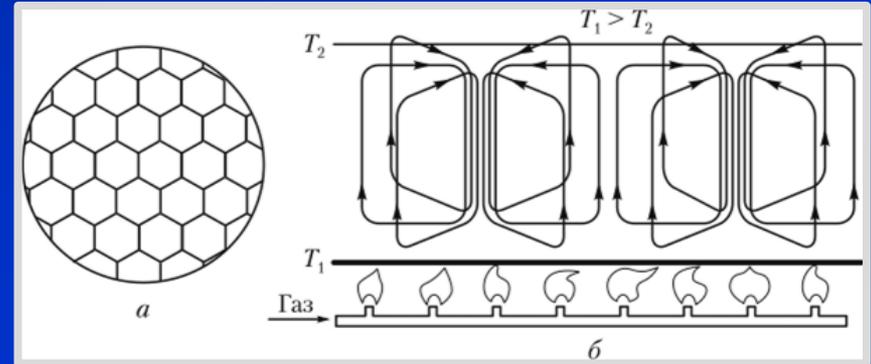


*Тропа Гигантов в  
Северной Ирландии*

# Природа столбчатой отдельности



**Рис. 2.** Графическая схема движения вещества внутри ячеек Бенара



**Рис. 6.** Ячеистая структура на солончаках соляного озера в Боливии

Термическая  
конвекция  
Бенара?



**Столбчатая отдельность**

# Столбчатые базальты и конвекция Рэля—Бенара

С.В. Чудов  
Москва

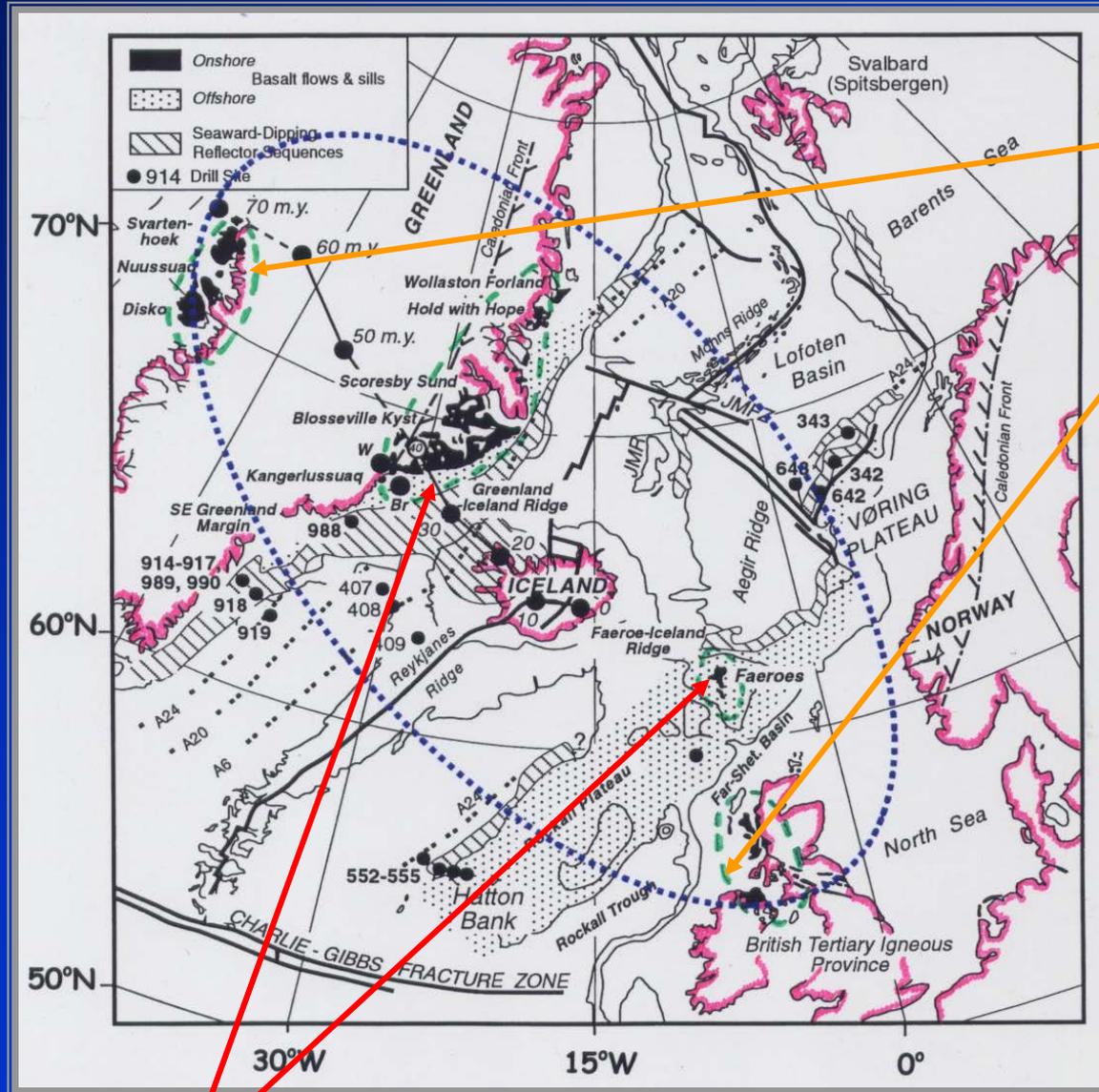


*Нарушение сообщенности*

Идея  
многоярусной  
Бенаровской  
конвекции



# Британо-Арктическая провинция изверженных пород



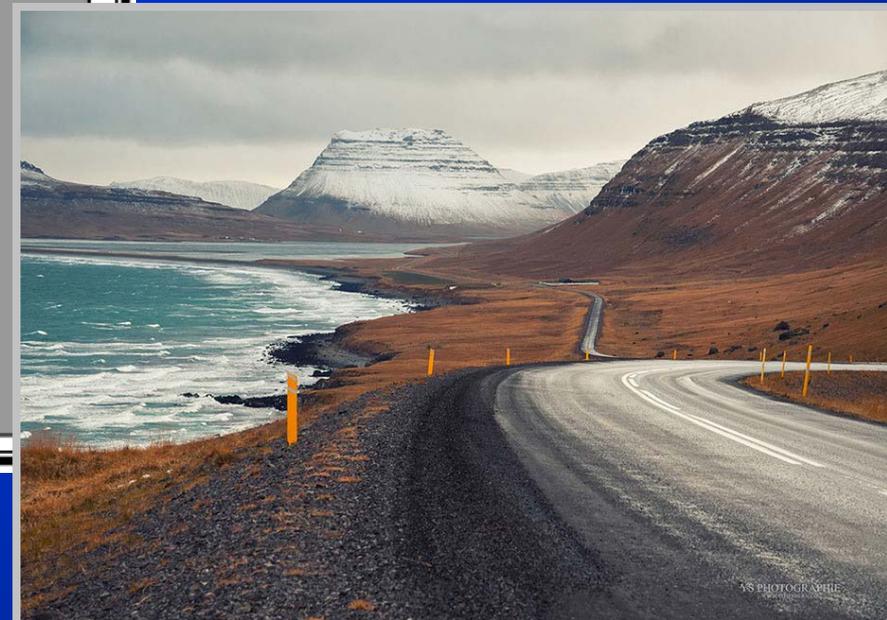
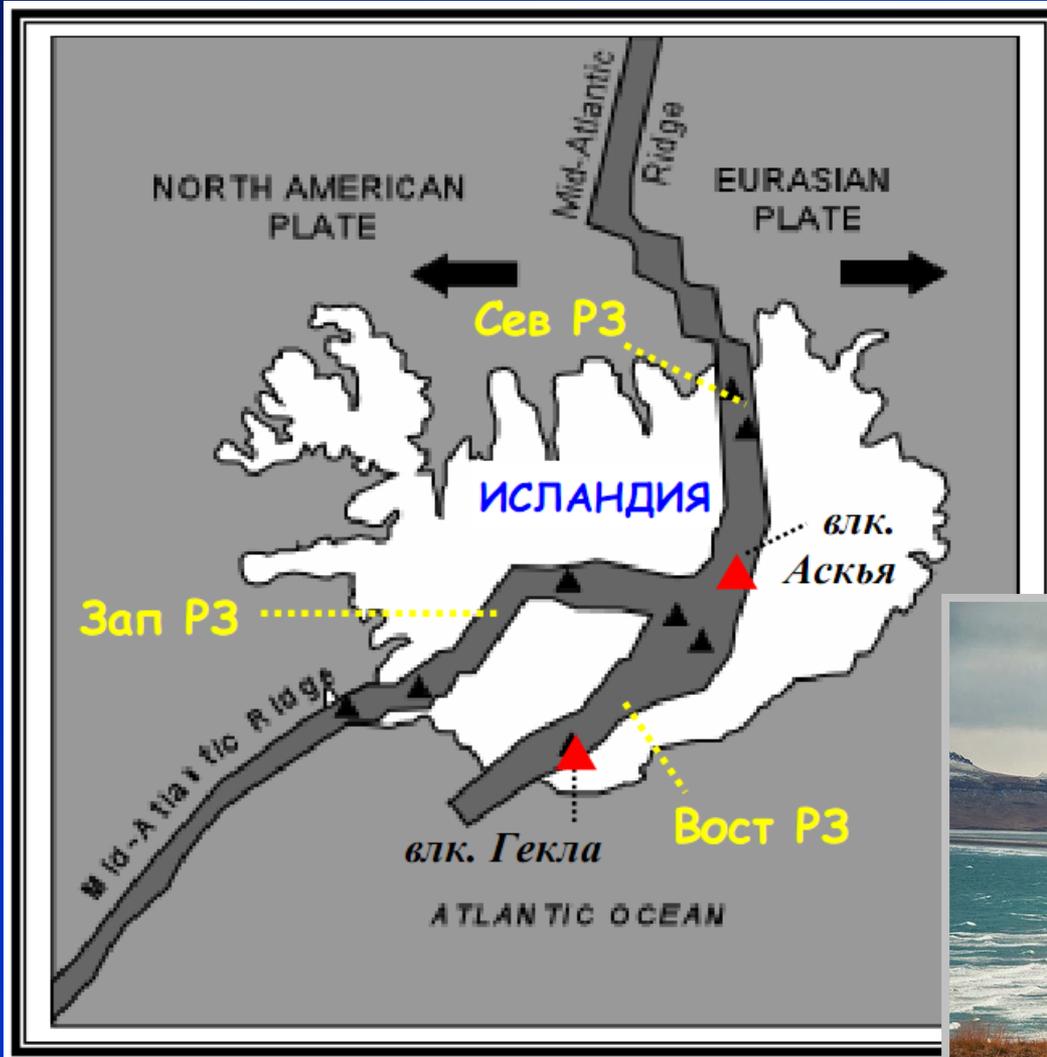
I фаза (~60 Ma)



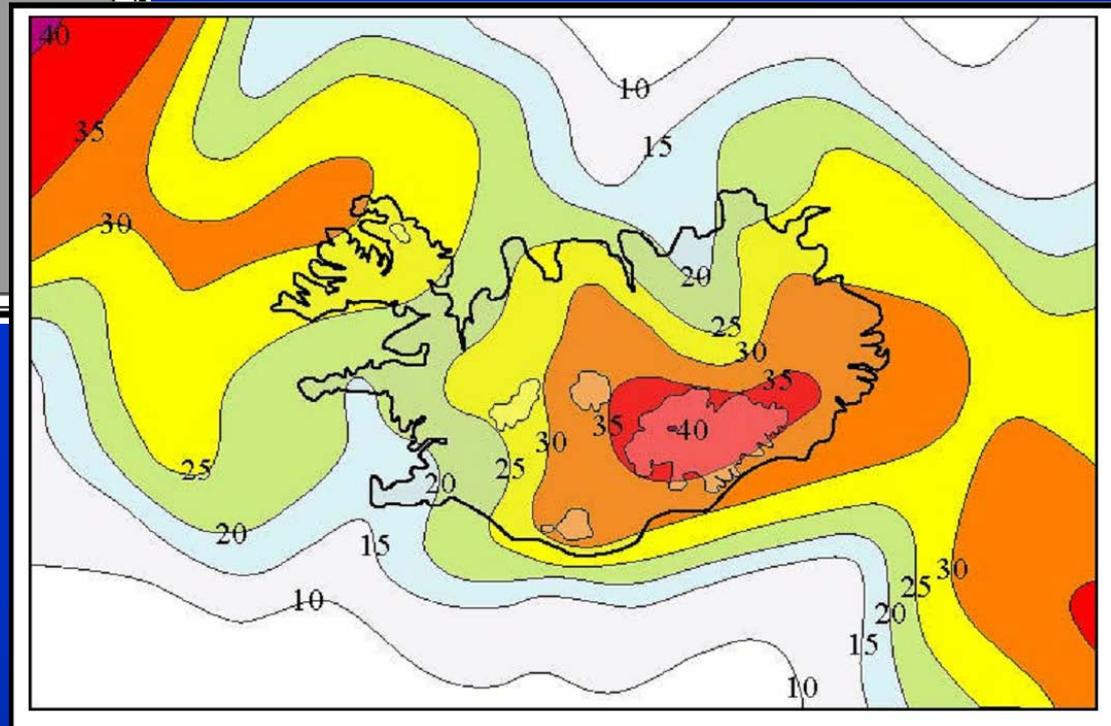
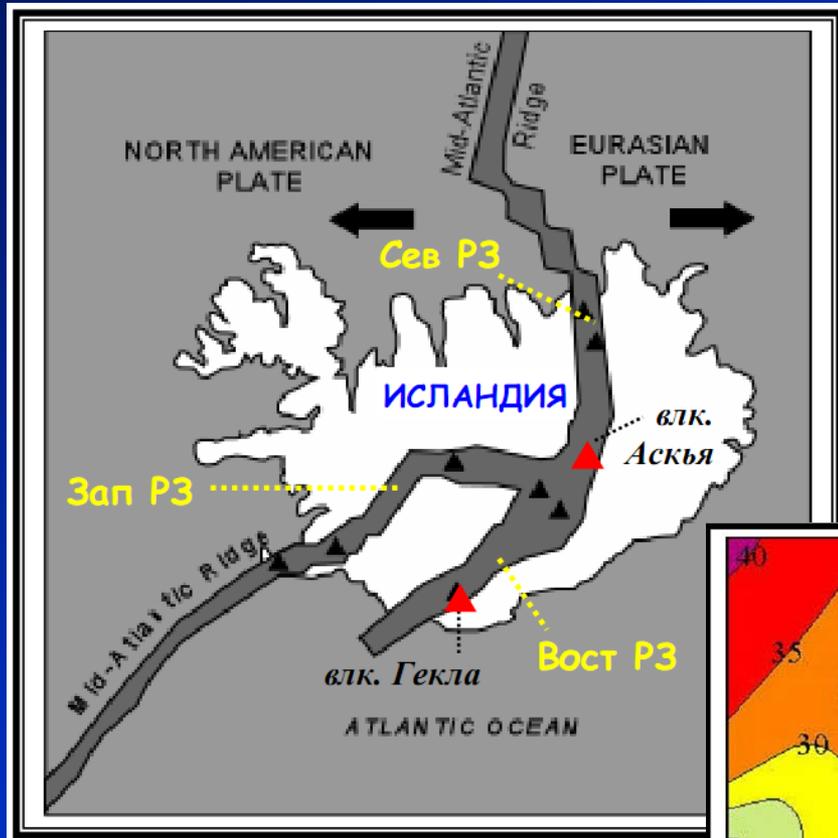
Столбчатая отдельность в субаэральных базальтах

