

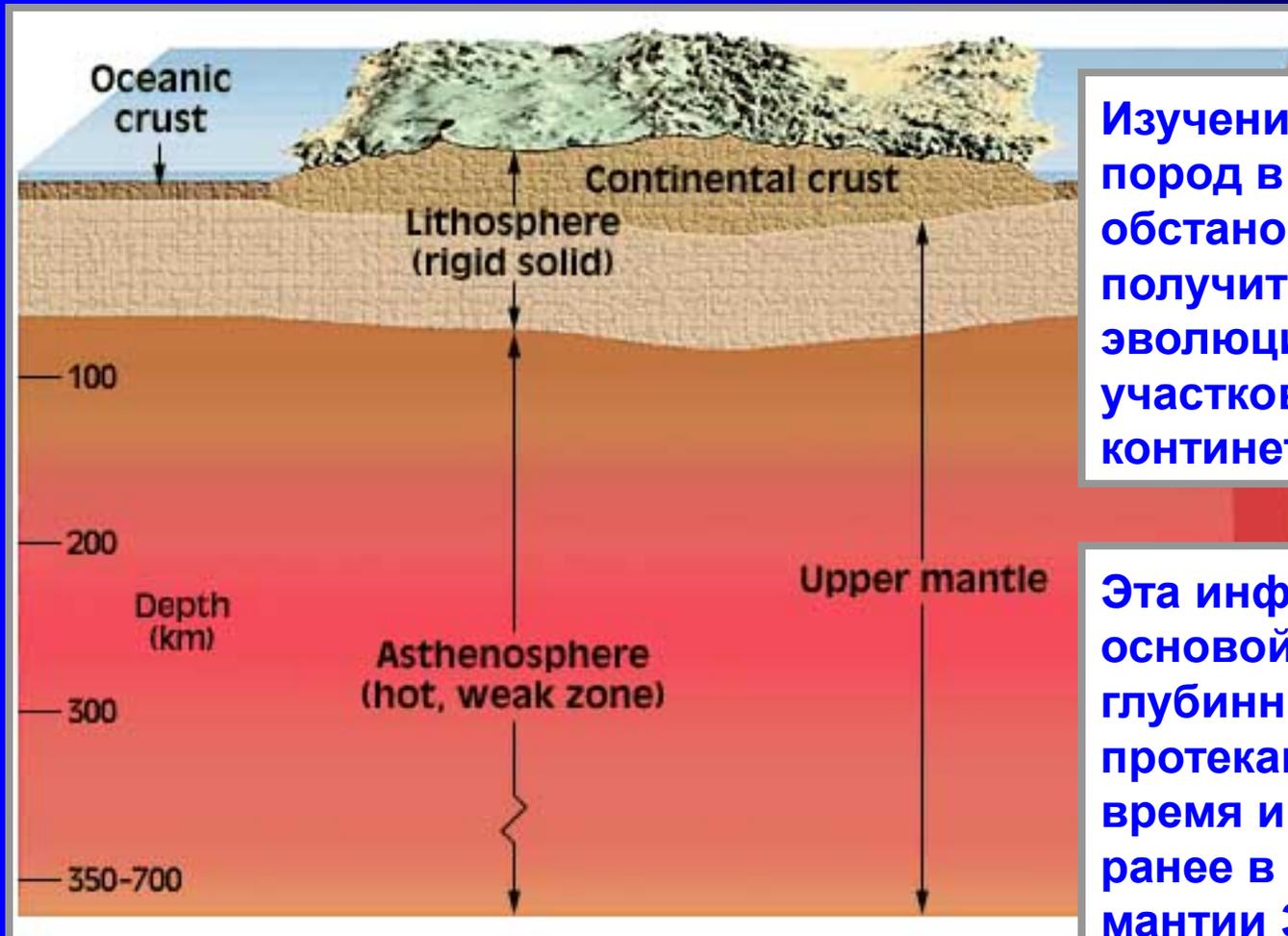
Тема занятия (лекция № 1):

**ЗНАЧЕНИЕ И ЗАДАЧИ СПЕЦКУРСА**

**“МАГМАТИЧЕСКИЕ ФОРМАЦИИ  
СОВРЕМЕННЫХ ГЕОДИНАМИЧЕСКИХ  
ОБСТАНОВОК”**

**ПОНЯТИЯ МАГМАТИЧЕСКОЙ ФОРМАЦИИ  
И МАГМАТИЧЕСКОЙ СЕРИИ**

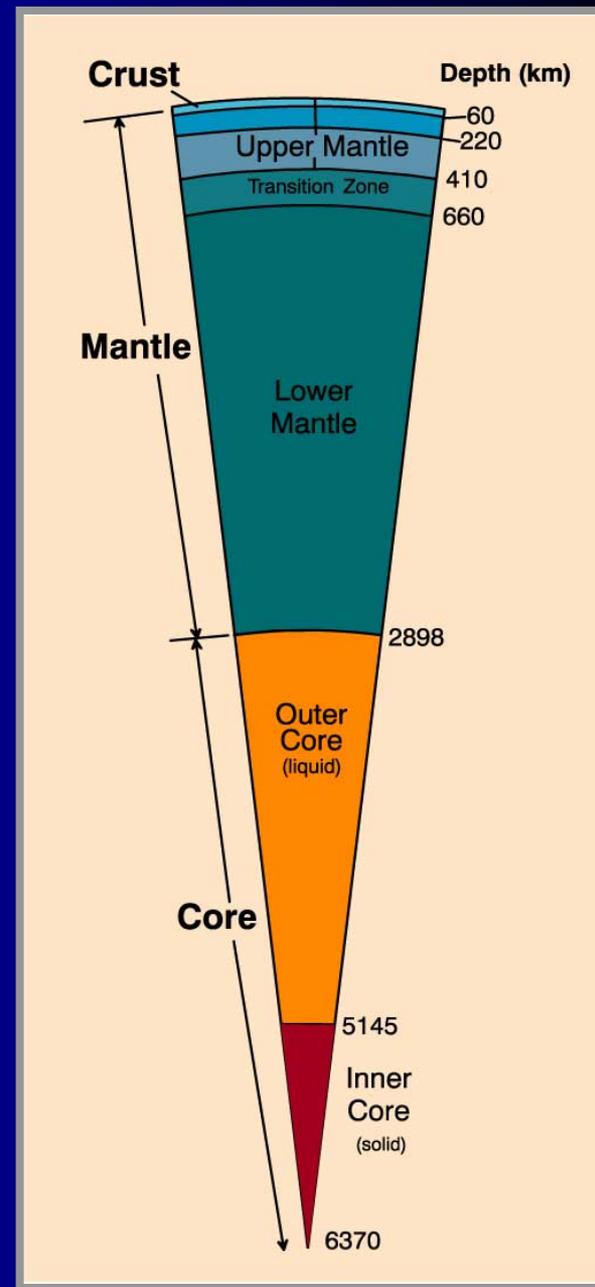
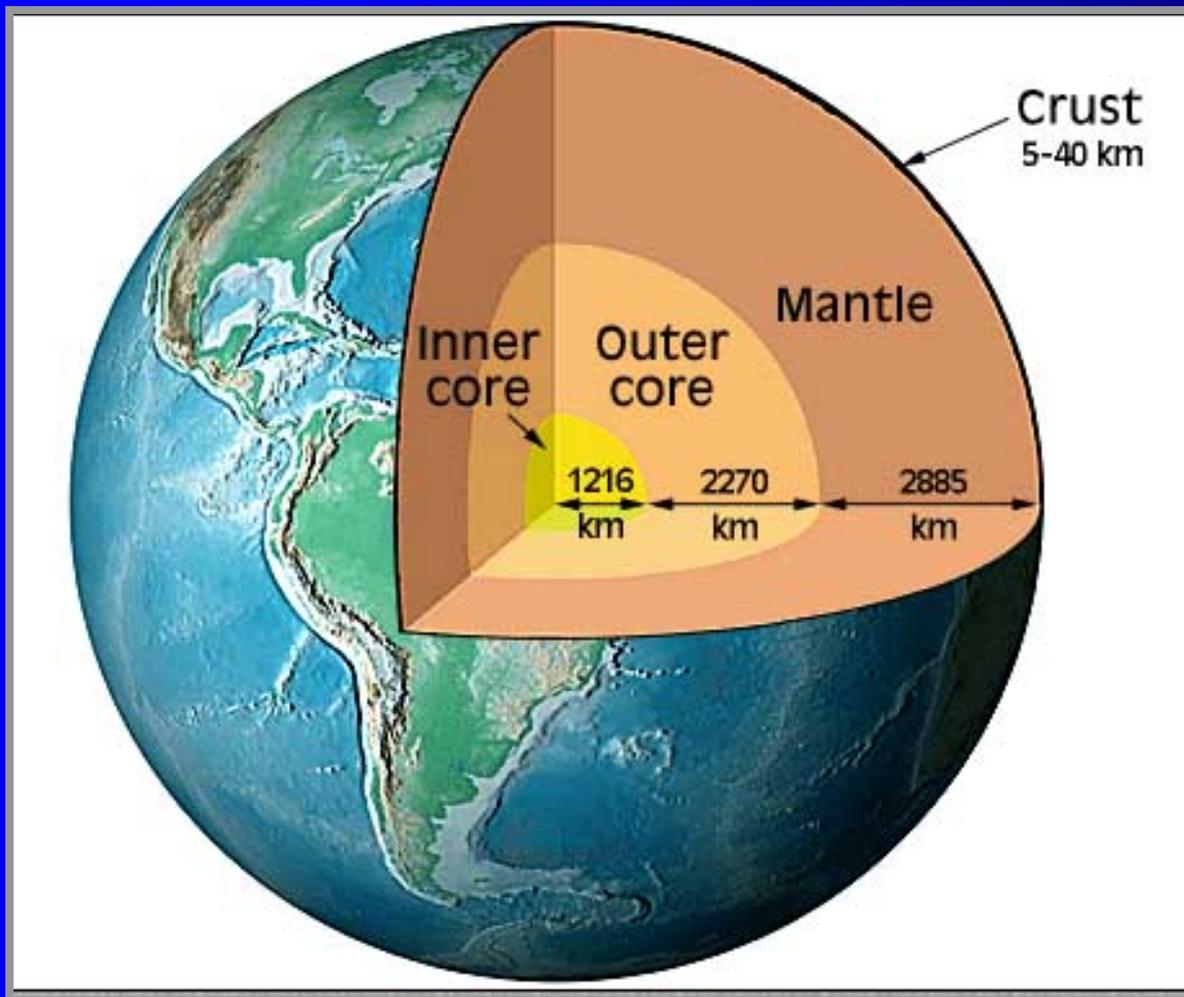
# МАГМАТИЗМ – ИНДИКАТОР СОВРЕМЕННЫХ И ДРЕВНИХ ГЕОДИНАМИЧЕСКИХ ОБСТАНОВОК, ХАРАКТЕРИЗУЮЩИХ ГЕОЛОГИЧЕСКУЮ ЭВОЛЮЦИЮ ЗЕМЛИ



Изучение магматических пород в различных обстановках позволяет получить информацию об эволюции крупных участков океанической и континентальной коры.

