

# Лекция 7. Классификация эффузивных горных пород

По курсу «динамической вулканологии», механико-математический и геологический факультеты МГУ

<http://wiki.web.ru/wiki/>

Геологический\_факультет\_МГУ:Вулканология

# ОСНОВНЫЕ ТЕМЫ ЛЕКЦИИ

- Принципы классификации
- Породообразующие минералы
  - группа оливина,
  - орто- и клинопироксены,
  - группа плагиоклаза, калиевый полевой шпат
  - биотиты,
  - роговые обманки,
  - лейцит,
  - нефелин,
  - содалиты
- Минералогия, химизм главных элементов, режим летучих компонентов.
- Вещественный состав лав.

# История классификации



Василий Михайлович  
Севергин (1765 – 1826)



Александр Броньяр  
(1770-1847)

Предложили определять горные породы по их минеральному составу.

До этого, породы назывались по цвету, месту добычи строительного камня, рисунку-узору, запаху и т.д.

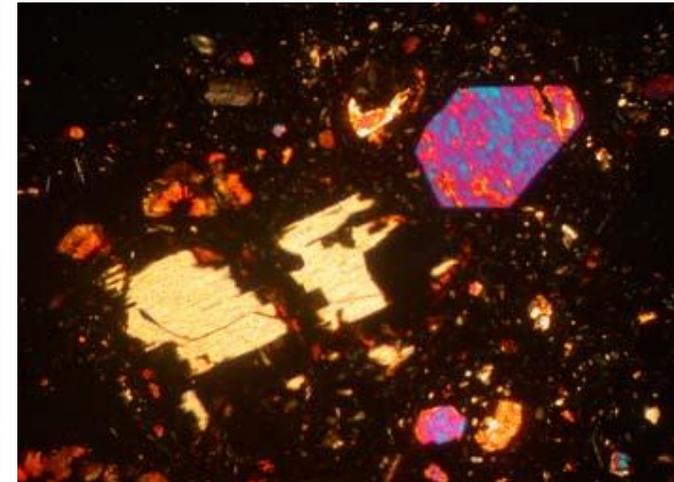
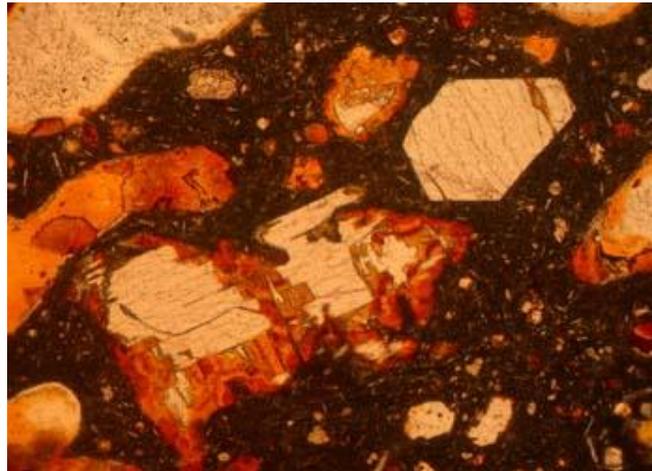


Алексей Петрович Павлов  
(1854-1929)

Разделение по химизму:

Группы пород	SiO <sub>2</sub> , вес. %
Ультраосновные породы	<45%
Основные породы	45-52
Средние породы	52-65
Кислые породы	>65%

# ОЛИВИНЫ



Фаялит



$\text{SiO}_2$  29.75 (вес.%)

Форстерит



42 (вес.%)

→  
Возрастание температуры

Кислые  
породы

Ультраосновные  
породы

Fo    0-20    70-86    88-94    100

Характерные примеси:

Ca, Mn, Ni, Cr

Номер оливина:

$\text{Fo} = \text{Mg} / (\text{Mg} + \text{Fe}) \text{ ат.}\%$

Магнезиальность:

$\text{Mg}\# = \text{Mg} / (\text{Mg} + \text{Fe}) \text{ ат.}\%$

# Пироксены

## 28 минеральных видов

- Ортопироксены

- Энстатит-ферросилит

$(\text{Mg,Fe})_2\text{Si}_2\text{O}_6$   $\text{SiO}_2$  50-60 % вес.