II фаза (~55 Ma по настоящее время)

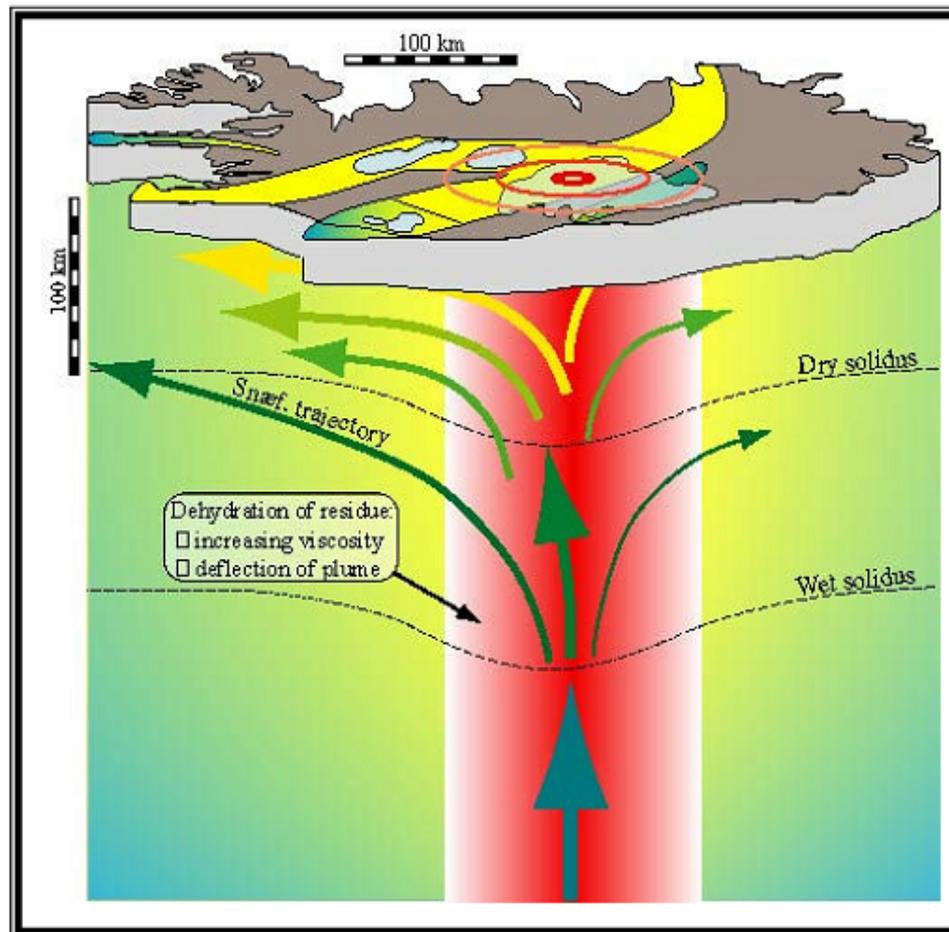
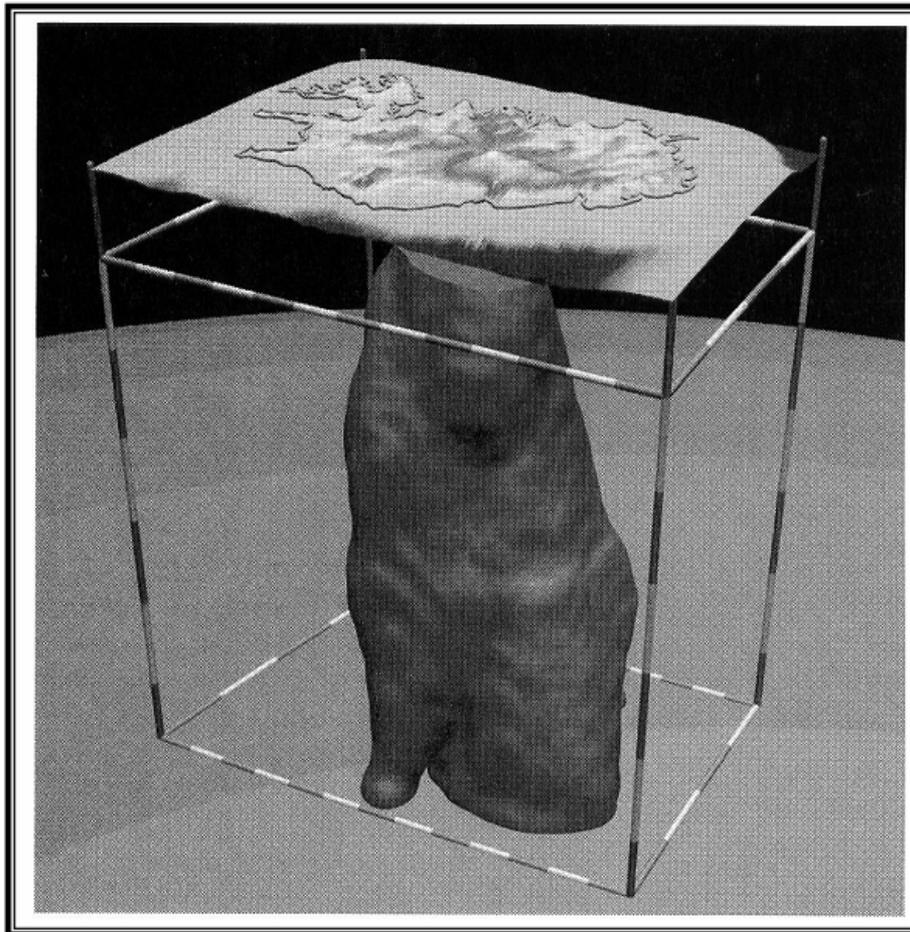
# Тектоническое положение Исландии