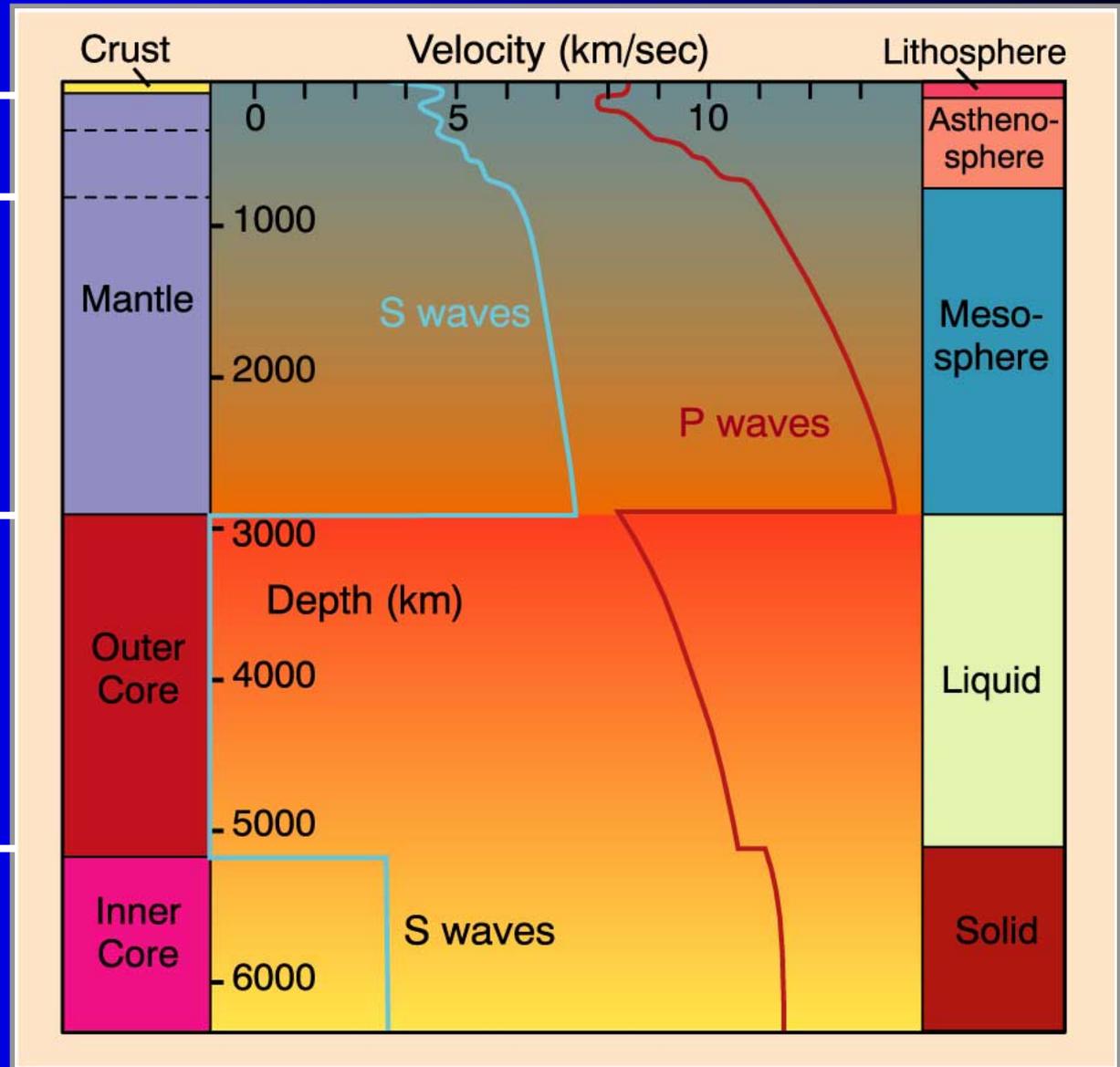
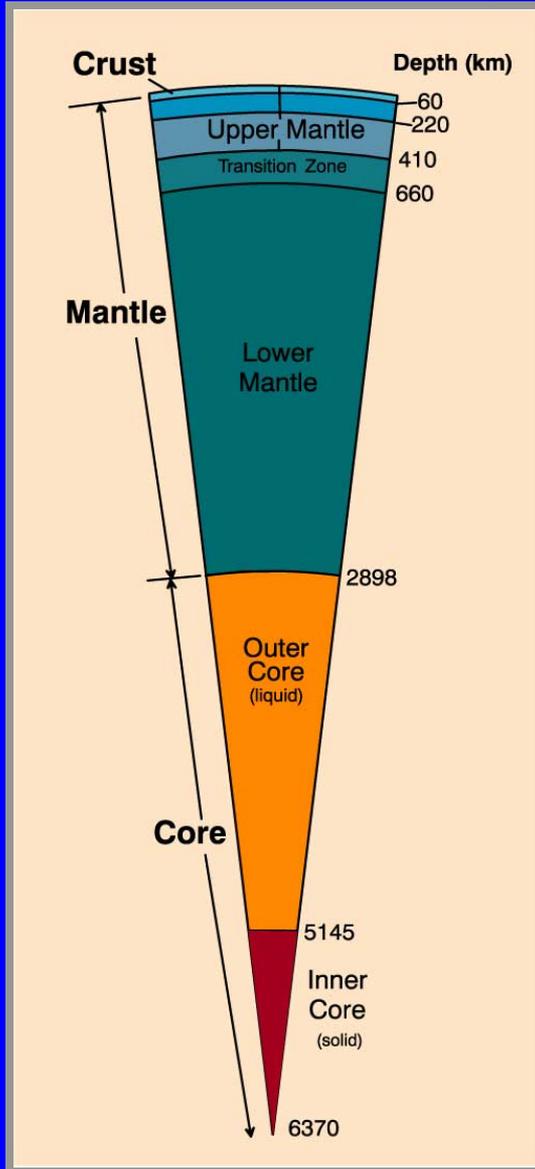
Эта информация служит основой для расшифровки глубинных процессов, протекающих в наше время и происходивших ранее в литосфере и мантии Земли.

# ОБЩЕПРИНЯТАЯ СХЕМА ВНУТРЕННЕГО СТРОЕНИЯ ЗЕМЛИ



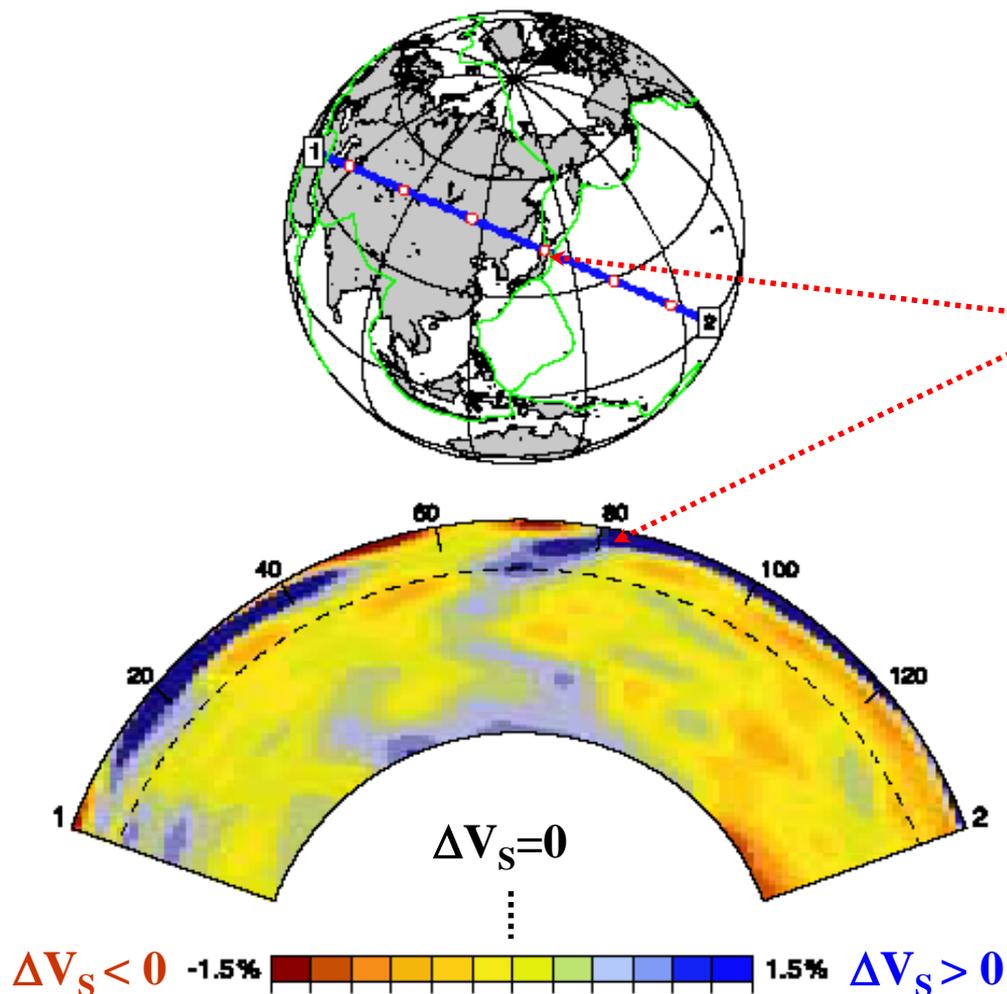
# КАНОНИЧЕСКИЕ ПРОФИЛИ СЕЙСМИЧЕСКИХ ВОЛН

(*P* – продольные, *S* – поперечные)