- Клинопироксены

- Диопсид-геденбергит

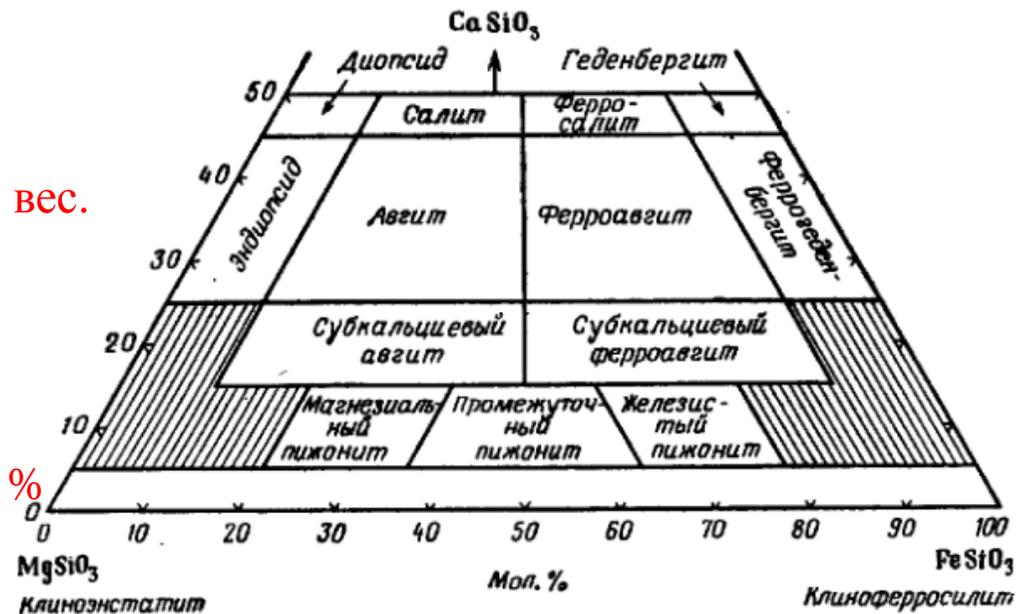
$\text{Ca}(\text{Mg,Fe})\text{Si}_2\text{O}_6$   $\text{SiO}_2$  48-56 %

- Йохансенит  $\text{CaMnSi}_2\text{O}_6$

- Эгирин  $\text{NaFeSi}_2\text{O}_6$  51-52 %

- Сподумен  $\text{LiAlSi}_2\text{O}_6$

- Жадеит  $\text{NaAlSi}_2\text{O}_6$



Фиг. 1. Номенклатура моноклинных пироксенов в системе  $\text{CaMgSi}_2\text{O}_6 - \text{CaFeSi}_2\text{O}_6 - \text{Mg}_2\text{Si}_2\text{O}_6 - \text{Fe}_2\text{Si}_2\text{O}_6$  (Poldervaart, Hess, 1951).

$\text{Mg}\# = \text{Mg}/(\text{Mg}+\text{Fe}), \text{ ат.}\%$

Wall = волластонитовая молекула

Для щелочных клинопироксенов:

Aeg = кол-во Aeg молекулы, ат. %

# Плагиоклазы



Альбит Олигоклаз

Андезин Лабрадор

Битовнит



Анортит

SiO<sub>2</sub> 68 вес.%

44 вес.%



Температура

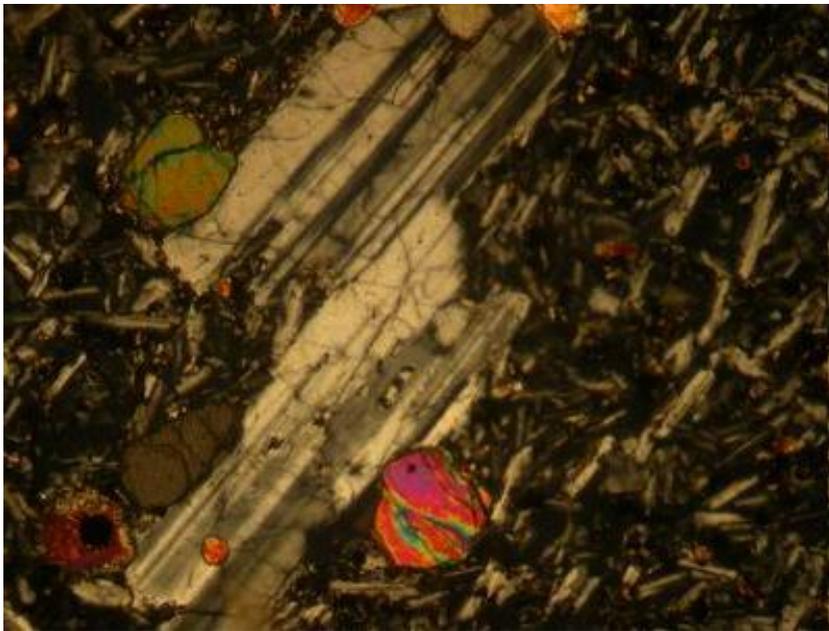
$An = \frac{Ca}{Ca+Na}, \text{ ат.}\%$



An<sub>91</sub> – анортит