# Мощность коры Гренландско-Фарерского порога

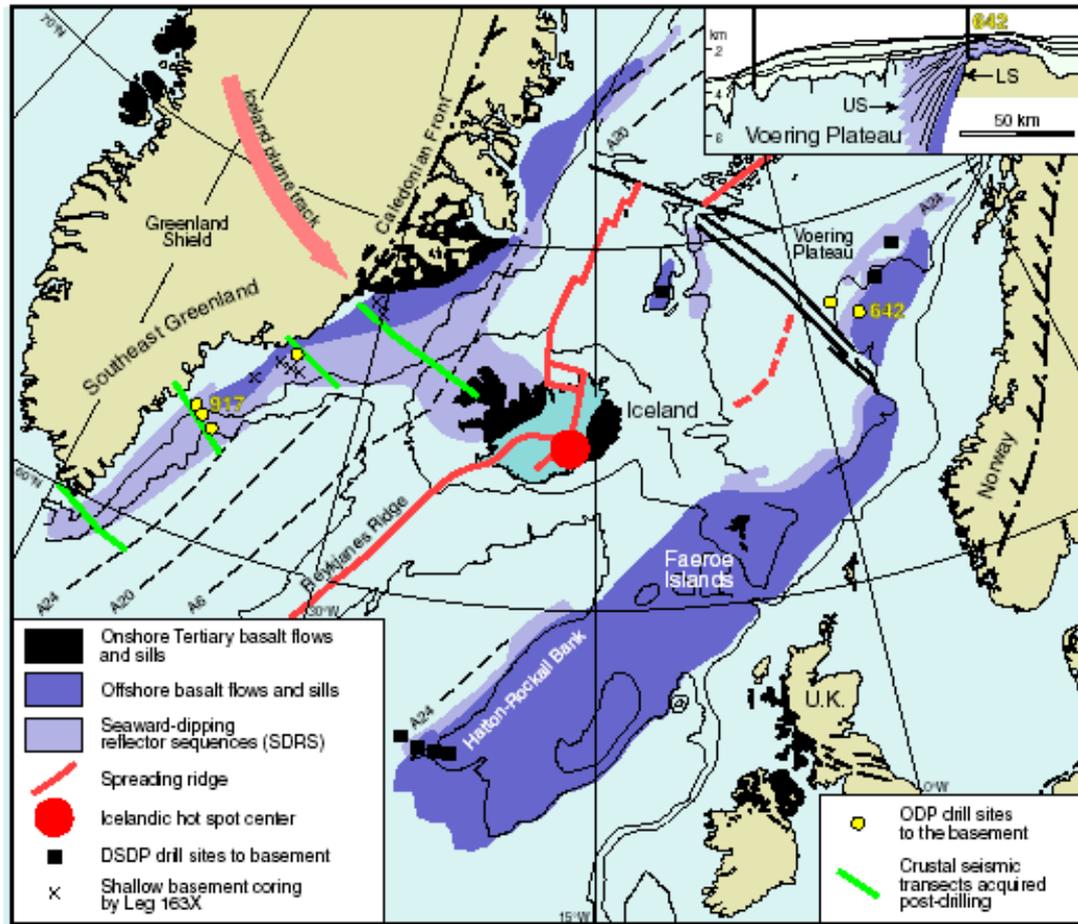


# Схема строения Исландского плюма



В настоящее время: диаметр ~300 км,  
глубина 400-600 км

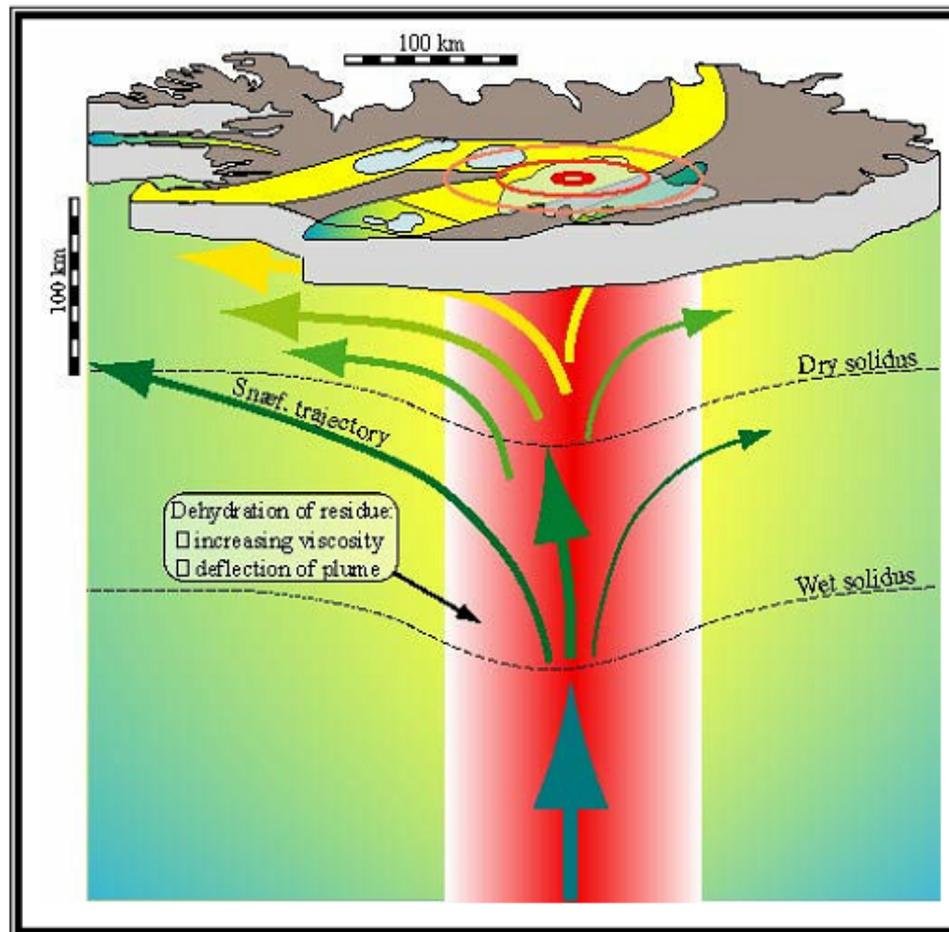
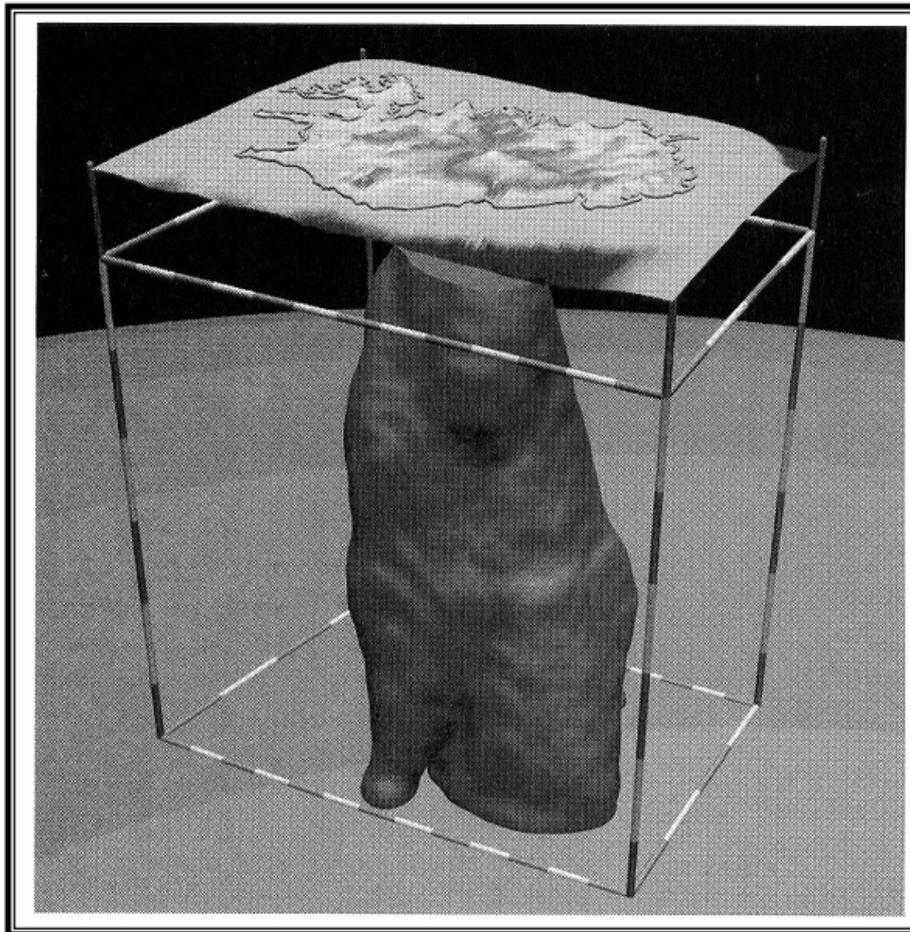
# Тектоническая история Северной Атлантики



Мелководная часть Атлантики - Гренландско-Фарерский порог, который представляет собой систему асейсмичных хребтов и структур растяжения (грабены, горсты, рифты).

Около 60 млн. назад лет на месте этих структур находилась достаточно тонкая океаническая кора, а краевые части блоков (Гренландия, Балтийский щит) были охвачены первой фазой палеогенового субэраляного базальтового магматизма.

# Схема строения Исландского плюма



В настоящее время: диаметр ~300 км,  
глубина 400-600 км

# Геологическое строение Исландии



# Принципиальный разрез Исландии

$Q_1 - Q_2$

Плейстоцен – голоценовый комплекс *рифтогенные вулканиты + вулканы центрального типа* (сильно дифференцированные толеитовые серии)

$N_2 - Q_1$

Плиоцен – плейстоценовый комплекс: *толеитовые базальты в ассоциации с риолитовыми экструзиями*

$N_1$

Миоцен: *8-10 км OI-PI и OI-PI-Px-порфировых базальтов*

# Извержения щитовых вулканов и постройки центрального типа



# Извержения щитовых вулканов и постройки центрального типа



# Извержения исландских вулканов

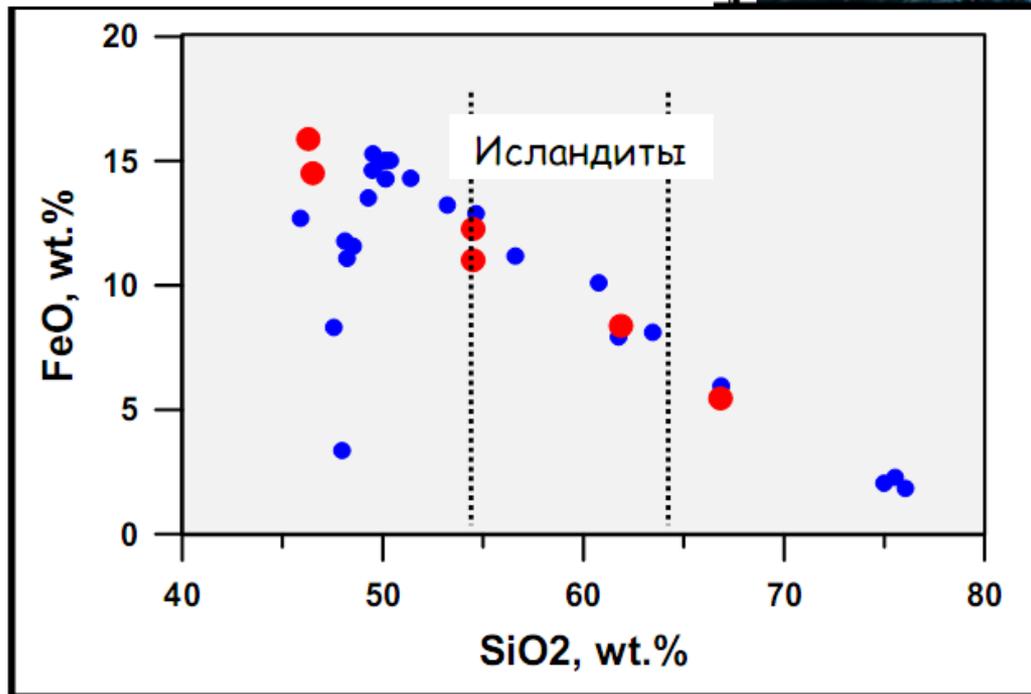
## ИЗВЕРЖЕНИЕ ГОЛОЦЕНОВОГО ВУЛКАНА ГЕКЛА

Высота: 1491 м

Преобладают: исландиты, дациты

Глубина очага: 8 км

С XII века: 8 км<sup>3</sup> лавы и 7 км<sup>3</sup> тефры



## ПЕТРОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ТОЛЕИТОВЫХ СЕРИЙ ИСЛАНДИИ

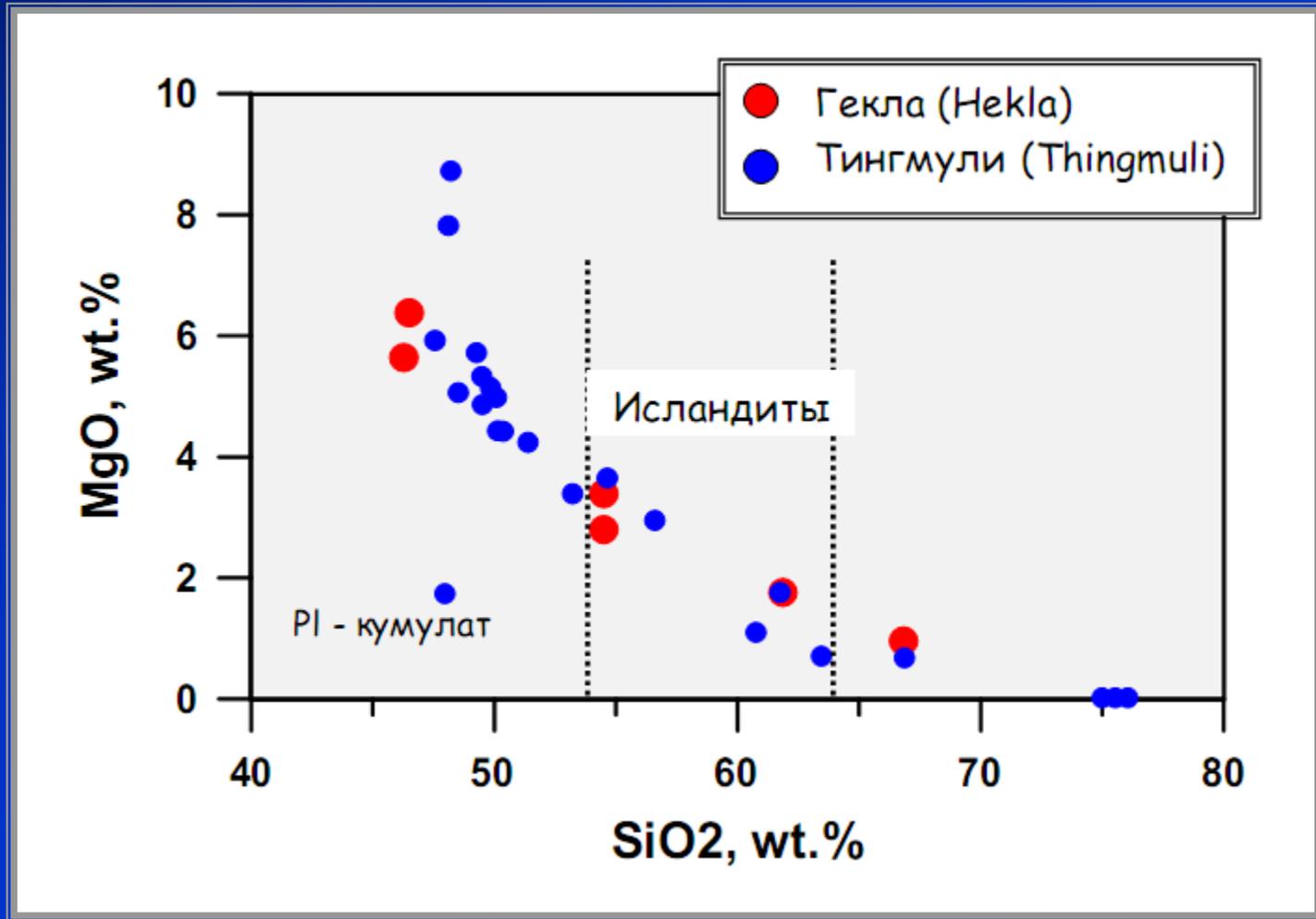
- Гекла (Hekla)
- Тингмули (Thingmuli)