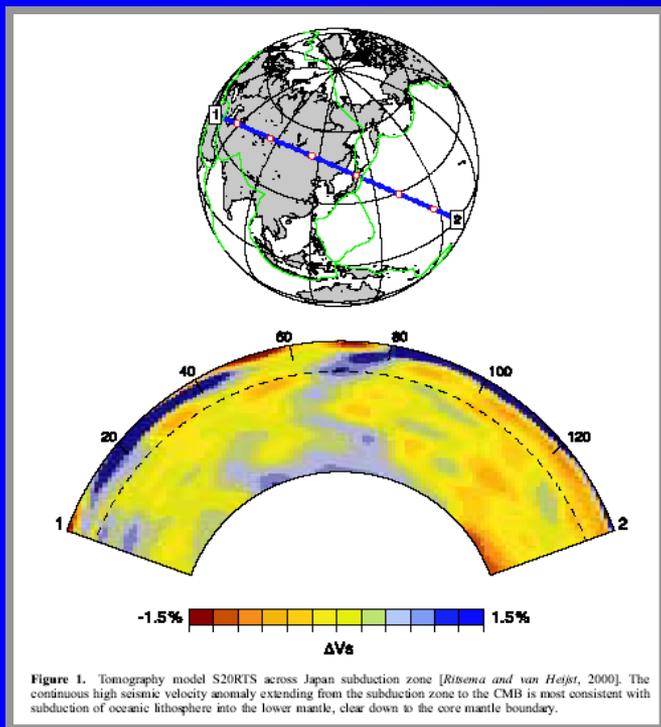
# ПРИМЕР ГЛОБАЛЬНОЙ СЕЙСМИЧЕСКОЙ ТОМОГРАФИИ

Протяженные положительные аномалии  $S$ -волн под субдукционной зоной Японских о-вов указывают на погружение относительно холодной и плотной океанической литосферы (возможно до границы ядро – мантия)

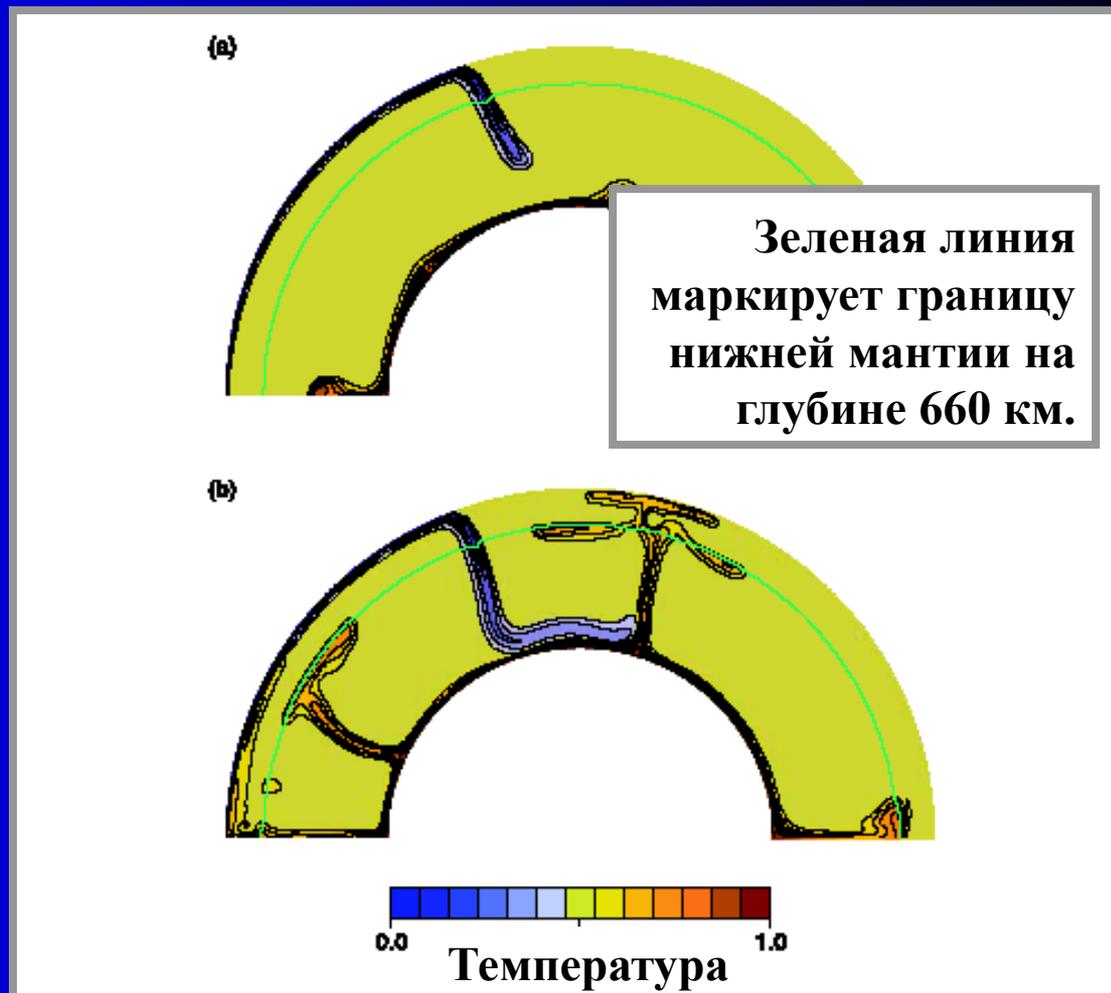


Положительные и отрицательные аномалии  $\Delta V_S$  (%) характеризуют отклонения от среднего значения  $V_S$  на каждом уровне.

# РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ В МАНТИИ ЗЕМЛИ (по данным сейсмической томографии)



От сейсмических профилей к температурным аномалиям !



Эти горячие струи можно рассматривать как корни “плюмов”, индуцирующих магматизм внутри океанических и континентальных плит – так называемые *горячие точки*.

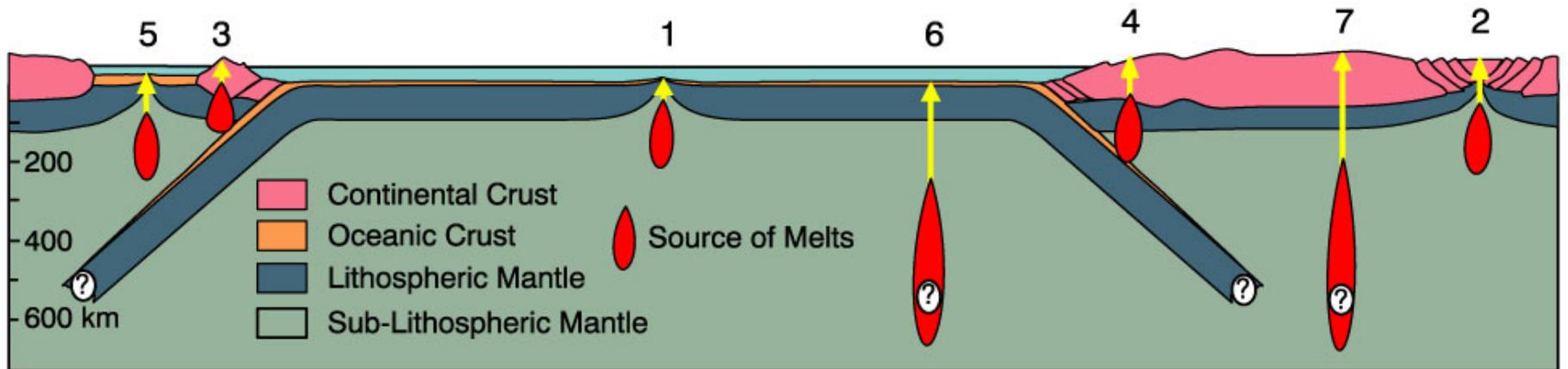
Гавайские о-ва

# СХЕМА КОНВЕКЦИИ В НЕДРАХ ЗЕМЛИ



Сквозные потоки горячего и холодного мантийного материала определяют формирование и эволюцию главных структур земной литосферы.

# ГЛАВНЫЕ ТИПЫ ГЕОДИНАМИЧЕСКИХ ОБСТАНОВОК



1 - Срединно-океанические хребты,  
2 - Внутриконтинентальные рифты,  
3 - Островные дуги,  
4 - Активные континентальные  
окраины,

5 - Задуговые бассейны,  
6 - Океанические острова,  
7 - Проявления внутриконтинентального магматизма  
(карбонатиты, кимберлиты)

# ДОСТИЖЕНИЯ ГЛАВНЫХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ШКОЛ (к рубежу 70-х годов XX века)

## РОССИЙСКАЯ И СОВЕТСКАЯ

### КОНЦЕПЦИЯ МАГМАТИЧЕСКИХ ФОРМАЦИЙ

Разработка методов  
формационного анализа  
как основы  
геологического картирования

Примерно с  
80-х годов



## ЗАПАДНО- ЕВРОПЕЙСКАЯ

### ПРИНЦИПЫ ВЫДЕЛЕНИЯ МАГМАТИЧЕСКИХ СЕРИЙ

Разработка методов  
реконструкции условий  
образования породных  
ассоциаций



ГЕОДИНАМИЧЕСКИЕ РЕКОНСТРУКЦИИ  
ФОРМАЦИЙ И ГЕНЕТИЧЕСКИХ СЕРИЙ  
МАГМАТИЧЕСКИХ ПОРОД **В РАМКАХ**  
**КОНЦЕПЦИИ ТЕКТониКИ ПЛИТ**

# ОСНОВНЫЕ ЗАДАЧИ НАШЕГО КУРСА

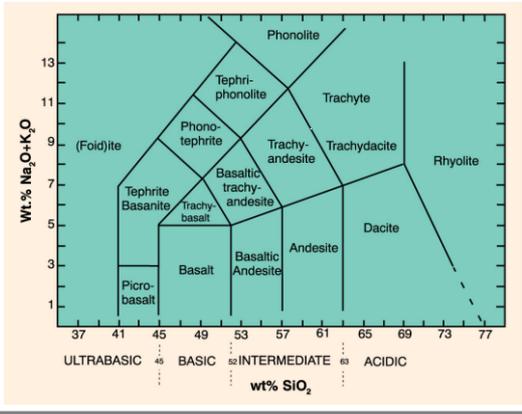
1. Подробное рассмотрение геолого-геохимических данных по формациям и сериям магматических пород.
2. Выявление связей между особенностями магматизма и геологическим положением пород.
3. Обучение методам оценки  $P$ - $T$ - $fO_2$  условий образования пород и их мантийного источника.
4. Использование индикаторных и термодинамических характеристик для расшифровки древних геодинамических обстановок.