An<sub>55</sub> – лабрадор

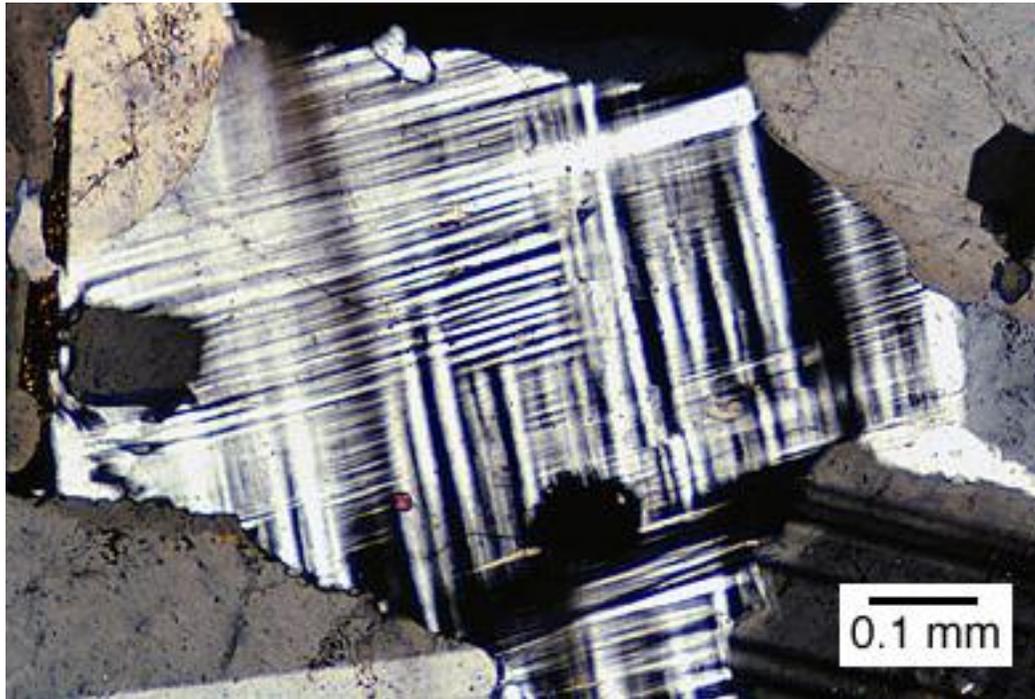
An<sub>49</sub> – андезин



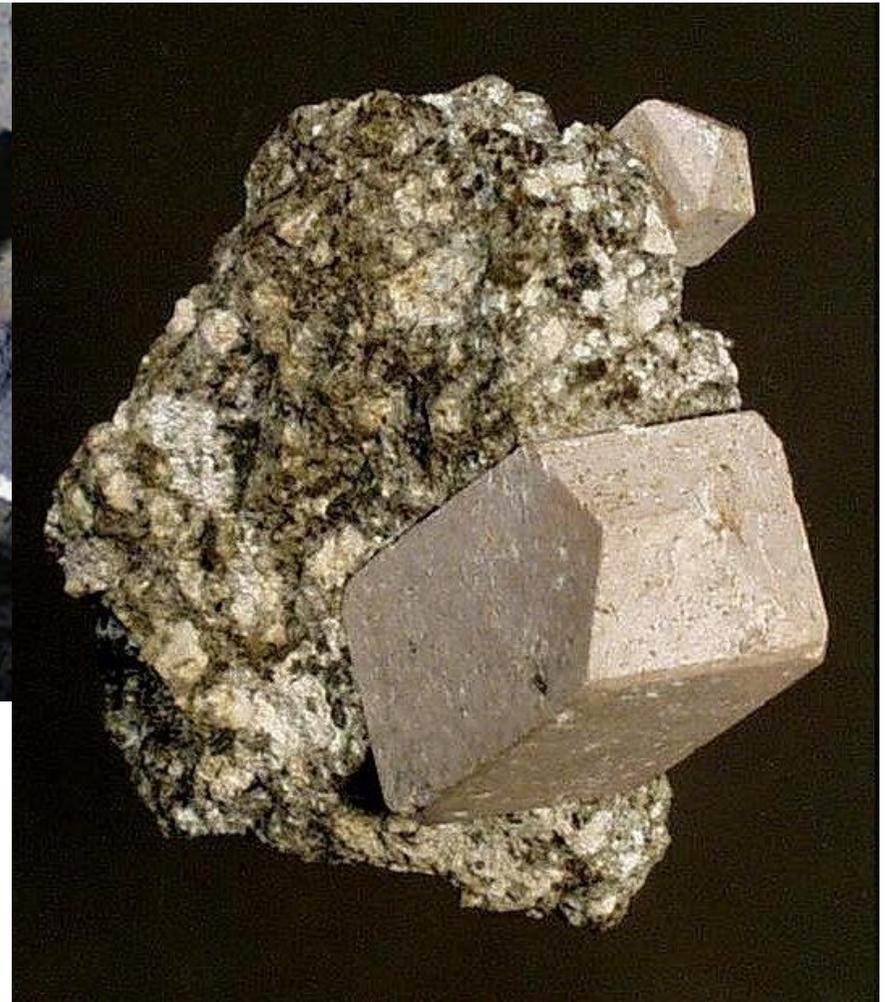
# Калиевый полевой шпат



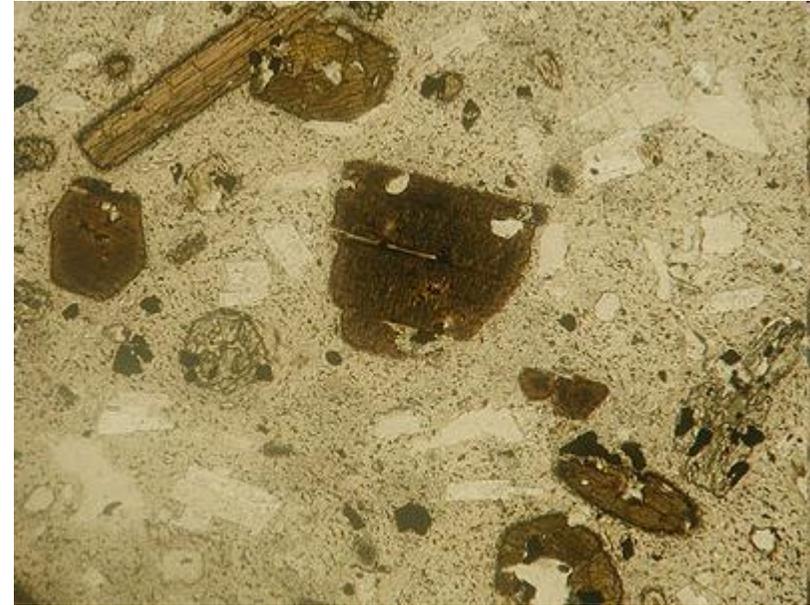
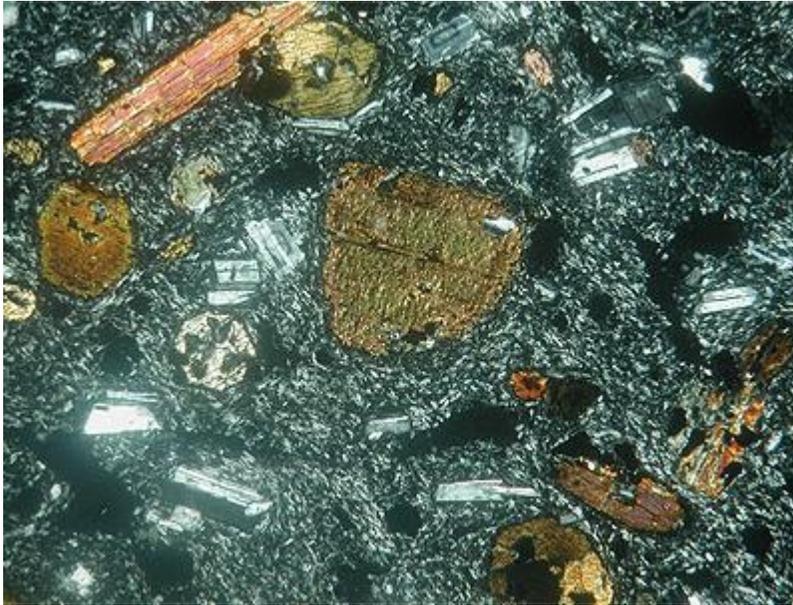
$\text{SiO}_2$  64-65 %