## Относительные пропорции вулканитов исторических извержений в Исландии

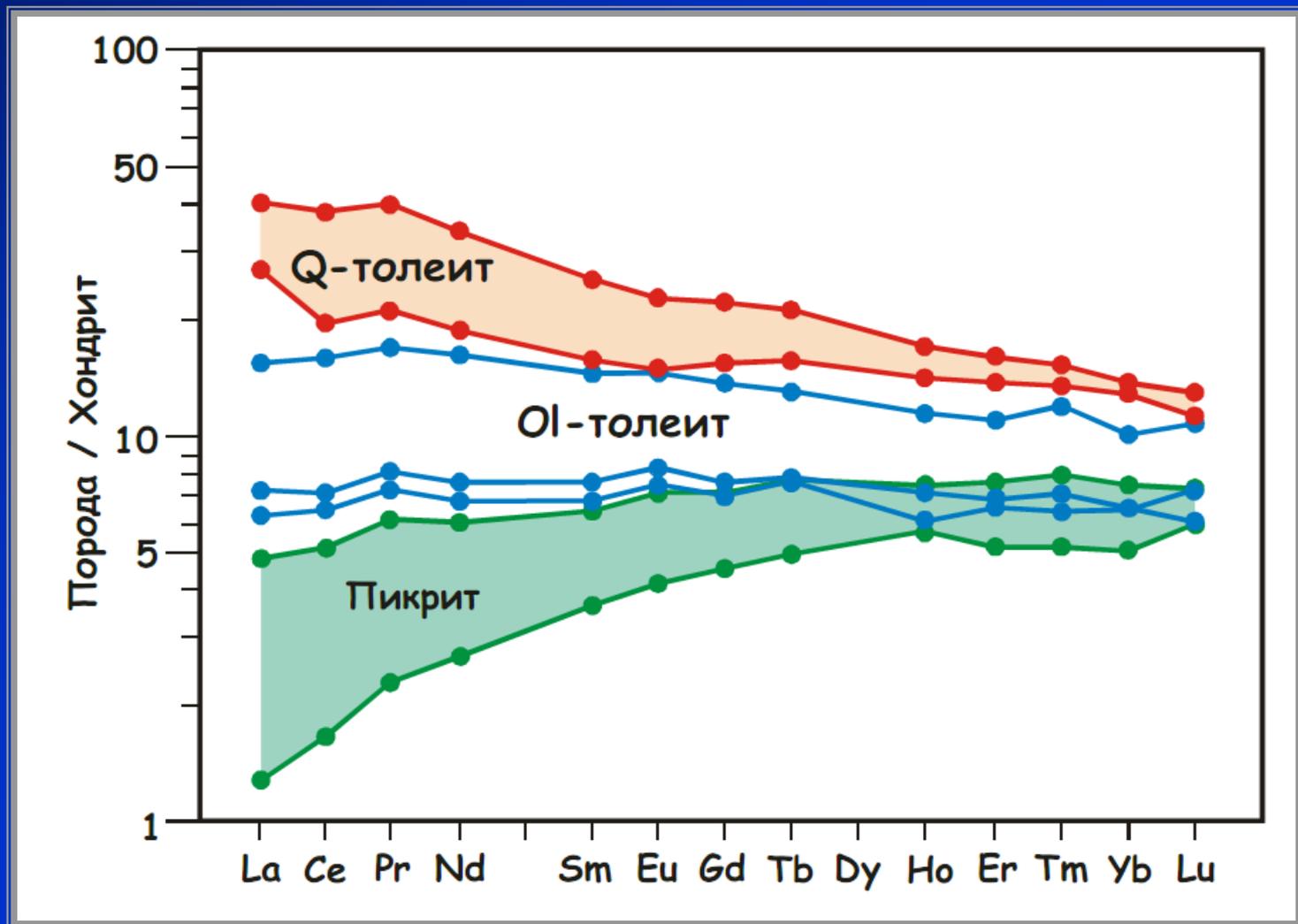
	Лавы, км <sup>3</sup>	Тефры, км <sup>3</sup>	Процент
Основные	25	6	74
Средние	7	1	19
Кислые	0.3	2.8	7
<b>ВСЕГО</b>	<b>32.3</b>	<b>9.8</b>	<b>42.1=100%</b>

Таким образом, уходит в прошлое петрологический миф о глобальной бимодальности исландского магматизма...

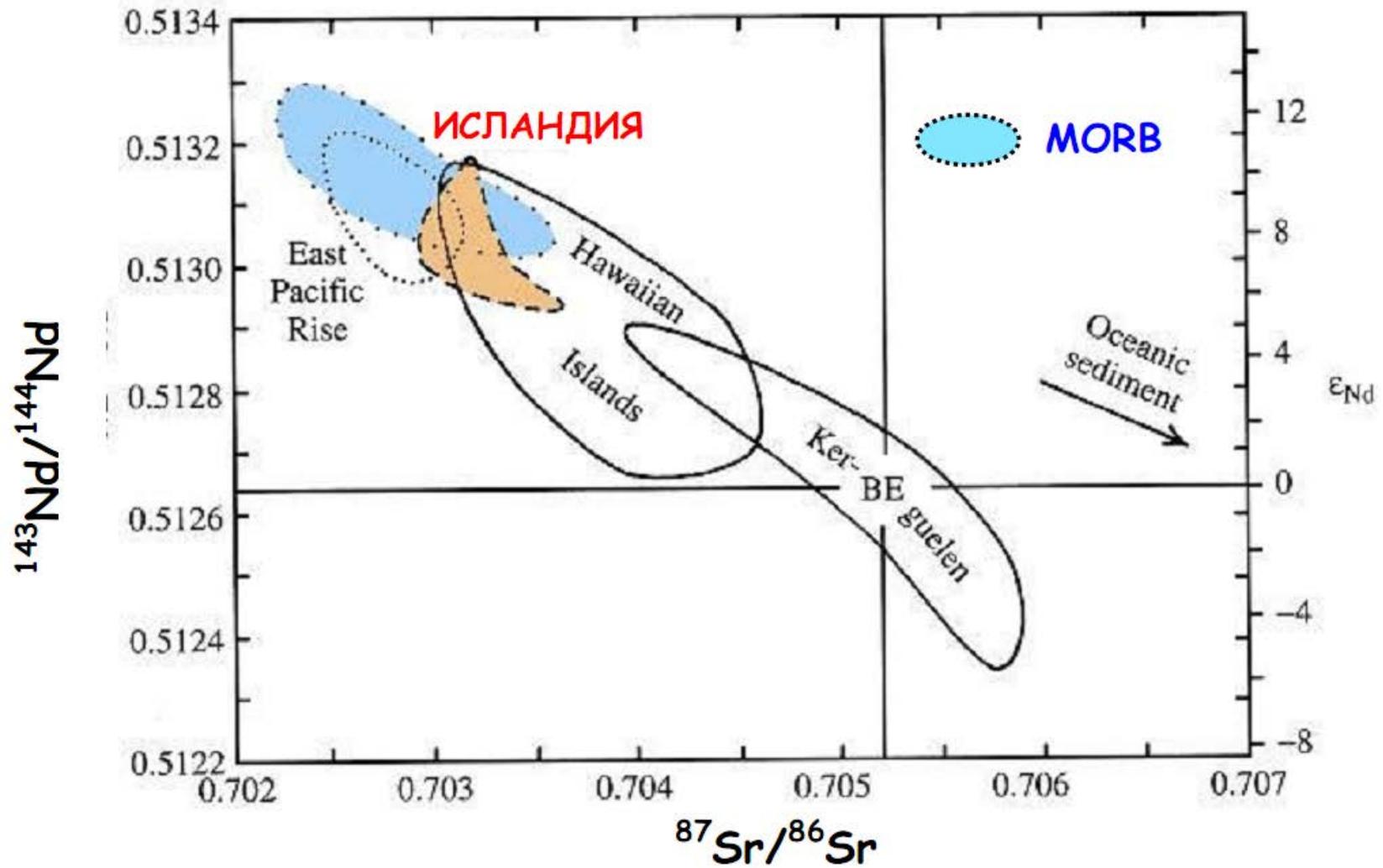
# Петрохимические особенности исландских толеитовых серий



# Распределение Р.З.Э. в пикритах и толеитах Восточной неовулканической зоны



# Систематика изотопов Sr и Nd

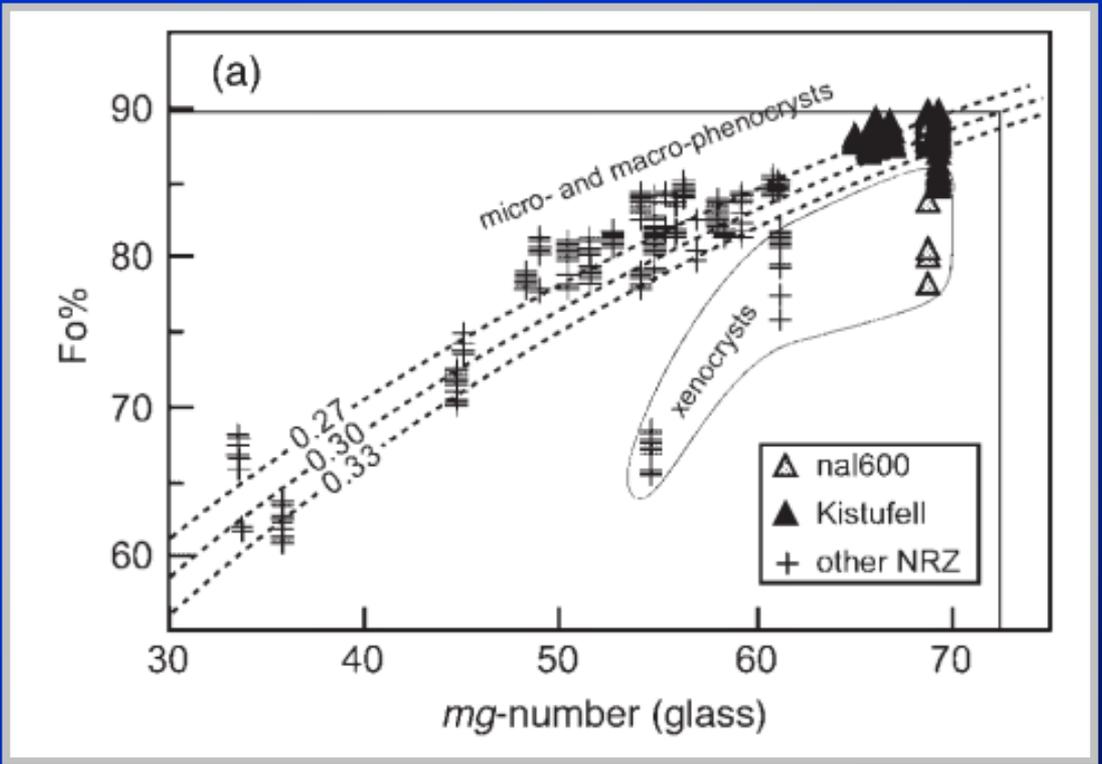
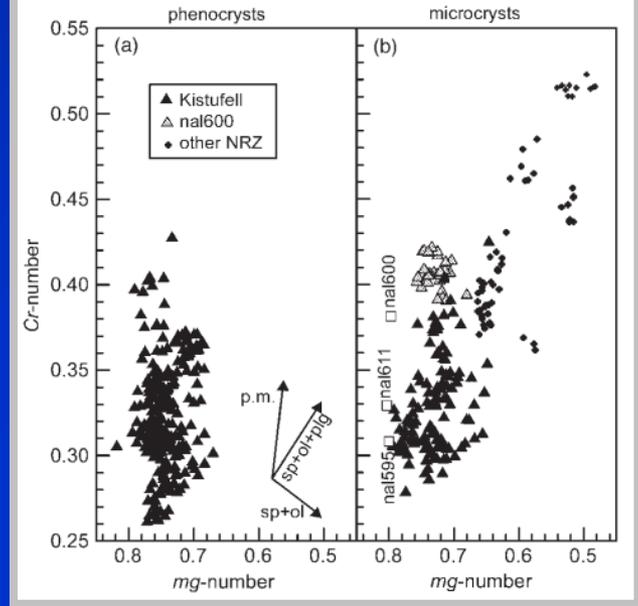
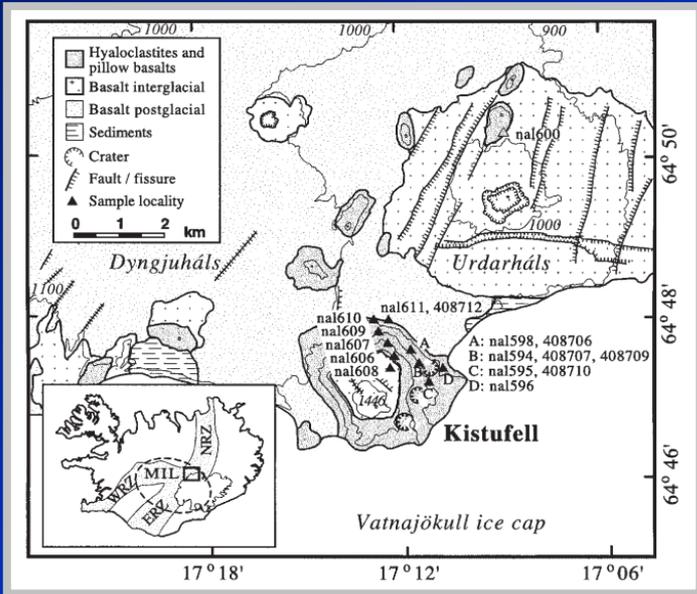


# Высоко-Mg оливин в исландских

лавах (по данным А.А. Гуренко)