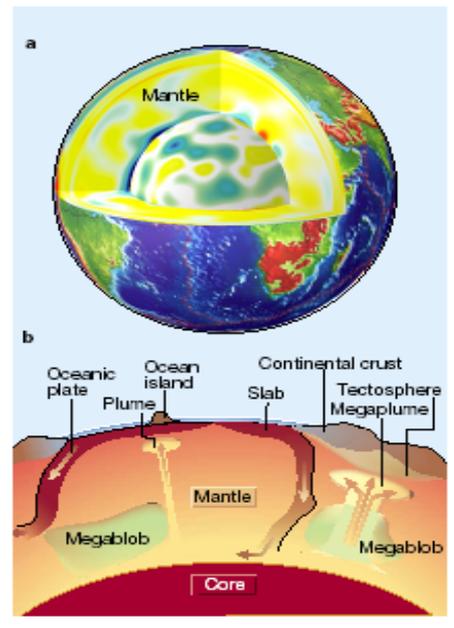
**ВЫВОДЫ ОБ ЭВОЛЮЦИИ МАГМАТИЗМА,  
СМЕНЕ ГЕОДИНАМИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ И  
ЗАРОЖДЕНИИ ГЛОБАЛЬНЫХ КОНВЕКТИВНЫХ  
ТЕЧЕНИЙ В МАНТИИ ЗЕМЛИ**

# ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ НАШЕГО КУРСА

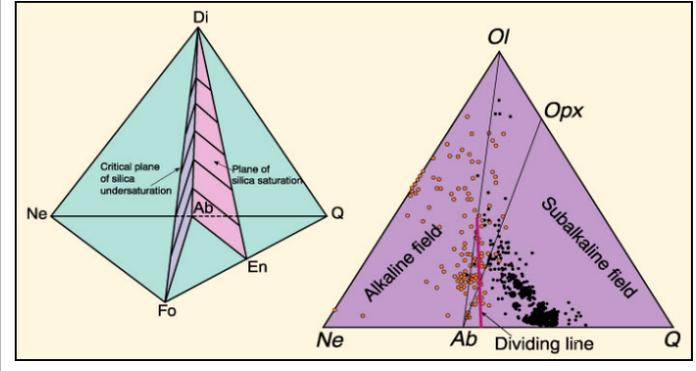
## Петрохимическая типизация



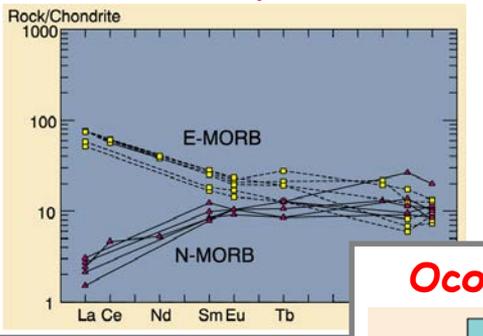
## ГЕОДИНАМИЧЕСКАЯ ПОЗИЦИЯ



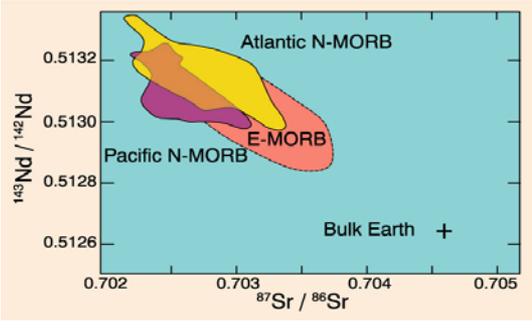
## Фазовые характеристики магм



## Геохимическая специфика



## Особенности изотопии



**ВЫЯВЛЕНИЕ индикаторной роли магматизма**

**ОЦЕНКА термодинамических и динамических условий образования магматических пород**

# ПОНЯТИЯ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ И МАГМАТИЧЕСКОЙ ФОРМАЦИИ

## ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ФОРМАЦИЯ

совокупность пород, устойчиво повторяющаяся во времени и пространстве в конкретной геотектонической обстановке

Характеризуется определенным типом металлогении

## МАГМАТИЧЕСКАЯ ФОРМАЦИЯ

**в начале** – синоним ассоциации изверженных пород, связанных общим местом и временем образования

**начиная с 60-х годов** рассматривается как частный случай геологической формации

# ПРИМЕРЫ МАГМАТИЧЕСКИХ ФОРМАЦИЙ

## НА ПЛАТФОРМАХ:

трапповая, анортозитовая, лампроитовая, кимберлитовая, нефелиновых сиенитов и т.д.

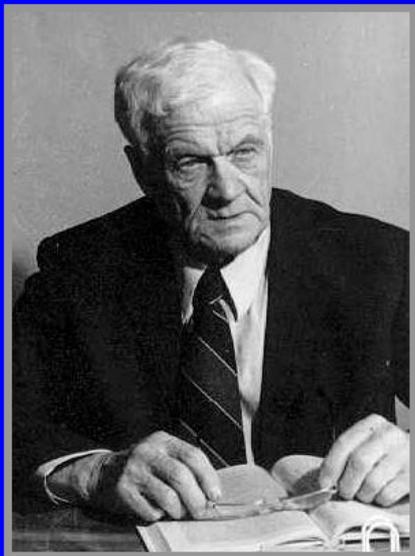
## В ОКЕАНАХ:

толеитов срединных хребтов (MORB), базальтов океанических островов (OIB) и др.

## НА ОСТРОВНЫХ ДУГАХ:

островодужных базальтов (IAB )и андезитов, шошонитовая и др.

# ГЛАВНЫЕ КОМПОНЕНТЫ ФОРМАЦИОННОГО АНАЛИЗА



Ю.А. Кузнецов  
(1903-1982)

- ✓ **ВЫДЕЛЕНИЕ ФОРМАЦИЙ** при полевых исследованиях
- ✓ **ТИПИЗАЦИЯ ФОРМАЦИЙ** по вещественному составу
- ✓ **КЛАССИФИКАЦИЯ ФОРМАЦИОННЫХ ТИПОВ** по геотектоническому положению, металлогении и т.д.

**ВЫДЕЛЕНИЕ МАГМАТИЧЕСКОЙ ФОРМАЦИИ** проводится путем геологического картирования

Включает идентификацию конкретных тел магматического происхождения, петрографическое описание пород и их пространственных соотношений, отнесение к определенному типу геолого-тектонического развития региона

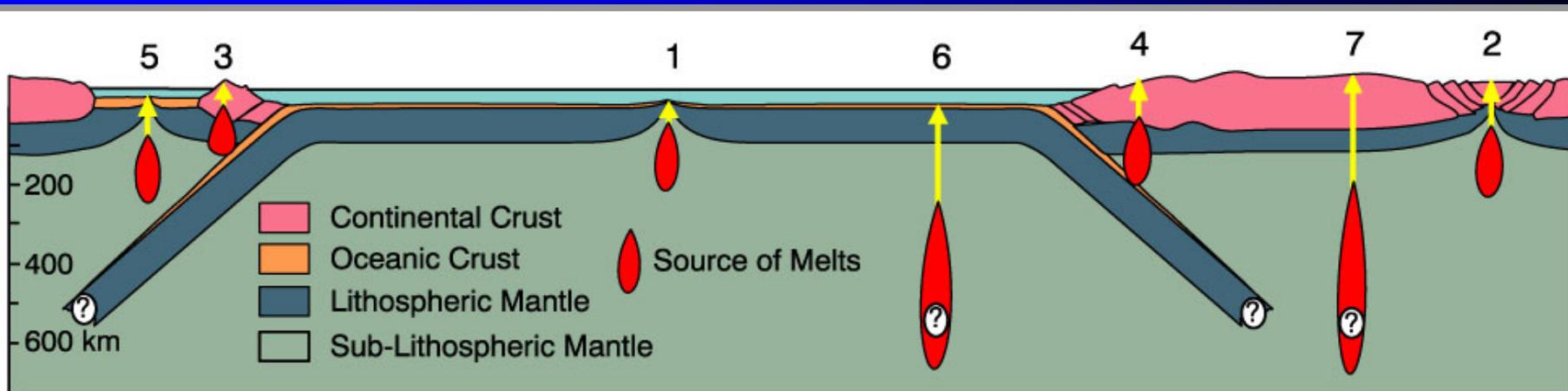
Совокупность этих геологических тел составляют **конкретную магматическую формацию** или **региональный магматический комплекс**

# ГЛАВНЫЕ КОМПОНЕНТЫ ФОРМАЦИОННОГО АНАЛИЗА

**ТИПИЗАЦИЯ КОНКРЕТНЫХ ФОРМАЦИЙ** включает сравнение выделенных ассоциаций с ранее изученными этадонами внутри региона или за его пределами