Характерен только для кислых или щелочных пород



# Биотиты и роговые обманки



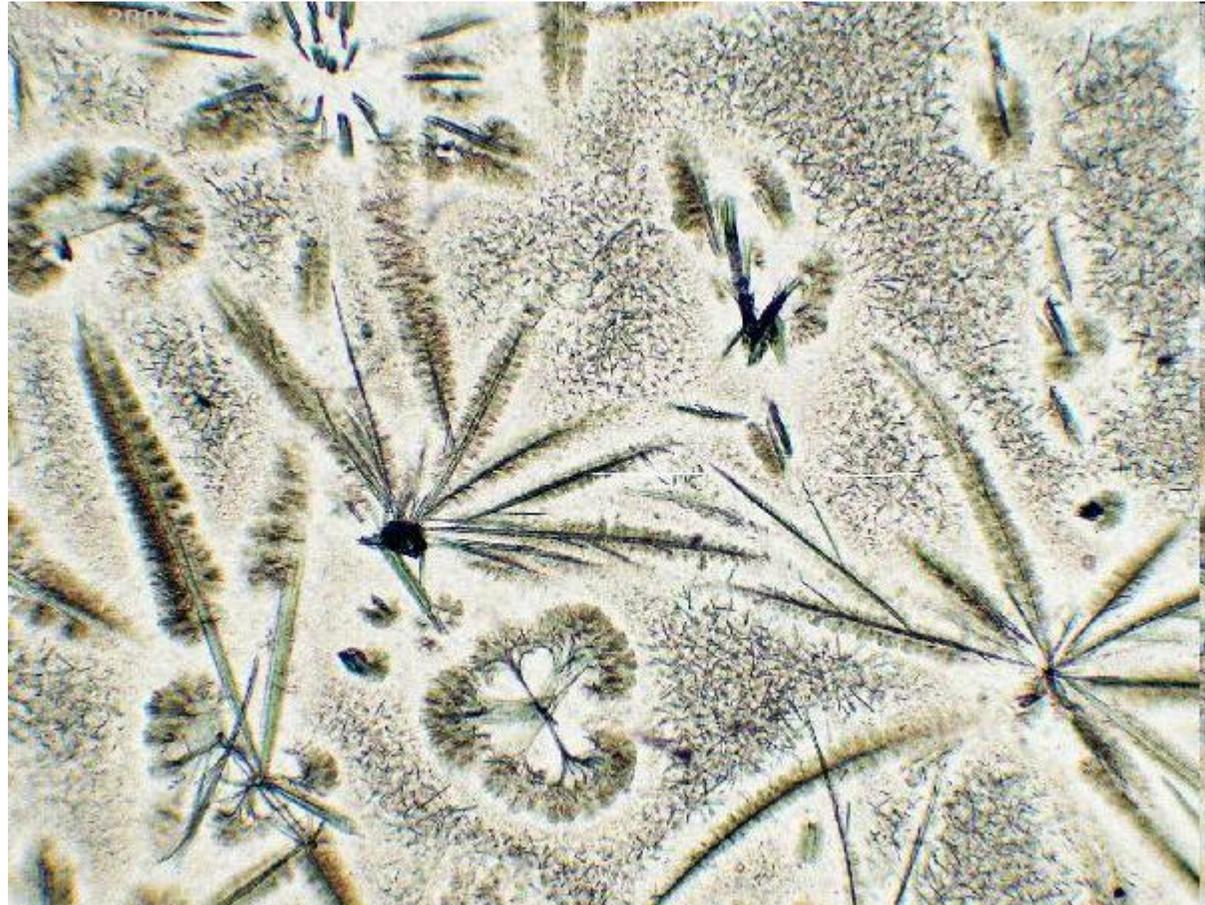
Биотиты -  $K(Mg,Fe,Fe^{3+})_3[AlSi_3O_{10}](OH,F)_2$   $SiO_2$  33-42% вес.

Роговые обманки –  $SiO_2$  39-52% вес.