Толетовые базальты – Fo91.3

Щелочные базальты – Fo91.0



JOURNAL OF PETROLOGY VOLUME 43 NUMBER 2 PAGES 315-373 2002

Kistufell: Primitive Melt from the Iceland Mantle Plume

KRESTEN BREDDAM\*

**“Первичные магмы”  
четвертичных серий  
Исландии и толеитовых  
базальтов САХ (N-MORB)**

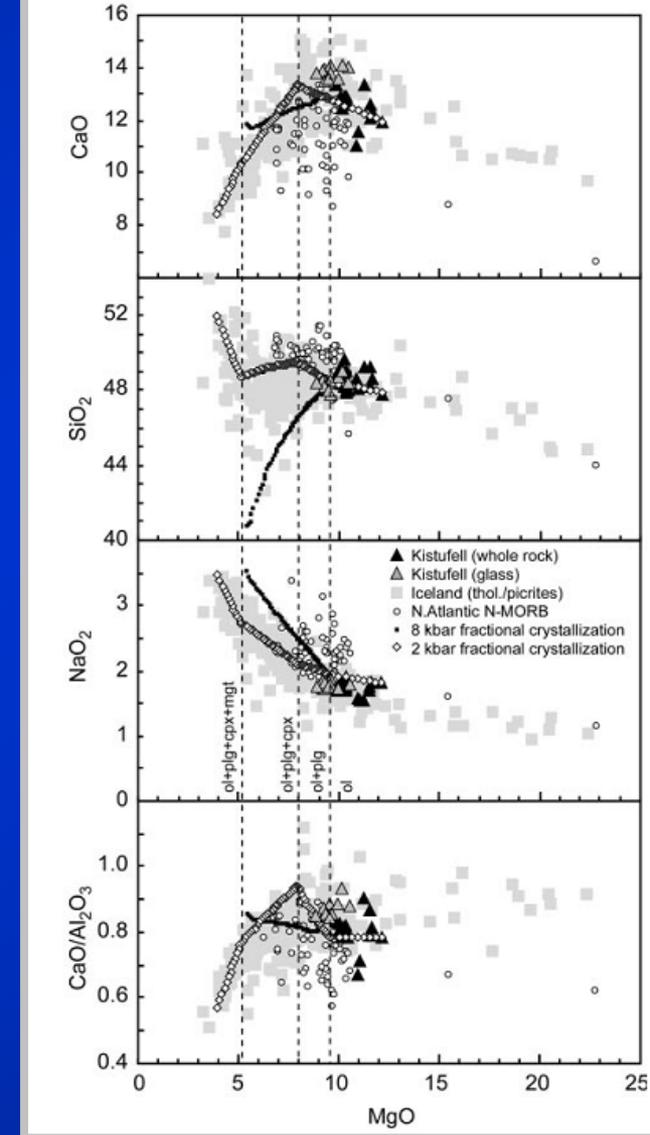
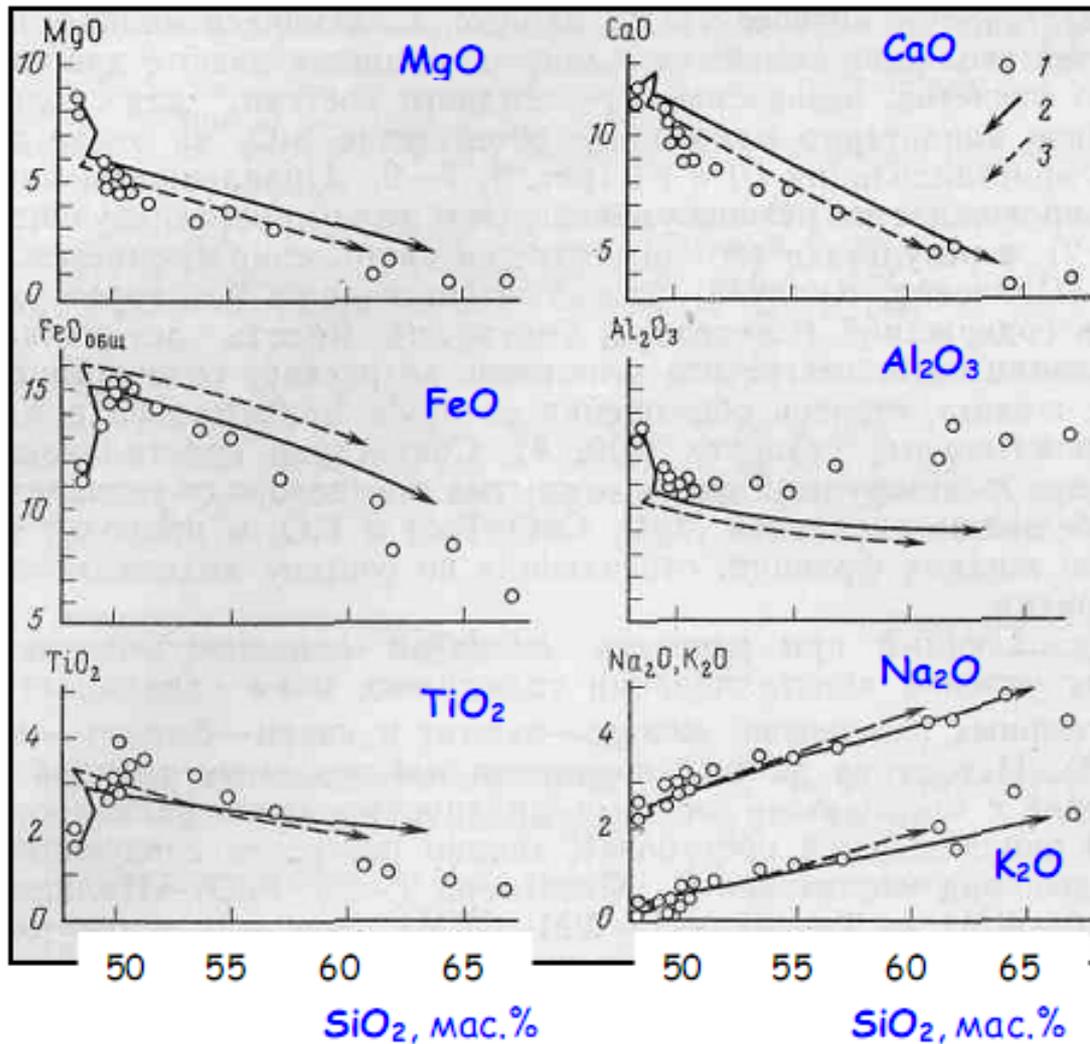
Содержание оксида	Толеитовые базальты	ТОР-1 Дмитриев и др., 1984	Щелочные базальты
SiO <sub>2</sub>	48.5	49.32	45.8
TiO <sub>2</sub>	0.47	0.60	2.5
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15.0	15.10	14.5
FeO	8.1	7.65	8.5
MnO	-	0.20	-
MgO	12.7	13.08	12.2
CaO	13.6	12.38	12.3
Na <sub>2</sub> O	1.4	1.61	2.3
K <sub>2</sub> O	0.03	0.06	1.0
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	-	-	-
Fo, мол.%	91.3	-	91.0
P, кбар	~15	-	~20

*a heterogeneous mantle source. Mineral, glass and bulk-rock (glass + minerals) chemistry indicates a low average melting pressure (15 kbar), high initial crystallization pressures and temperatures (10–15 kbar and 1270°C), and eruption temperatures (1240°C) that are among the highest observed in Iceland. The glasses have*

# Гипотезы образования кислых пород Исландии

- Кристаллизационная дифференциация (фракционная кристаллизация)
- Многостадийное плавление метабазитов в основании коры Исландии
- Ликвация ферробазальтовых или андезитовых расплавов

# Сравнение линий фракционной кристаллизации расплава ОI-толеита и пород влк. Тингмули



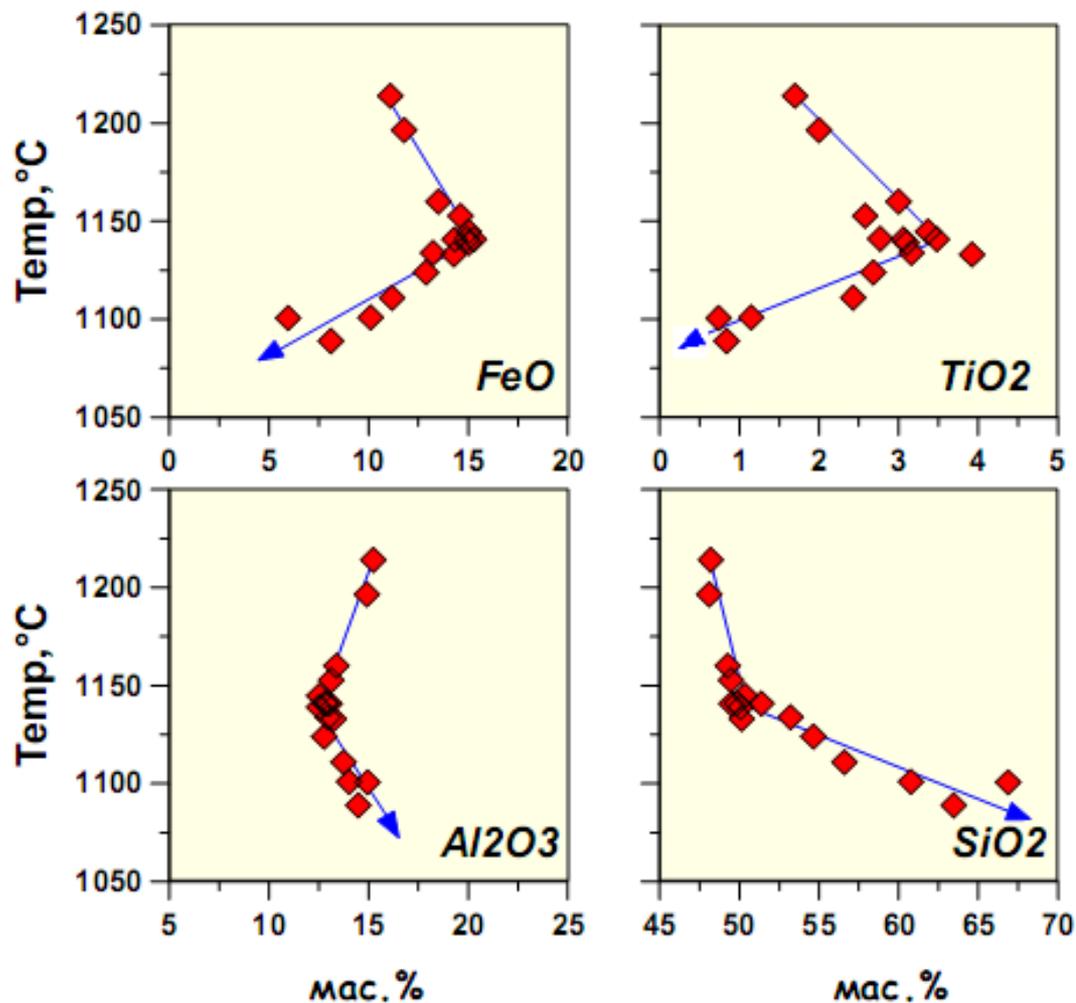
1 — лавы Тингмули (Carmichael, 1960);

Расчеты по модели КОМАГМАТ:

2 — условия буфера QFM;

3 — условия буфера WM

# Зависимость температуры ликвидуса вулканитов Тингмули от их состава



Расчеты по модели КОМАГМАТ в условиях QFM

# О возможности плавления метабазитов

Риолитовые жидкости могут образоваться:

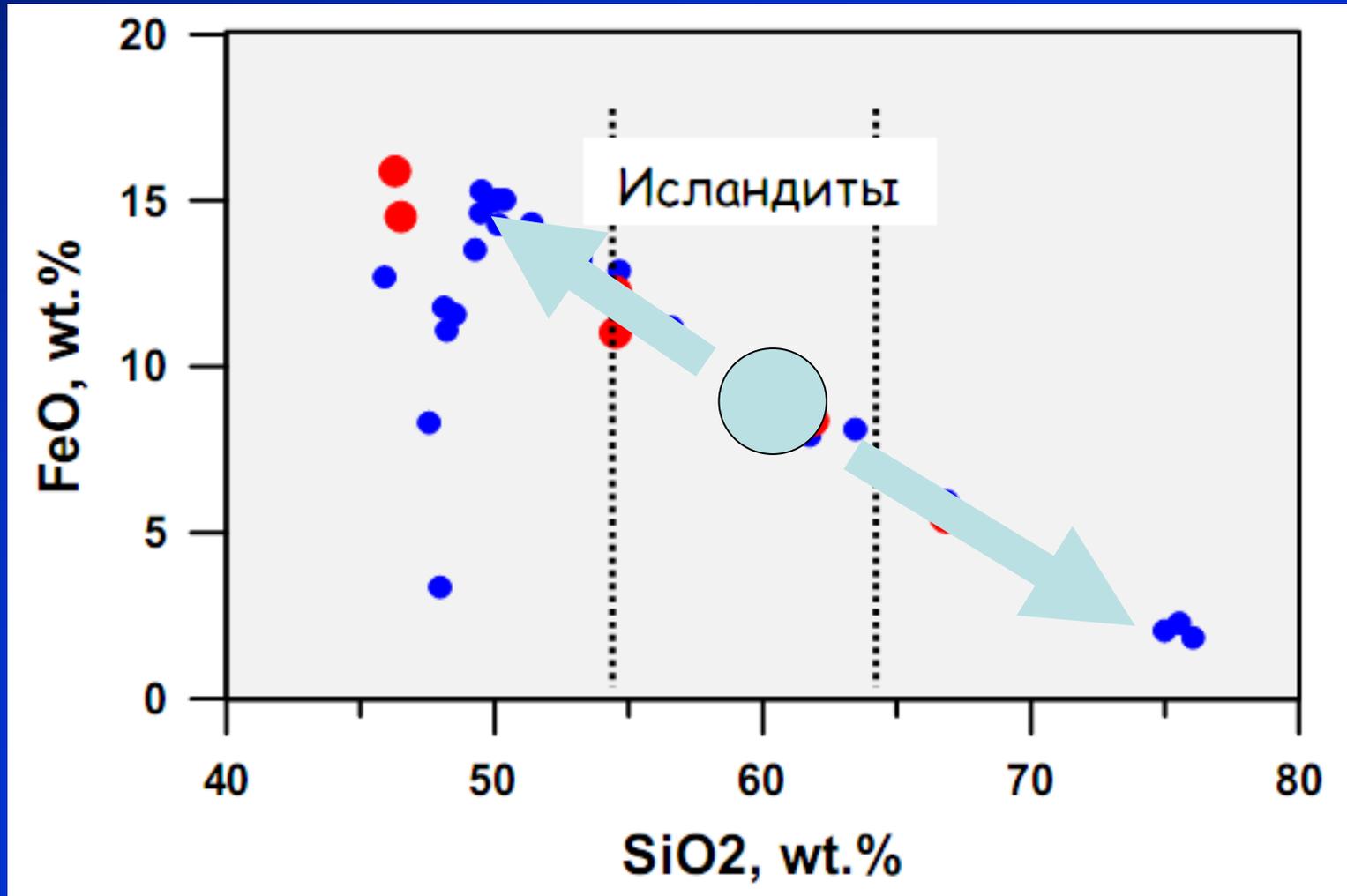
- (1) при фракционировании  $P_l$ ,  $P_x$  и  $M_t$ ;
- (2) в  $P_l$ ,  $P_x$ ,  $M_t$  содержащем рестите от плавления толеитового базальта.