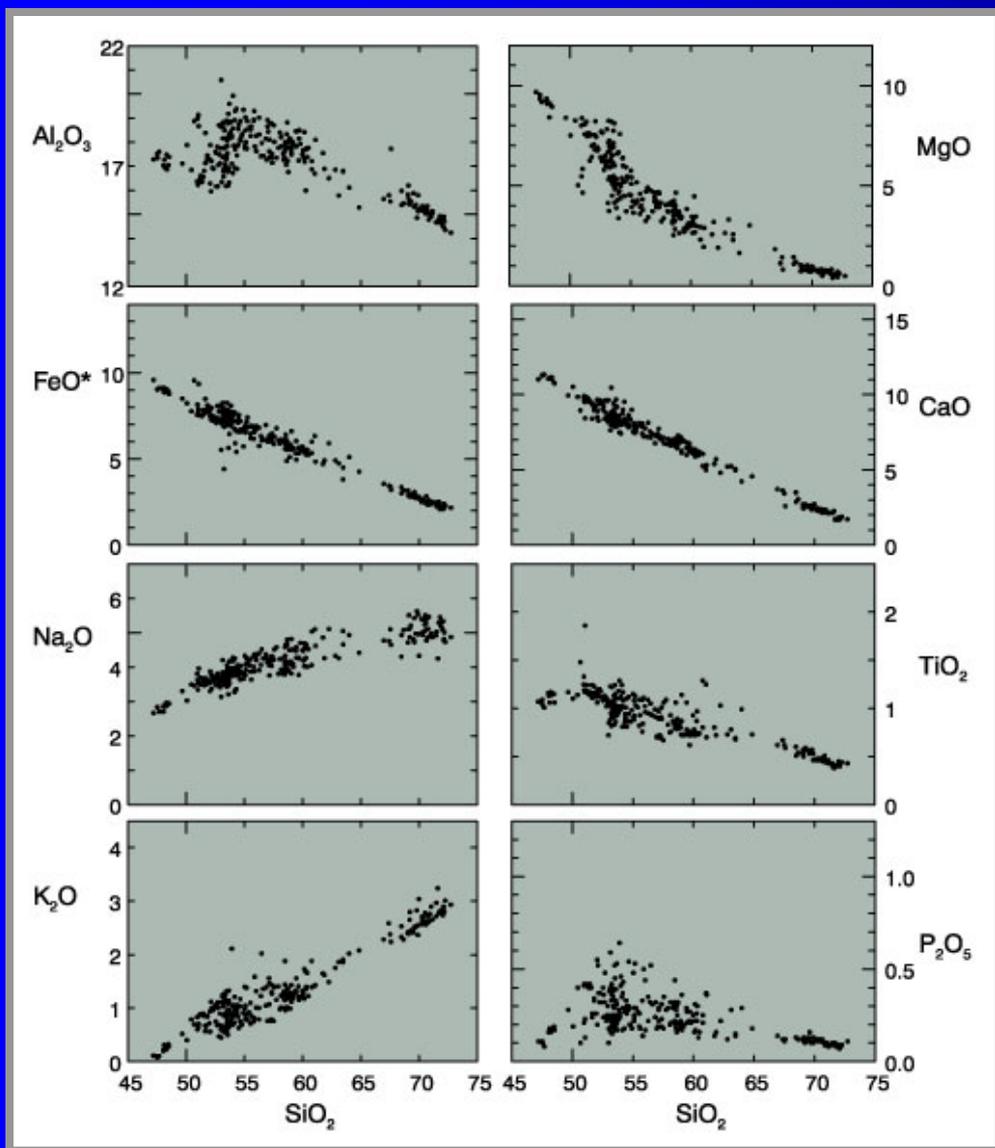
Эталонные формации называются **"абстрактными"** формациями – в том смысле, что не привязаны к конкретному региону, структуре или времени образования

Абстрактные формации называют еще **формационными типами**



**ОПРЕДЕЛЕНИЕ МАГМАТИЧЕСКОЙ СЕРИИ  
И ПРИНЦИПЫ  
СЕРИАЛЬНОГО ПОДХОДА**

# СЕРИАЛЬНОСТЬ ПОРОД В МАГМАТИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСАХ



Составы пород конкретных магматических комплексов обычно выстраиваются в сублинейные последовательности содержаний оксидов, которые называются **петрохимическими трендами**

**ДИАГРАММЫ ХАРКЕРА**  
(зависимость от SiO<sub>2</sub>)

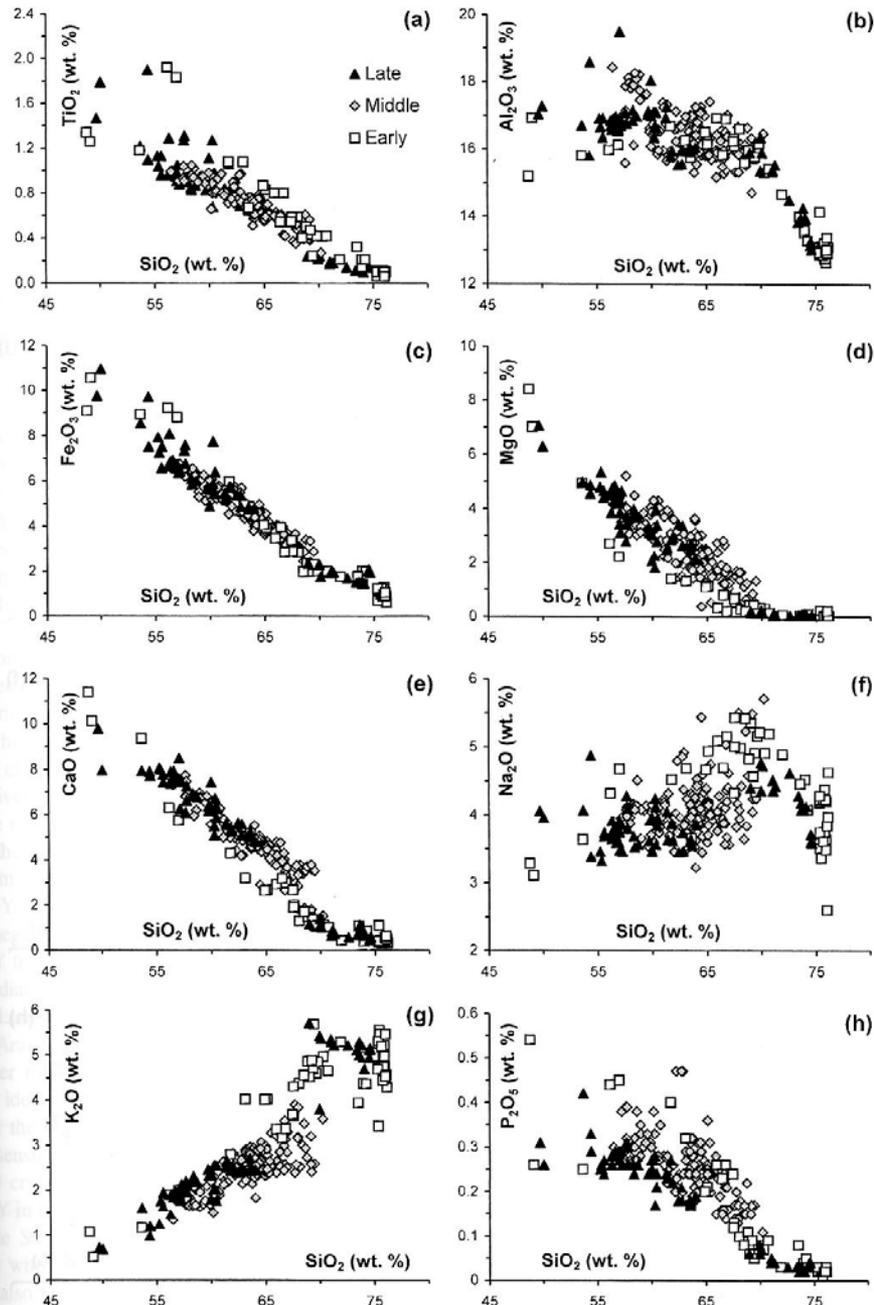
Составы 310 вулканических пород из Кратерного озера г.Мазама (штат Орегон, США)

## Другой пример диаграмм Харкера

Вновь прослеживаются суб-линейные тренды содержаний оксидов

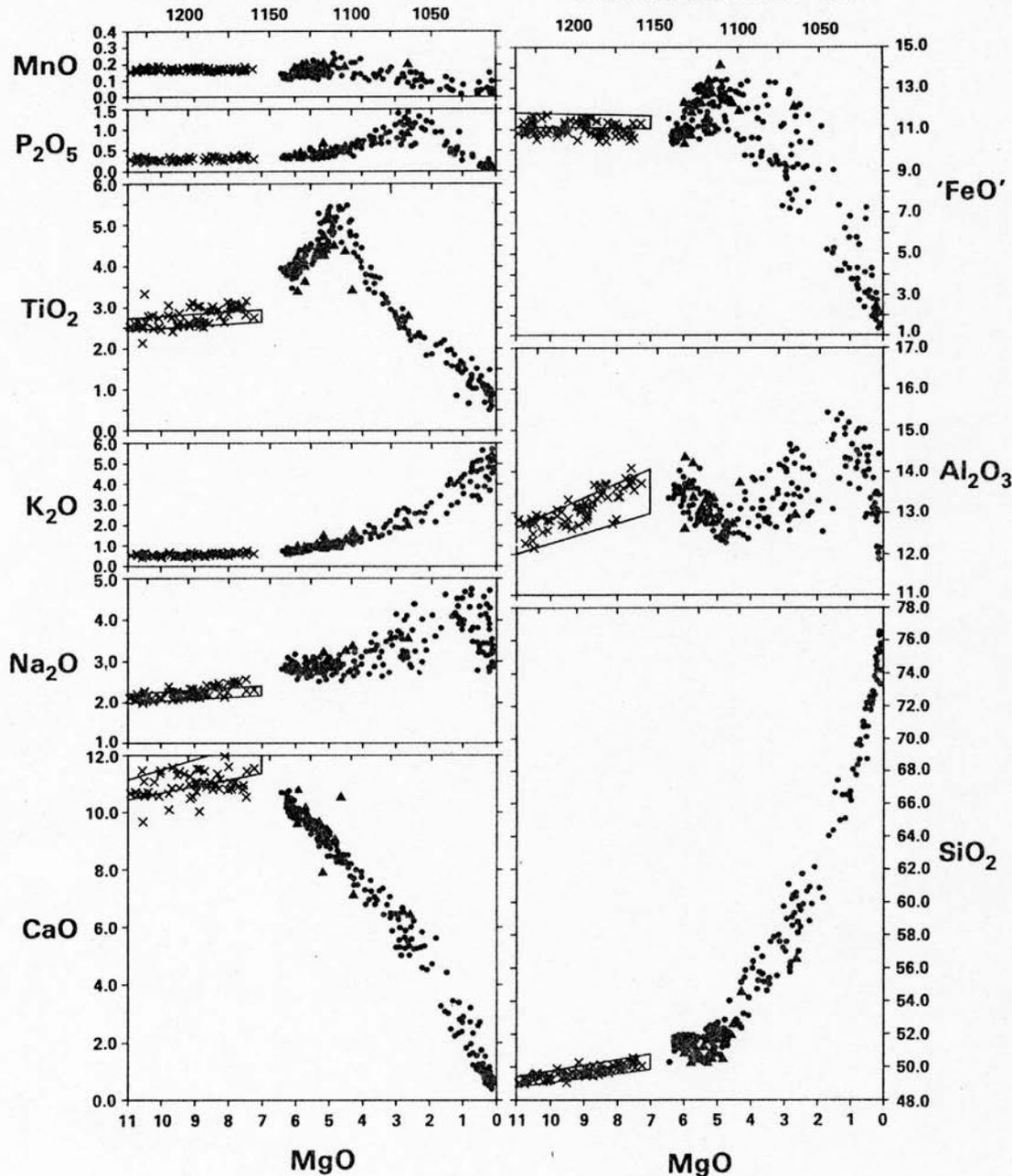
Подобные соотношения установлены в сотнях магматических комплексов Земли

Составы вулканических пород плато Эрзерум (северо-восточная Турция)



TEMPERATURE (°C)

TEMPERATURE (°C)



## Графики зависимости составов пород от содержания MgO и температуры

Графики интересны тем, что сериальность пород проявляется не только в виде композиционных трендов, но также зависимости от температуры ликвидуса пород и стекол

Это подсказывает, что формирование сериальности каким-то образом связано с изменением температуры !