$(Ca, Na, K)_{2-3}(Mg,Fe^{2+},Fe^{3+},Al)_5[Si_6(Si,Al)_2O_{22}](OH,F)_2$

$Mg\# = Mg/(Mg+Fe), ат. \%$

# Вулканическое стекло



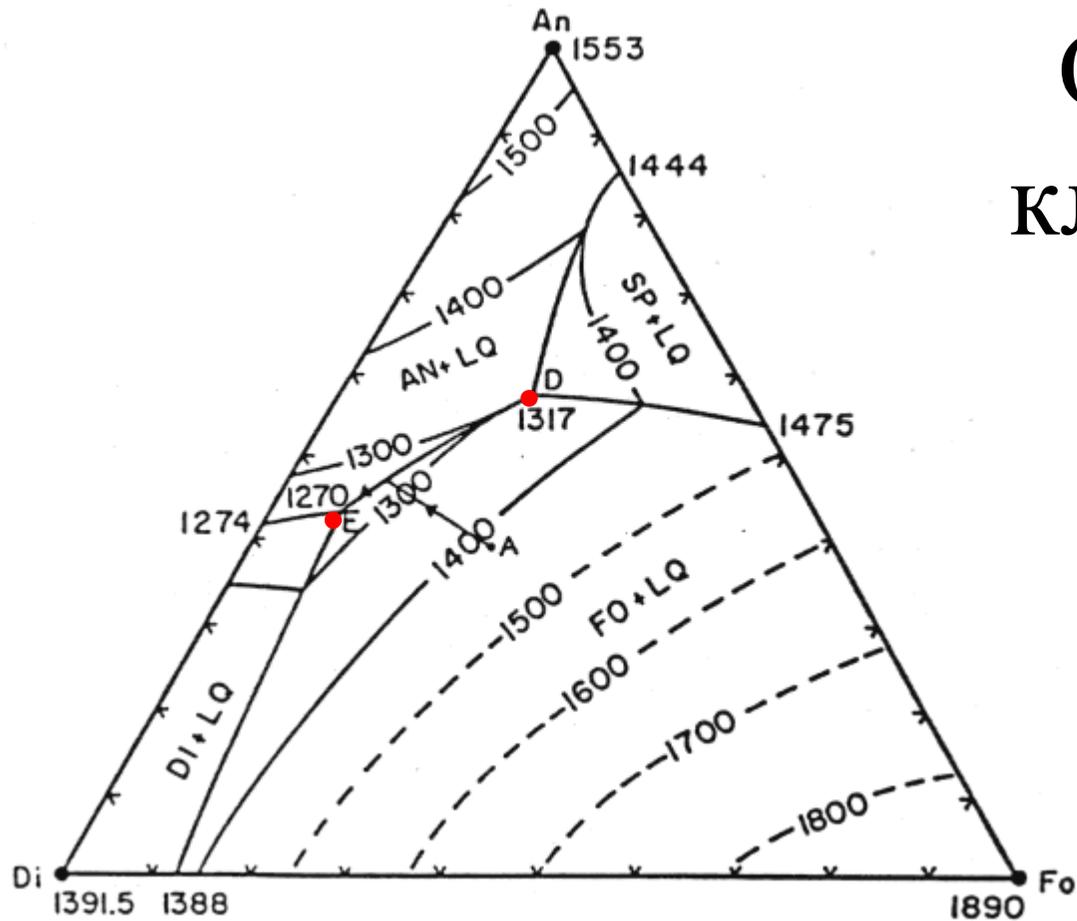
аморфное твердое тело (переохлажденная жидкость), состоящее из беспорядочных агрегатов структурных элементов размером порядка  $10^{-6}$  -  $10^{-7}$  см; названия магматическим стеклам даются: по составу - риолитовое (обсидиан и др.), базальтовое (тахилит)