Причем, такие составы трудно отличить от продуктов фракционной кристаллизации толеитовой магмы.

Это привлекает внимание к петрологическим схемам, включающим частичное плавление нижнего метабазитового слоя исландской коры как возможного источника кислого материала.

# ПРО ЛИКВАЦИЮ

*Расщепление ферроандезитовых расплавов!?*



# ПРО ЛИКВАЦИЮ

**Аргументация этого механизма базируется на**

- (1) геологических наблюдениях и**
- (2) экспериментальных данных**

## **1. Геология**

**1.1 Наличие вариолитовых и овоидных структур в магматических породах**

**1.2 Присутствие “расслоенных” интрузивных пород в дифференцированных комплексах**

## **2. Эксперименты**

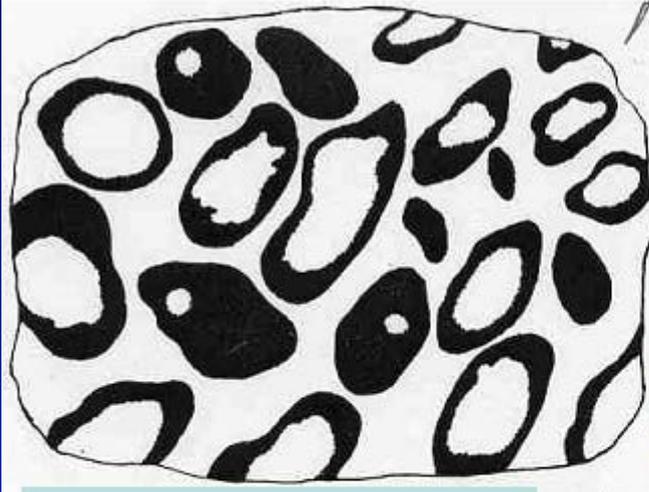
**2.1 Простые (алюмо)-силикатные системы**

**2.2 Системы с летучими ( $CO_2$ ,  $Cl$ ,  $P_2O_5$ ) компонентами**

# Наблюдения: ультрамафиты

## Механизмы роста кристаллов.

Нормальный рост. Хромшпинелиды нодулярные



Оман

Внутри нодулей  
- оливин



Nodular chromite texture

140 мм. Шорджинское,  
Севанский пояс, Армения

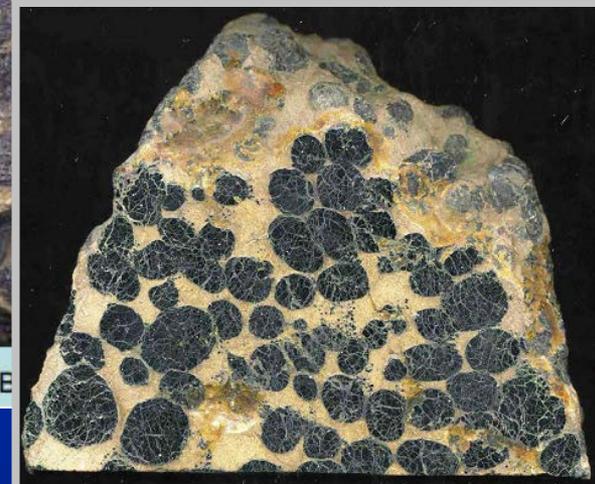


88x69 мм. Кемпирсайский массив



60 мм

Кипр. Troodos



70x57 мм. Хабарнинский массив, Южный Урал

По материалам Э.М. Спиридонова: Генетическая минералогия.  
Онтогенез. Механизмы роста кристаллов

# Наблюдения: ферропикриты Карелии

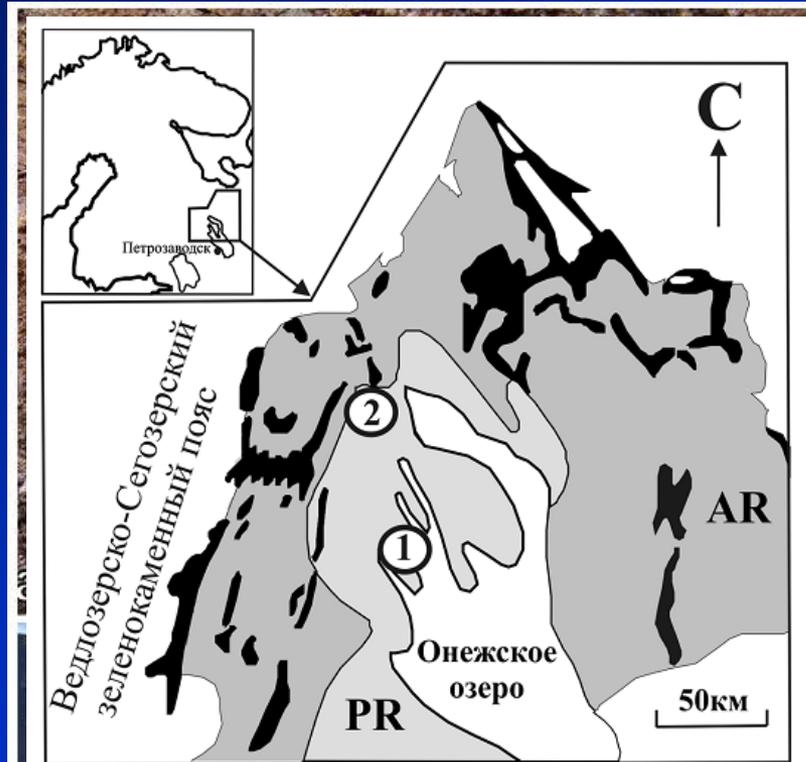


Рис. 1. Упрощенная схема геологического строения палеоархейского Водлозерского блока и палеопротерозойского комплекса Онежской структуры.

Черным цветом показаны мезоархейские зеленокаменные структуры, темно-серый цвет — архейские комплексы Водлозерского блока, светло-серый цвет — перекрывающие палеопротерозойские породные ассоциации. Район работ: 1 — Ялгубская структура; 2 — Кумсинская структура.



## Наблюдения: вариолиты в гранитах



## Наблюдения: вариолиты в гранитах

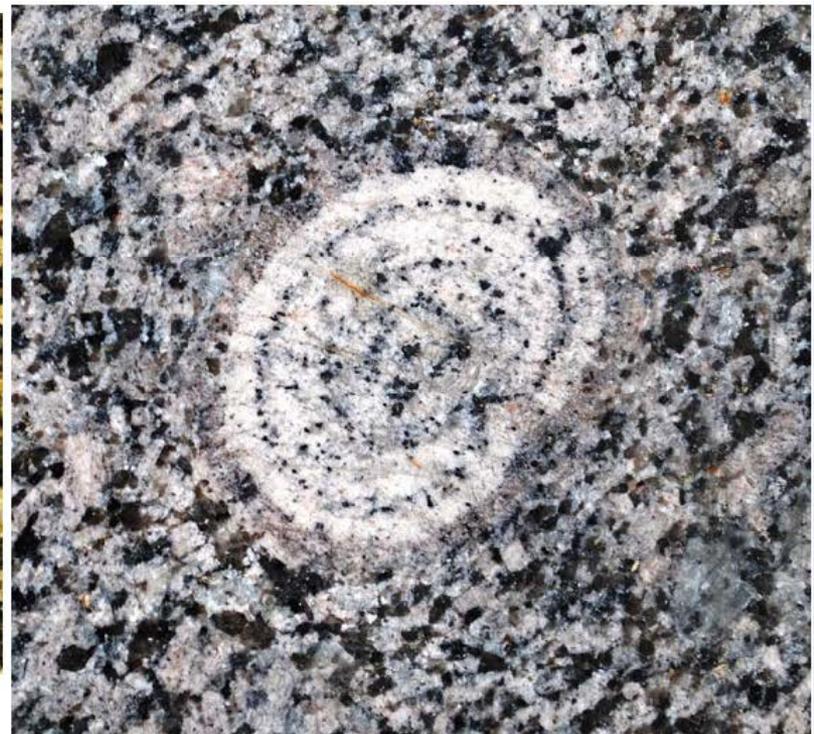
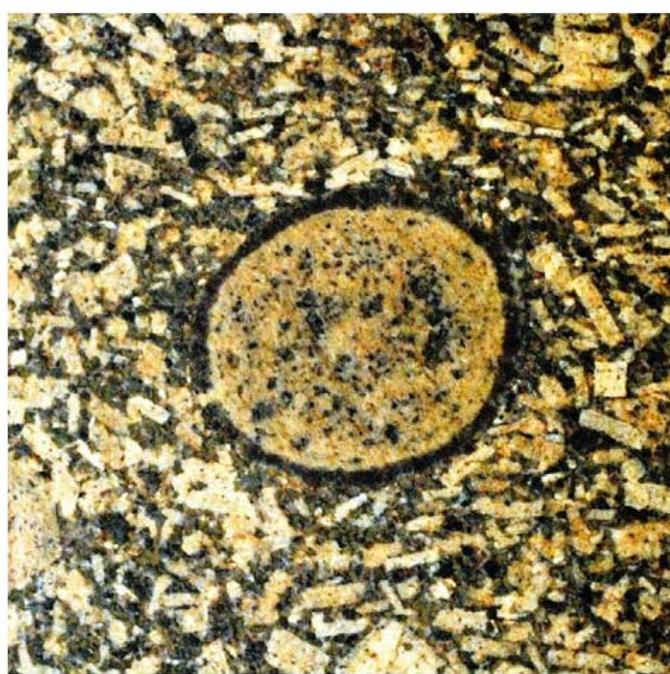


Рост  
кварц-полевошпатовых  
сферолитов в процессе  
активного движения расплава.  
Сферолитовые  
гранит-порфиры  
153x142 мм. Дайка.  
Северный Казахстан

По материалам Э.М. Спиридонова: Генетическая минералогия.  
Онтогенез. Механизмы роста кристаллов

# Причины сферичности кристаллов и агрегатов:

- (1) кристаллизация в движущихся средах
- (2) Кристаллизация в условиях переохлаждения



О кристаллизации при движении – вращении в расплаве свидетельствует текстура гранитов-рапакиви (выборгитов).  
«Обтекание» овоидов К-На полевого шпата  
пластинами К-На полевого шпата

# Пример круговой кристаллизации льдов под воздействием сильных ветров на Байкале



Нормальный рост кристаллов льда на Байкале, обусловленный очень сильным ветром, который заставляет кристаллы льда быстро крутится

По материалам Э.М. Спиридонова: Генетическая минералогия.  
*Онтогенез. Механизмы роста кристаллов*

# Загадочные ледяные шары Ямала?



# Наблюдения: *расслоенные интрузивы - Скергаард*

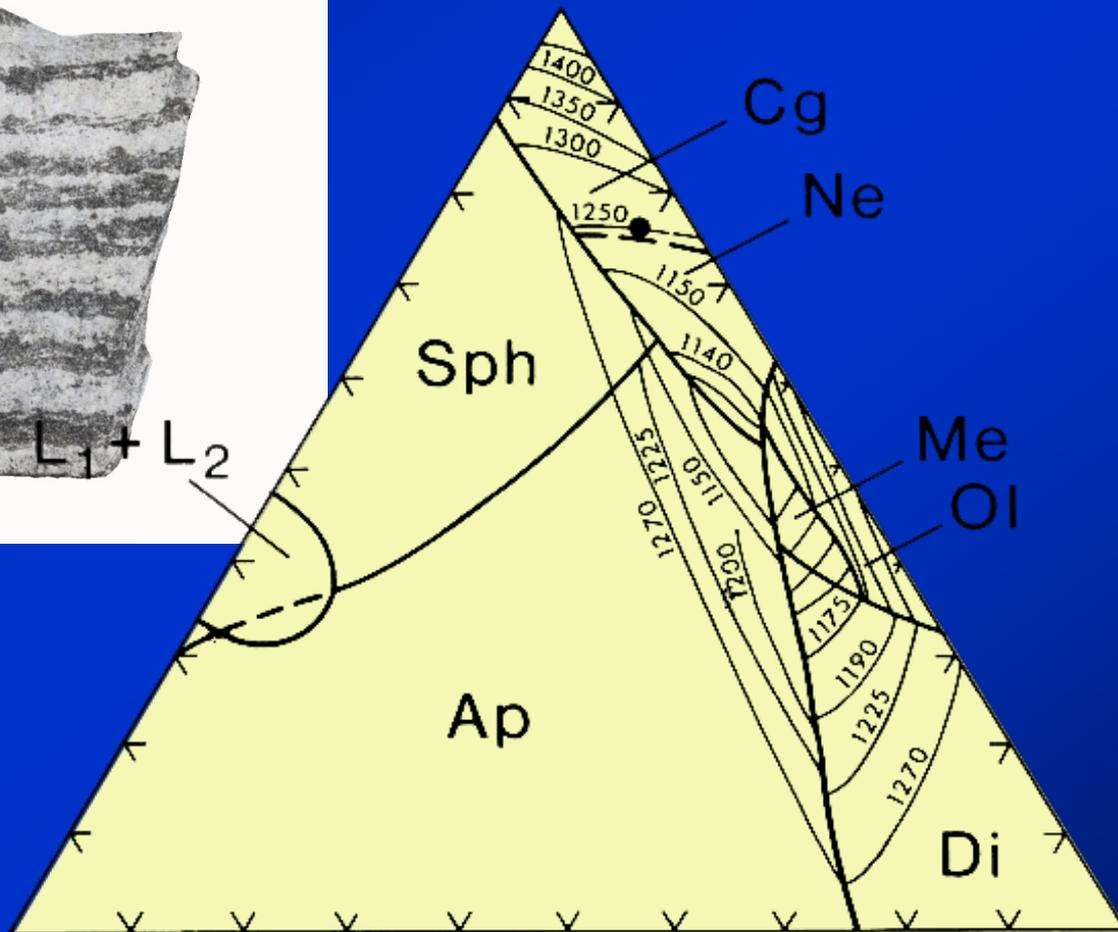


Примеры расслоенности  
магматических пород  
Скергаардского  
интрузива в Гренландии