Составы базальтов и интерстициальных стекол из лавового озера на о. Гавайи

# ПОНЯТИЯ ГЕНЕТИЧЕСКОЙ ОБЩНОСТИ ПОРОД И ДИФФЕРЕНЦИАЦИИ МАГМЫ

## ЛОГИКА РАССУЖДЕНИЙ В НАЧАЛЕ XX ВЕКА:

**СЕРИАЛЬНОСТЬ ПОРОД**

→ проявление генетического родства

**ГЕНЕТИЧЕСКОЕ РОДСТВО**

→ указывает на общность источника

**ОБЩИЙ ИСТОЧНИК**

(исходная магма)

→ подразумевает наличие процессов, которые приводят к разделению исходного вещества или его взаимодействию с коровыми материалами с образованием композиционных последовательностей пород

Процессы, которые могут привести к образованию различных магматических пород из общего источника, получили название **дифференциации магмы**

# О РОЛИ Н.БОУЭНА В МАГМАТИЧЕСКОЙ ПЕТРОЛОГИИ

Bowen N.L. Evolution of Igneous Rocks.  
Princeton University. 1928. 332 p.

**Магматическая серия** – совокупность изверженных пород, образованных из общего источника в условиях доминирования одного главного механизма дифференциации, обусловленного процессом кристаллизации магмы.

---

---

Таким образом, понятие формации или ассоциации связывают место и время образования пород,

а магматической серии – место, время и условия образования (источник и механизм дифференциации).



NORMAN L. BOWEN  
(1887 - 1956)

# КЛАССИФИКАЦИИ МАГМАТИЧЕСКИХ СЕРИЙ

## ПО ОТНОСИТЕЛЬНЫМ ОБЪЕМАМ ДИФФЕРЕНЦИАТОВ

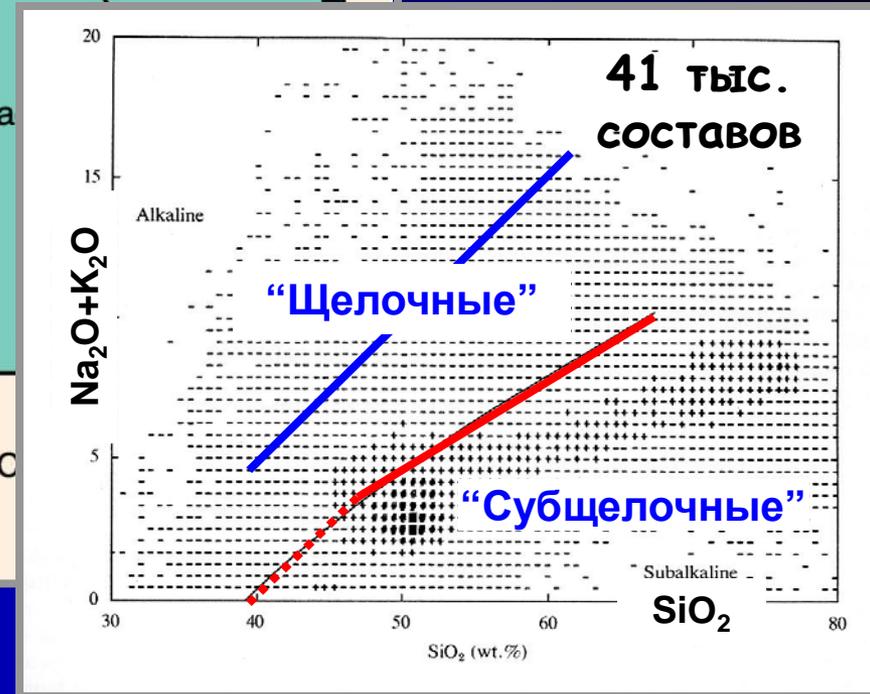
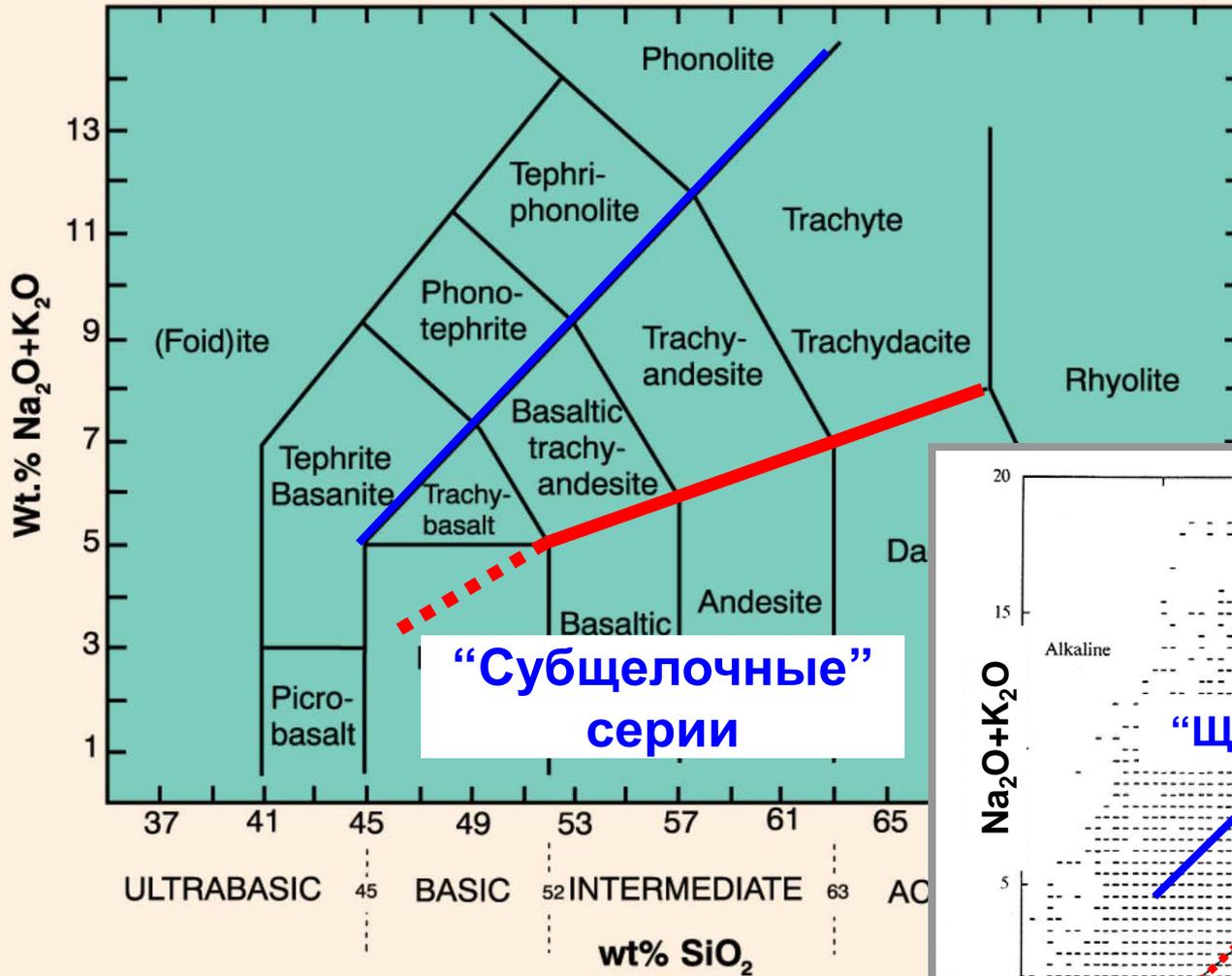
1. **Однородные** – представлены одним типом пород (напр., базальтами или андезитами)
2. **Непрерывные** – без разрыва составов на вариационных диаграммах (напр., базальт – андезит – дацитовые серии)
3. **Контрастные** – с явным разрывом составов на вариационных диаграммах (как правило бимодальные, напр., базальт – риолитовые серии)

## ПО ХИМИЧЕСКОМУ СОСТАВУ С УЧЕТОМ

1. **Петрохимических характеристик** – соотношения щелочей и кремнезема, отношения  $FeO/MgO$  и т.д.
2. **Геохимических особенностей** – распределение РЗЭ, отношения  $La/Yb$ ,  $Y$  и  $Zr$  и многие другие
3. **На основе петрохимических и геохимических характеристик** (наиболее достоверный подход в плане геодинамических реконструкций)