## Классификация эффузивных горных пород нормального ряда.

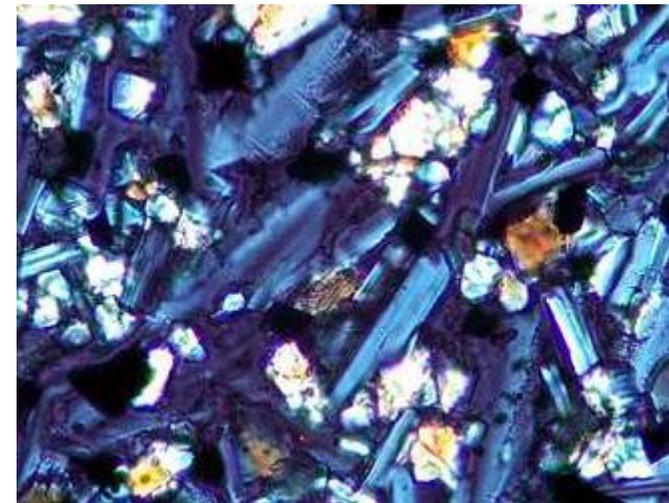
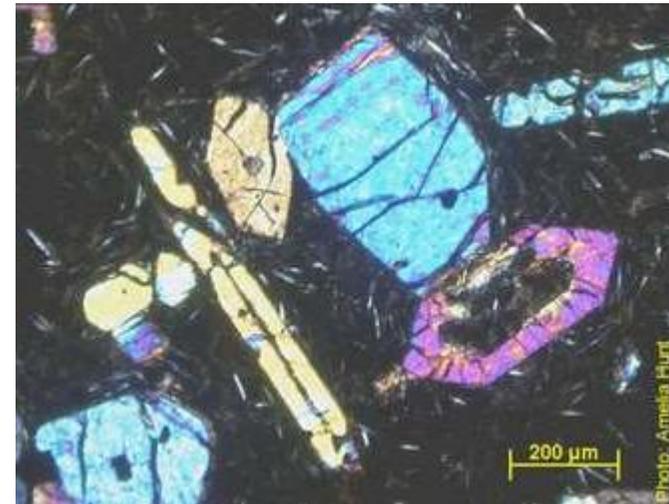
Порода	Основная масса	Вкрапленники
Риолит	кварц-альбит-к.п.ш.	кварц, санидин
Дацит	кварц-альбит-к.п.ш.	плагиоклаз
Андезит	андезин+рудный	плагиоклаз, роговая обманка, биотит, клинопироксен
Базальт	лабрадор +клинопироксен +рудный	клинопироксен, оливин, плагиоклаз ортопироксен, роговая обманка
Ультраосновные вулканыты Пикриты, коматииты	клинопироксен+оливин +рудный	оливин, флогопит, клинопироксен

К нормальному ряду относятся только самые распространенные породы не содержащие щелочных минералов.