# Наблюдения: кольцевые интрузивы - Хибинский массив



Нефелин  $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$



Апатит  $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{F}$

Диопсид  $\text{CaMgSi}_2\text{O}_6$

# Про ликвацию – проблемы идентификации продуктов закалки

## 2.5. Problems of identification of immiscible phases in quench run products

Finally, a word of caution about quench methods. Crystallisation and liquid immiscibility do not only compete but often mimic each other. Experiments in several seemingly unrelated systems reported crystallisation of unusual spherical and oval shapes that are much like immiscible liquid globules. Hamilton (1990) were probably the first to report round calcite crystals in a silicate system as droplets of a second immiscible liquid (see also Lee et al., 1994). Formation of rounded crystals and other deceptive textures have caused much controversy in studies of liquid immiscibility in various fluoride–silicate systems. It appears that Gramenitskiy and Shekina (1994, 2001) mistook oval and rounded cryolite grains in their experiments for droplets of immiscible fluoride melt and only the Li-bearing compositions studied by these authors (Gra-

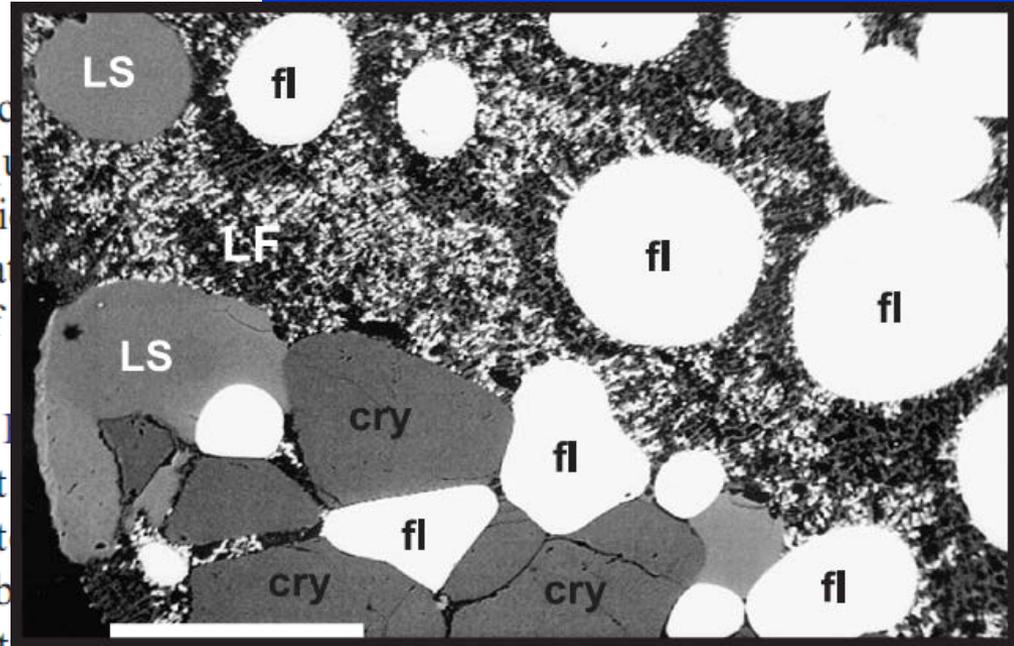
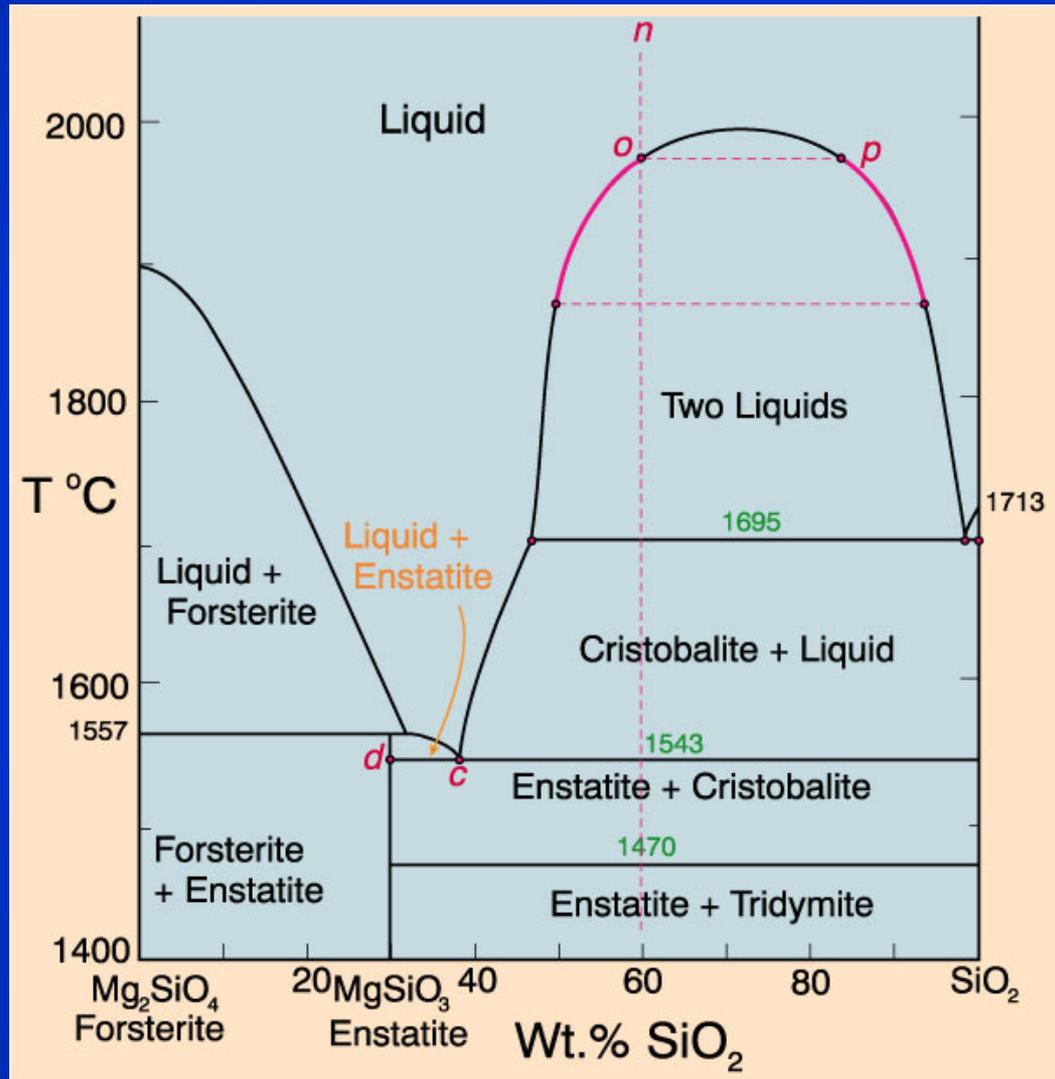


Fig. 1. Back-scatter electron image of run products in a fluoride–silicate system at 800 C and 100 MPa showing spherical and oval fluorite and cryolite crystals (see text for details). LS—aluminosilicate granitic melt, LF—fluoride melt, fl—fluorite, cry—cryolite. The scale bar is 0.2 mm long.

# ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ДАННЫЕ

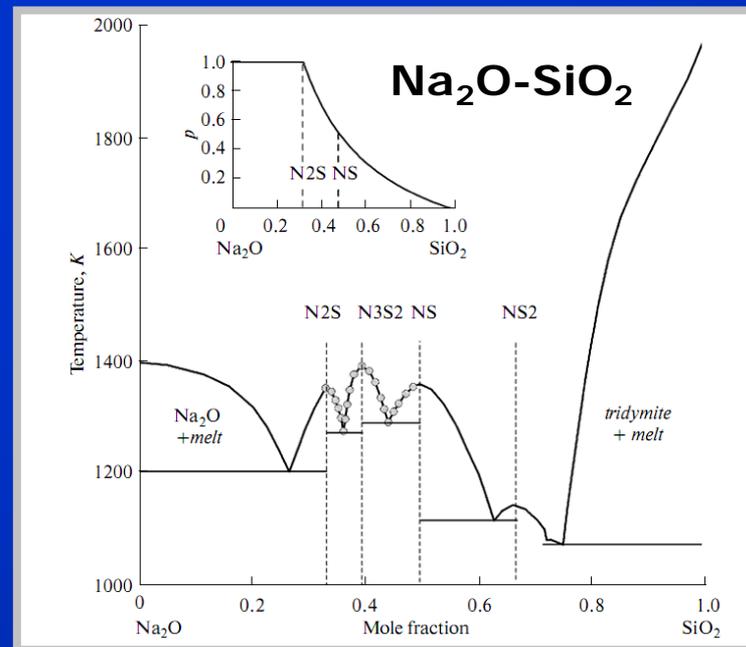
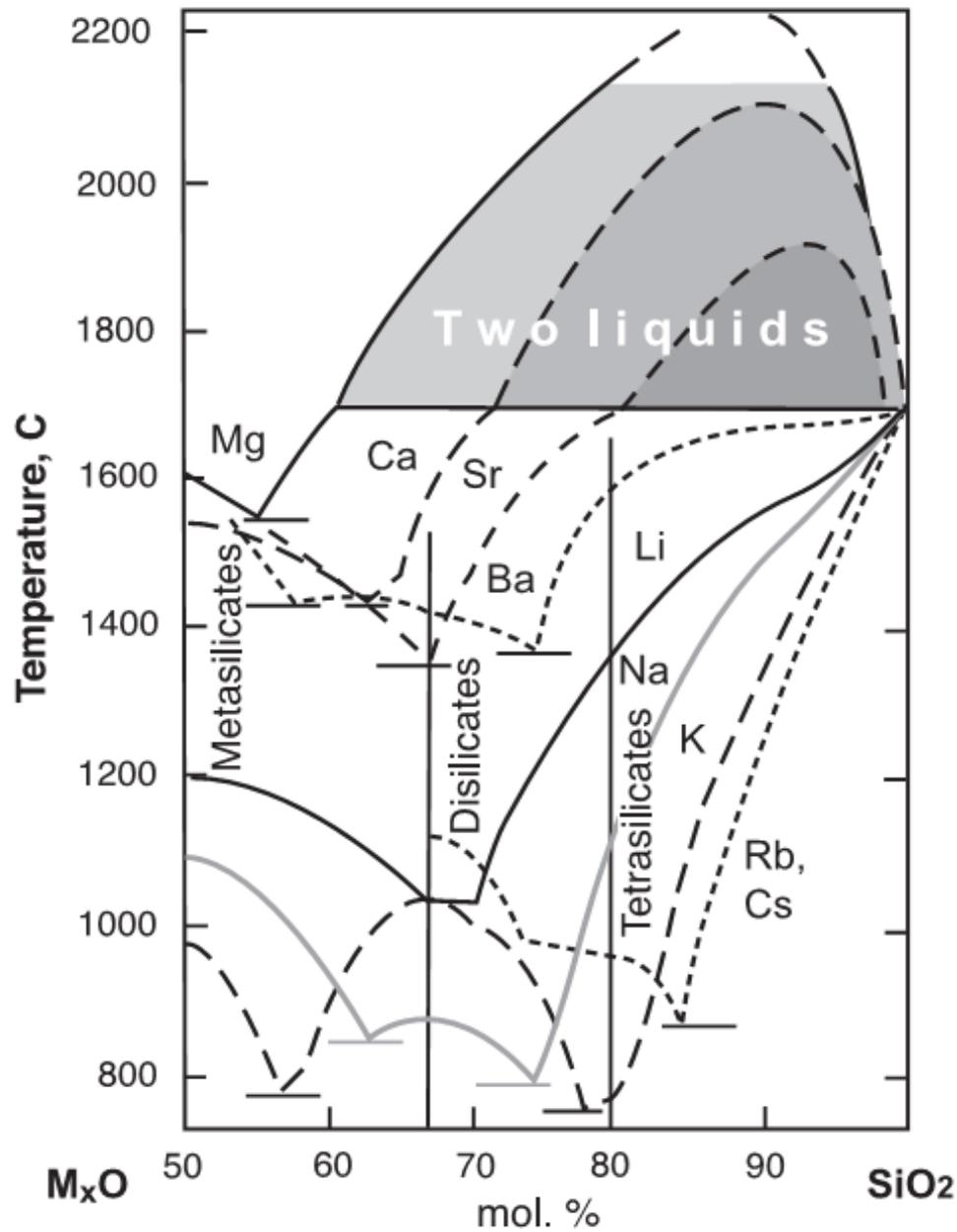
Ликвация в системе Fo-SiO<sub>2</sub> (как часть системы MgO-SiO<sub>2</sub>)



**Figure 6.12.** Isobaric T-X phase diagram of the system Fo-Silica at 0.1 MPa. After Bowen and Anderson (1914) and Grieg (1927). Amer. J. Sci.

# ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ДАННЫЕ

## СИСТЕМЫ $\text{MeO-SiO}_2$



Из статьи (Veksler, 2004)

# ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ДАННЫЕ

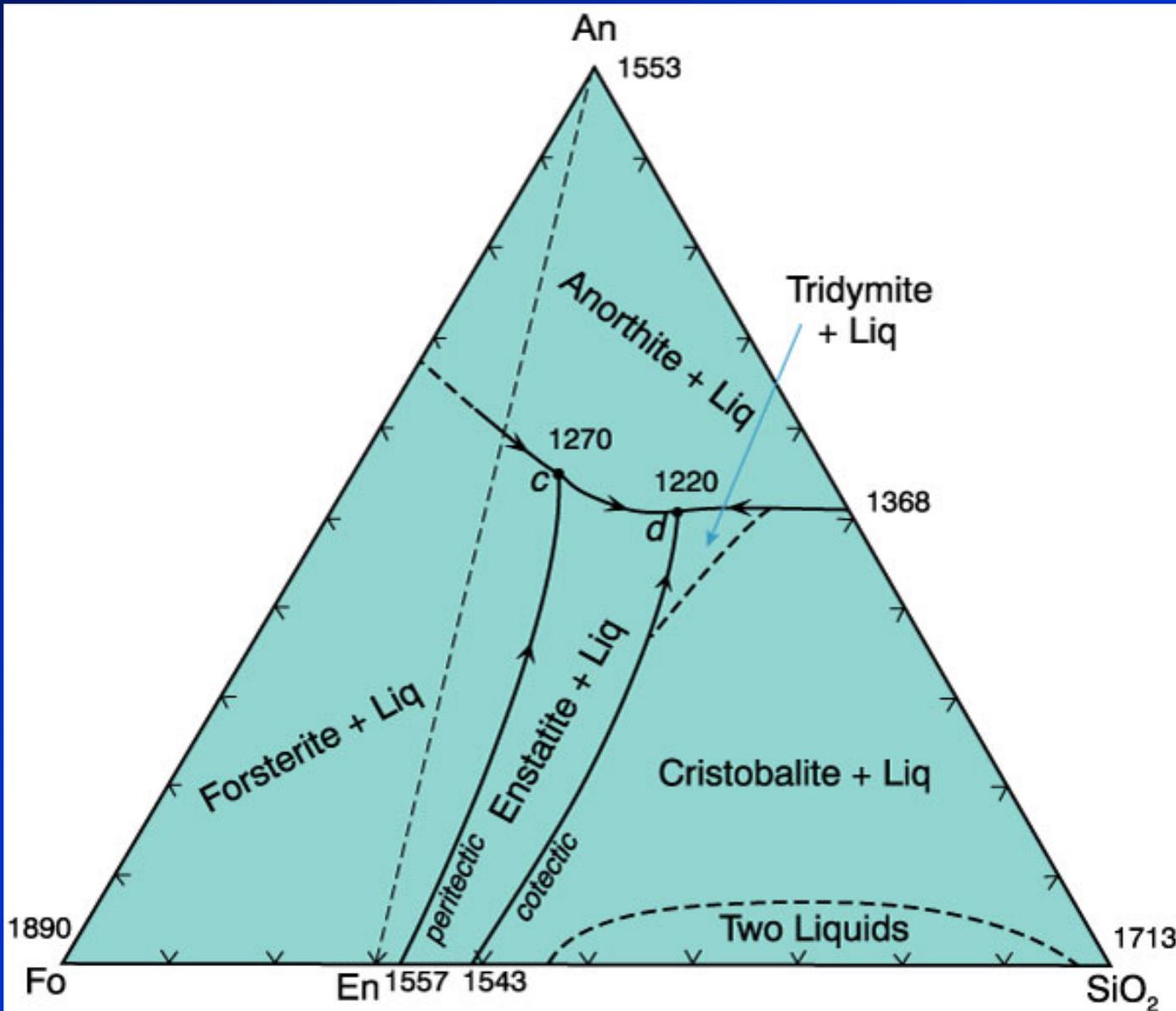


Figure 7.4. Isobaric diagram illustrating the cotectic and peritectic curves in the system forsterite-anorthite-silica at 0.1 MPa. After Anderson (1915) A. J. Sci., and Irvine (1975) CIW Yearb. 74.

# Про ликвацию

*American Mineralogist*, 36: 282-286 (1951)

## LOW TEMPERATURE LIQUID IMMISCIBILITY IN THE SYSTEM $K_2O-FeO-Al_2O_3-SiO_2$

EDWIN ROEDDER, *Department of Mineralogy, University of Utah, Salt Lake City, Utah*

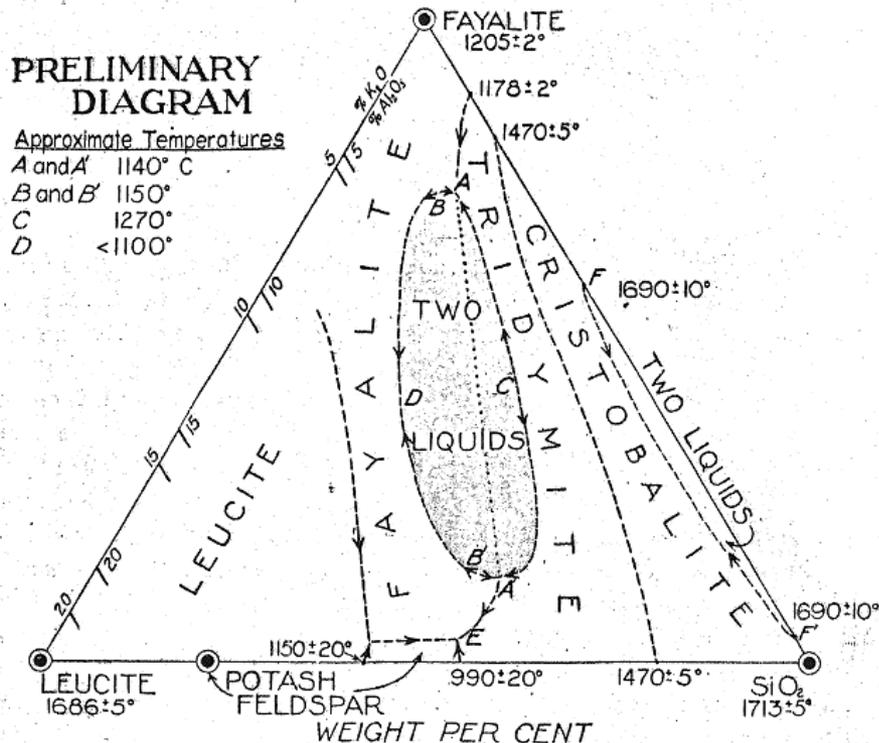
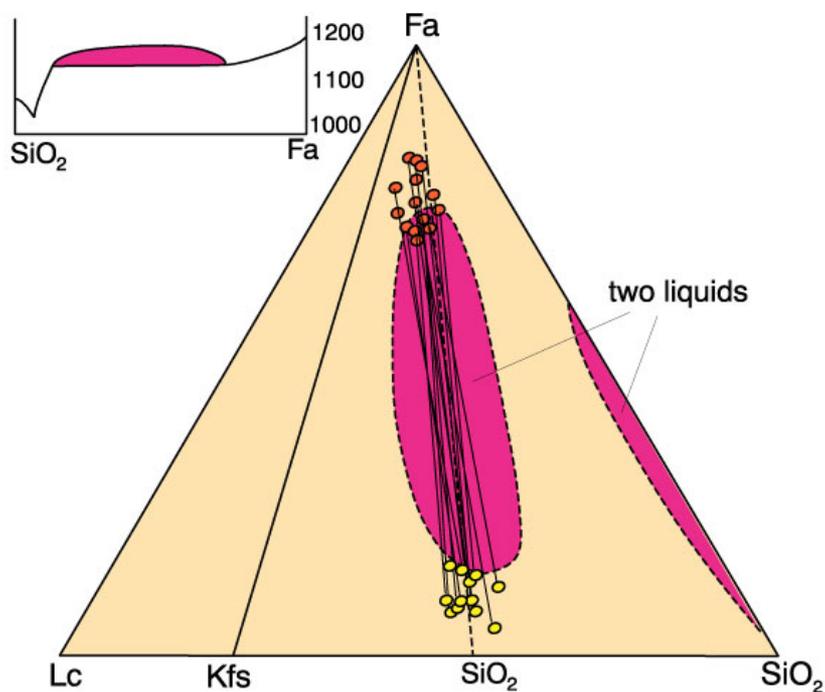
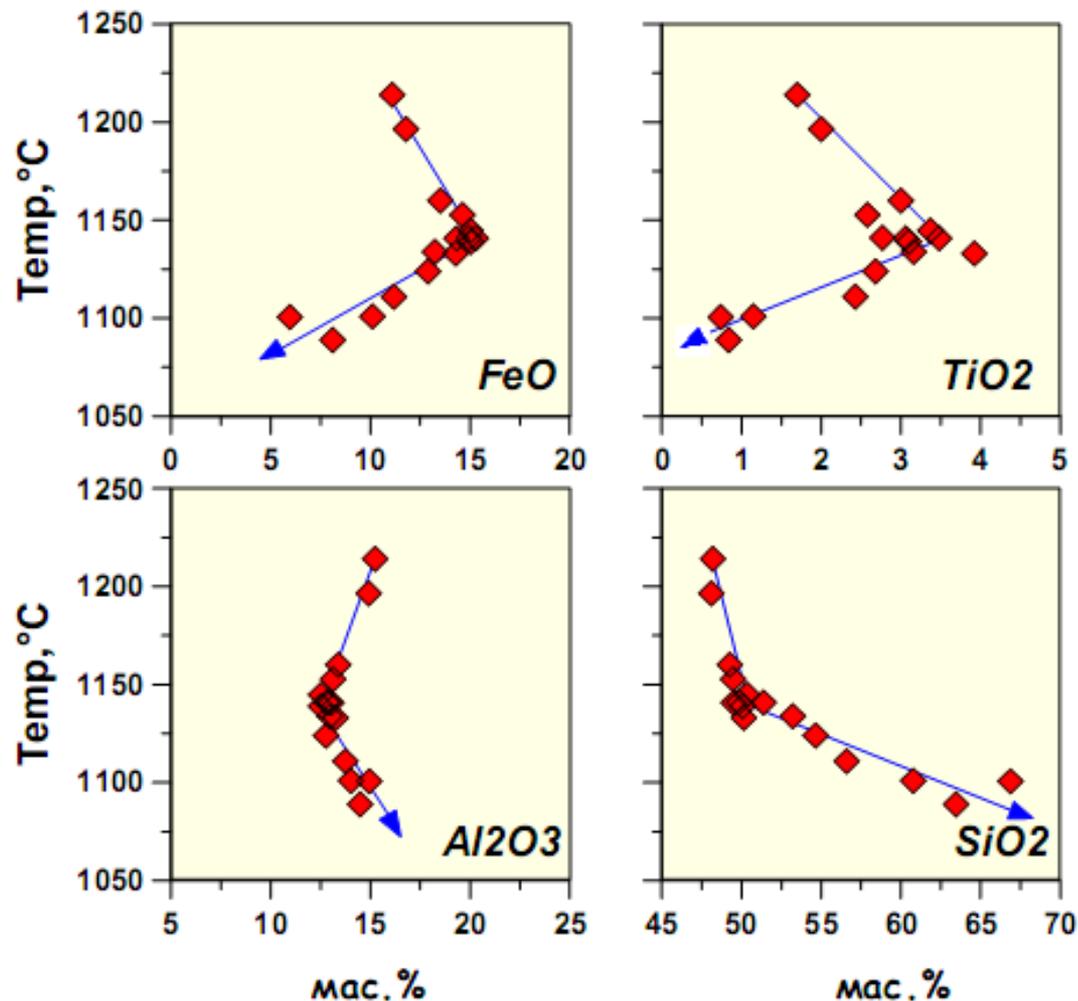


FIG. 1. Preliminary equilibrium diagram for the system leucite-fayalite-silica, showing the fields of the several crystalline phases and the intersection of the new area of immiscibility with the liquidus surface (shaded). In the area  $AA'CA$  two liquids are in equilibrium with silica crystals, and in the area  $AA'B'DBA$  two liquids are in equilibrium with fayalite crystals. Along the line  $AA'$  two liquids ( $A$  and  $A'$ ) are in equilibrium with each other and with crystals of both silica and fayalite. All melts contain  $Fe_2O_3$  in amounts representing equilibrium with pure metallic iron.

# Зависимость температуры ликвидуса вулканитов Тингмули от их состава



Расчеты по модели КОМАГМАТ в условиях QFM

The End...