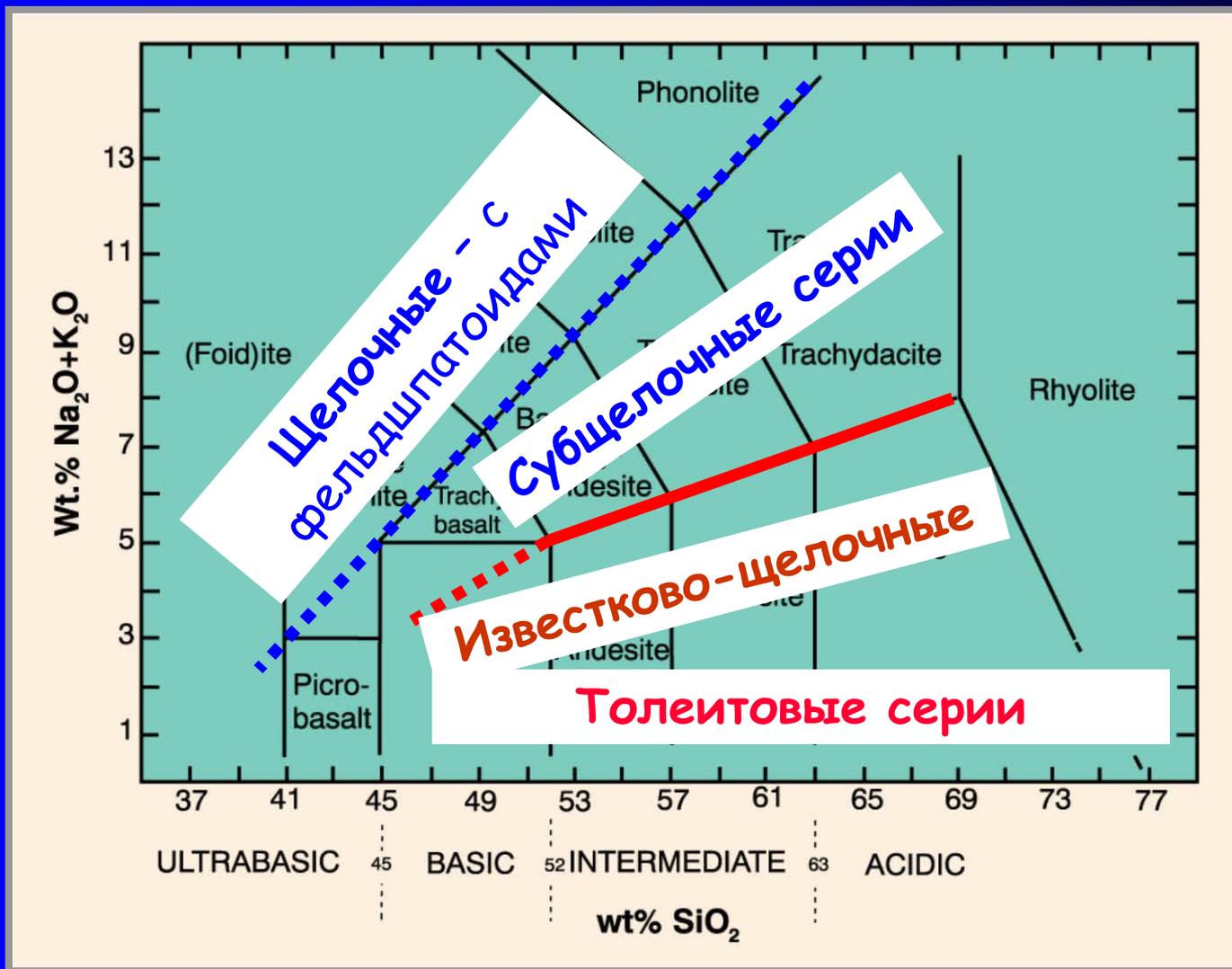
# ГЛАВНЫЕ ТИПЫ МАГМАТИЧЕСКИХ СЕРИЙ

## (петрохимия вулканических пород)

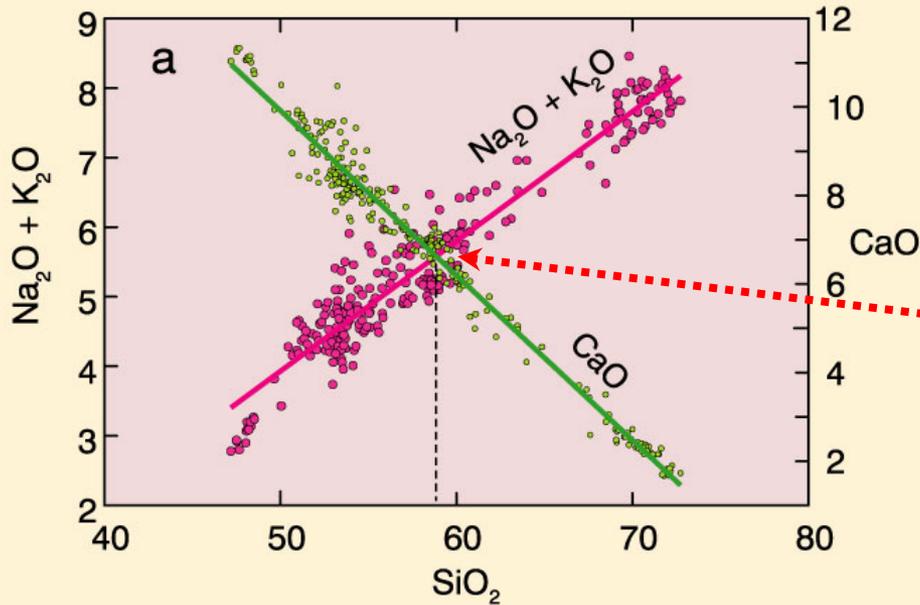


# КЛАССИФИКАЦИЯ СЕРИЙ ВУЛКАНИЧЕСКИХ ПОРОД

(Петрографический комитет АН СССР, 1981)



# ДИАГРАММА ПИКОКА



По величине **индекса Пикока** (точке пересечения двух трендов) магматические серии можно разделить на:

**Щелочные**

$$\text{SiO}_2 < 51$$

**Щелочно-известковые**

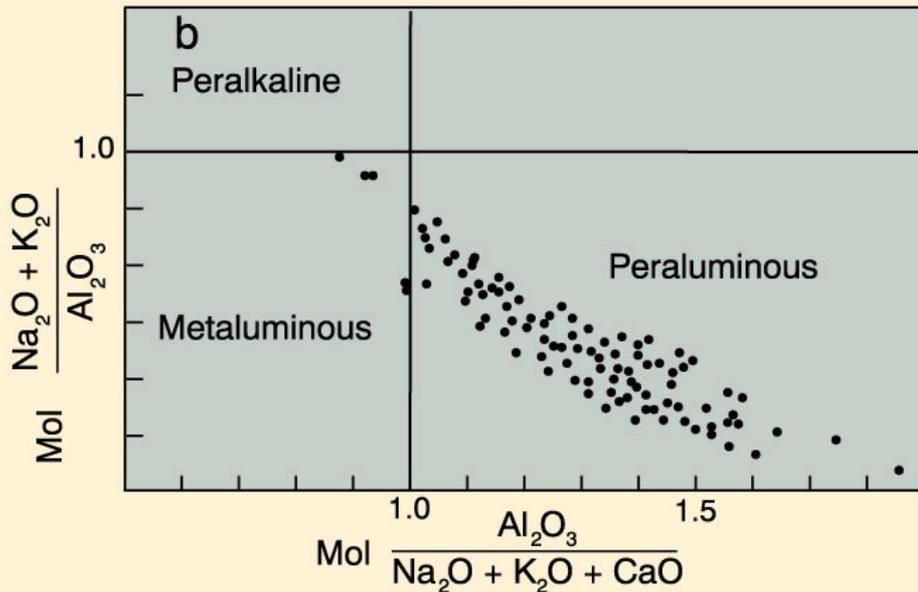
$$51 < \text{SiO}_2 < 56$$

**Известково-щелочные**

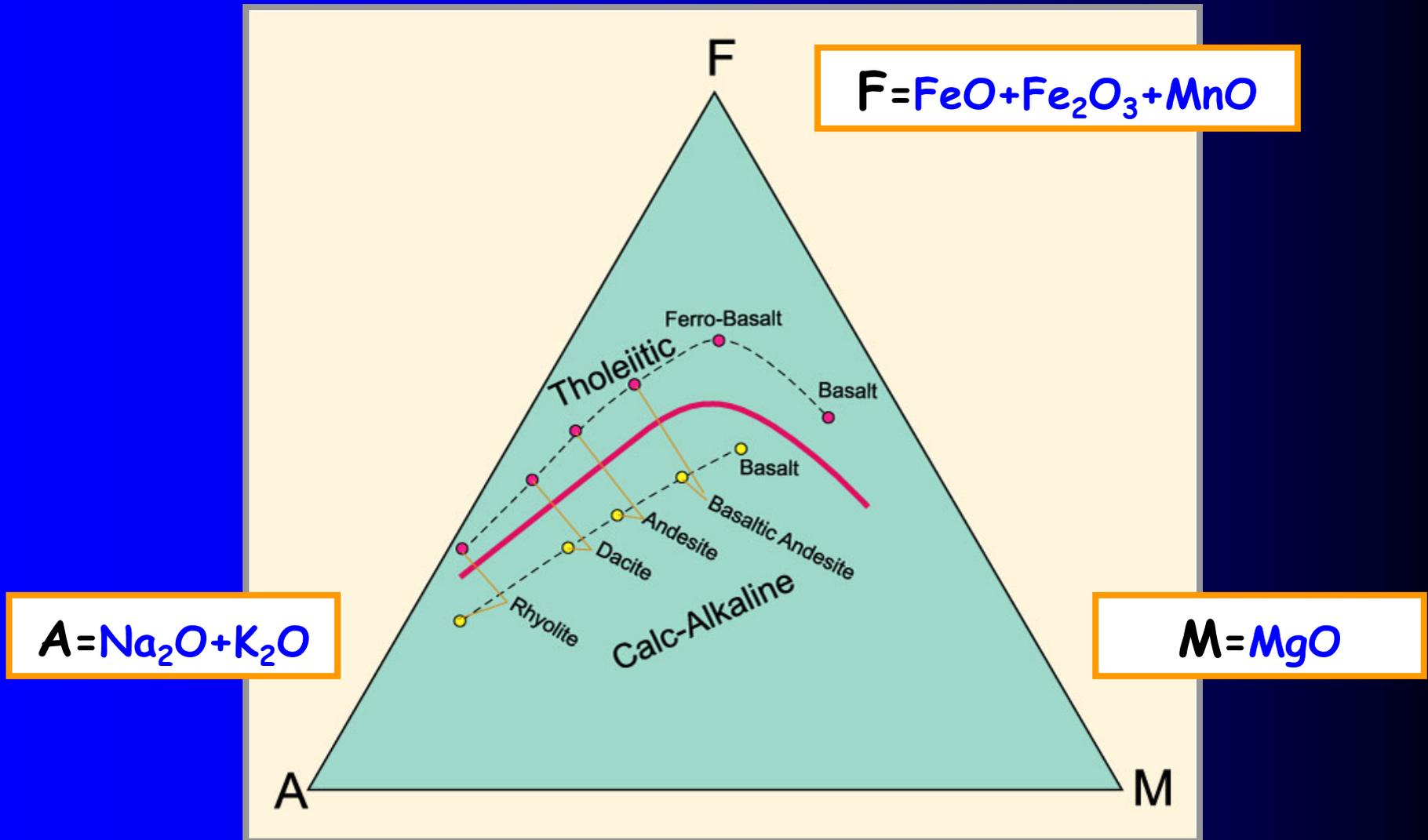
$$56 < \text{SiO}_2 < 61$$

**Известковые = толеитовые**

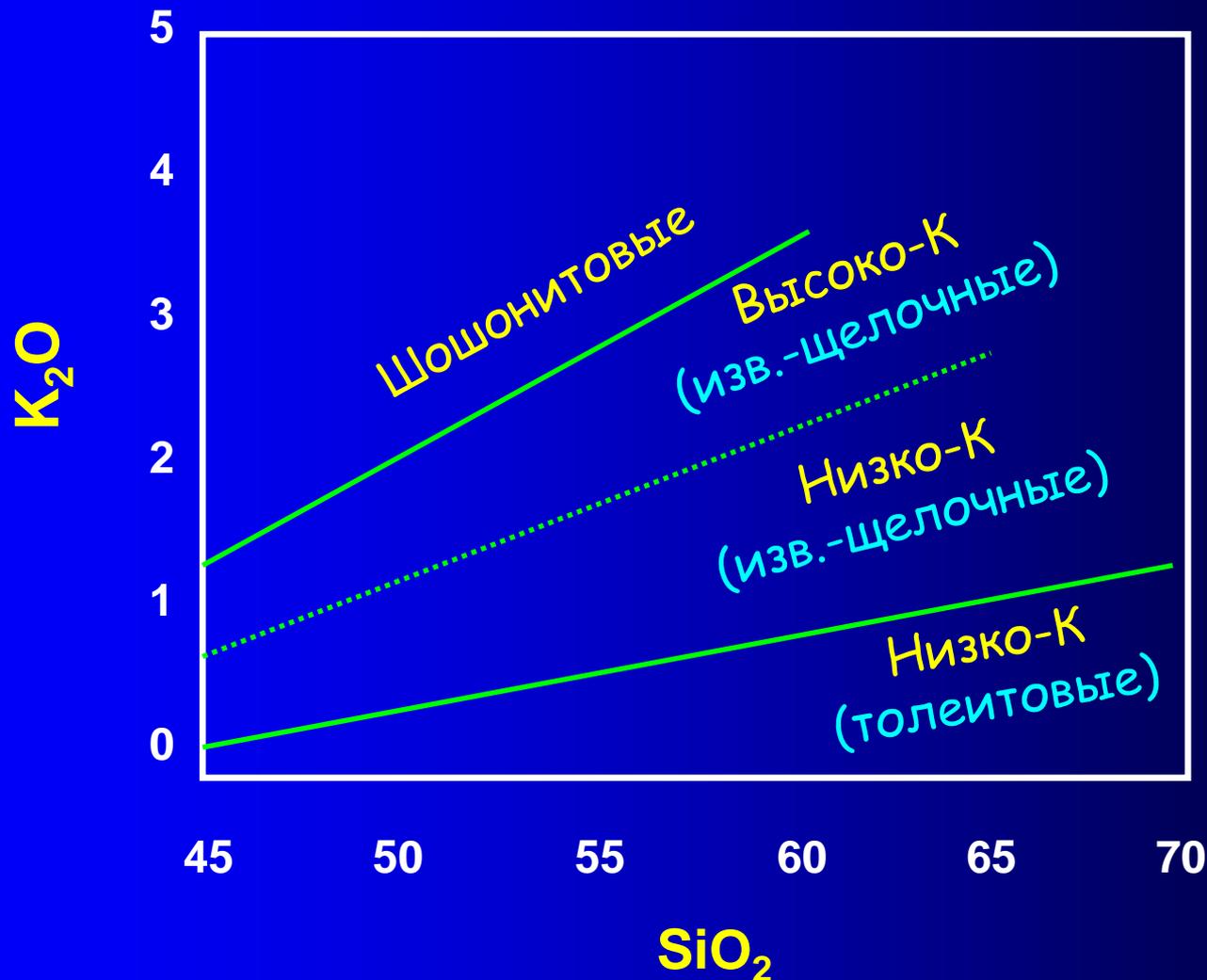
$$61 < \text{SiO}_2$$



# ДИАГРАММА "AFM"

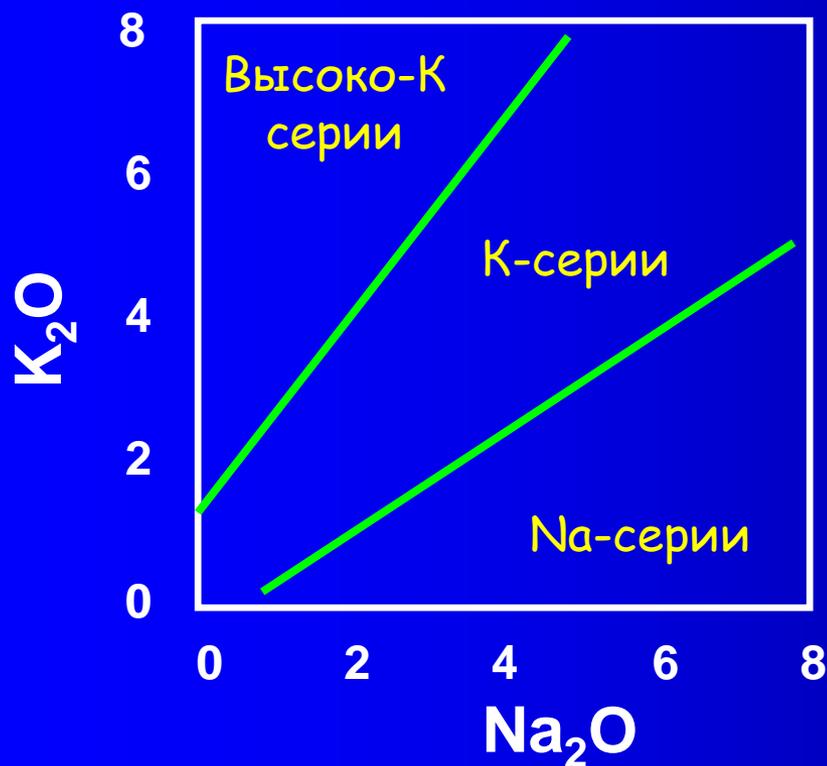


# ДОПОЛНИТЕЛЬНОЕ ДЕЛЕНИЕ МАГМАТИЧЕСКИХ СЕРИЙ ПО СОДЕРЖАНИЮ $K_2O$

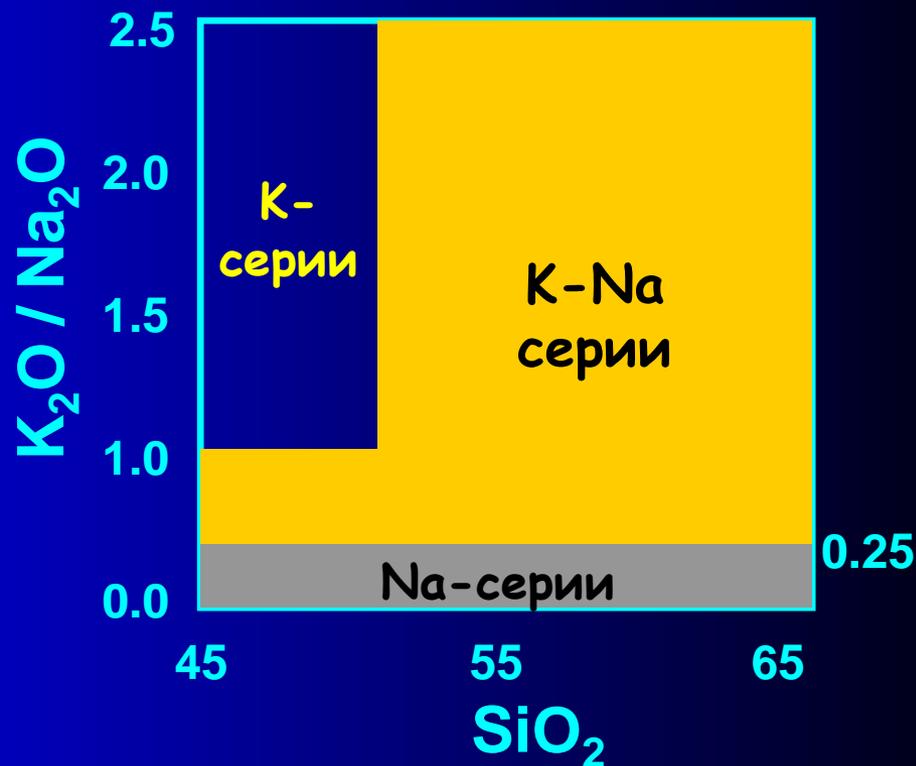


# РАЗДЕЛЕНИЕ МАГМАТИЧЕСКИХ СЕРИЙ ПО СООТНОШЕНИЮ $K_2O$ И $Na_2O$

Зарубежные  
специалисты

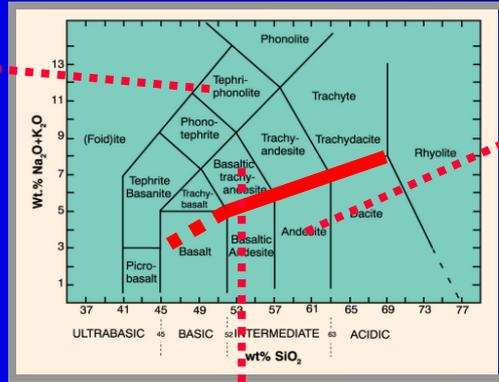


Российские  
петрологи

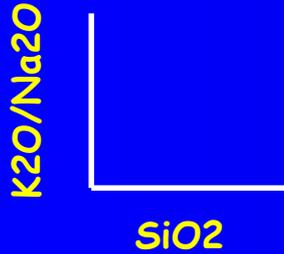


# СХЕМА ПЕТРОХИМИЧЕСКОЙ КЛАССИФИКАЦИИ СЕРИЙ

Выборка составов пород

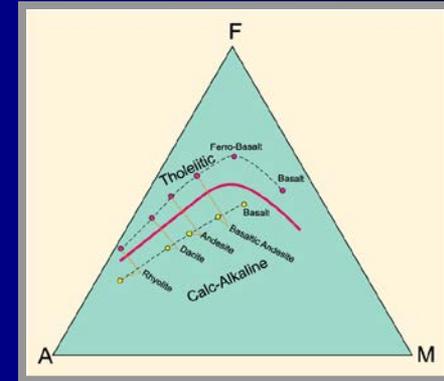


ЩЕЛОЧНЫЕ  
(с модальным FS)



К-серии  
К-Na-серии  
Na-серии

НОРМАЛЬНОЙ  
ЩЕЛОЧНОСТИ



СУБЩЕЛОЧНЫЕ  
(без модального FS)

К-серии  
К-Na-серии  
Na-серии

Известково-щелочные

К-серии  
К-Na-серии  
Na-серии

Толейтовые

К-Na-серии

Na-серии