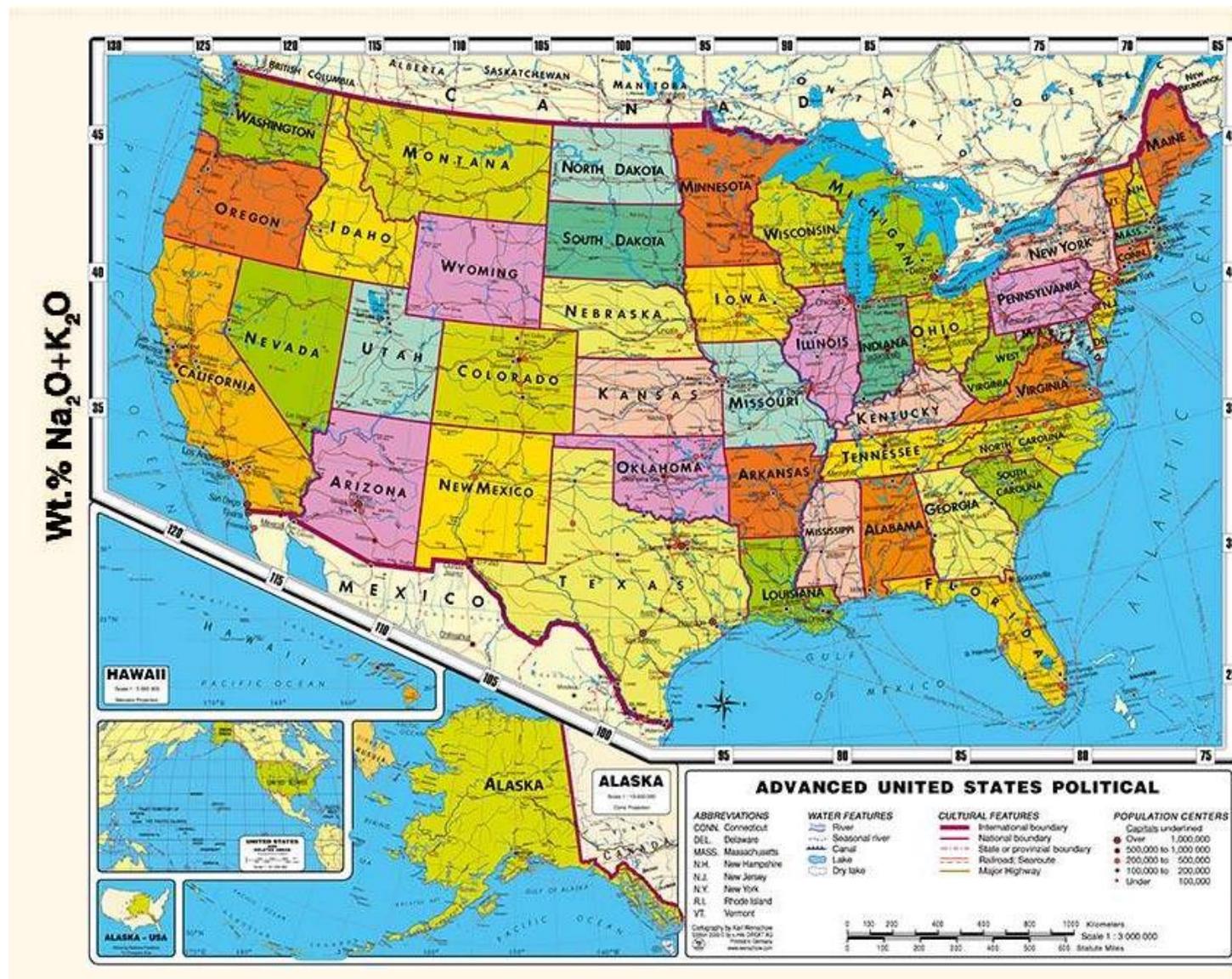
# Обоснование классификации



Экспериментальная диаграмма Диопсид-Анортит-Форстерит в сухой системе при давлении 1 атм.



# Петрохимическая классификация USGS



15 полей  
17 групп  
50 штатов



# СКОЛЬКО МОЖЕТ БЫТЬ ЭФФУЗИВНЫХ ПОРОД?

- Порода определяется набором породообразующих минералов
- Породообразующего минерала должно быть > 5%, т.е. не более 19 минералов
- Максимальная оценка –  $19! = 1.2 \cdot 10^{17}$
- Сочетаний по 4 из 15 минералов – 32760
- С учетом запрещенных сочетаний, например кварц и нефелин, альбит и анортит – должно быть около 6 тыс. названий
- На данный момент международная классификация охватывает только самые распространенные породы – около 160 названий, объединенных в 16 семейств.

# Семейства эффузивных пород

• **Анальцимовые**

**вулканиты**

• **Андезиты**

• **Бониниты**

• **Дациты**

• **Базальты**

• **Лампроиты**

• **Лейцититы**

• **Пантеллериты**

• **Пикриты**

• **Риолиты**

• **Тералиты**

• **Тефриты**

• **Трахибазальты**

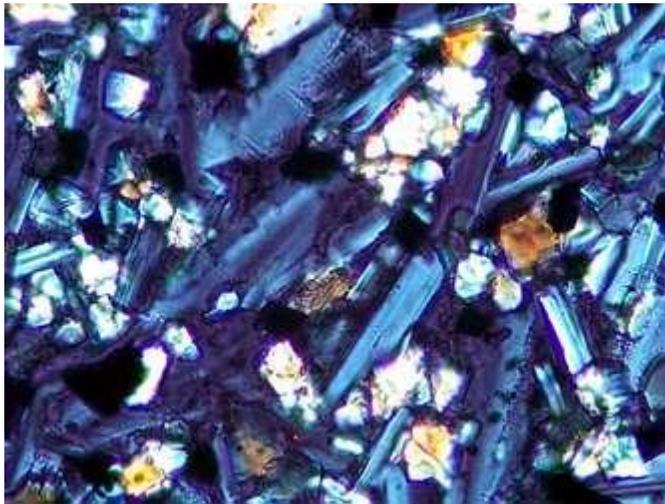
• **Трахиты**

• **Фонолиты**

• **Шошониты**

# 1. Классификация базальтов.

- Базальт – вулканическая порода, в основной массе которой примерно равное содержание плагиоклаза и пироксена.



Фотография базальта в шлифе

## Классификация:

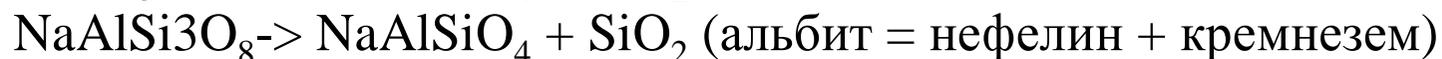
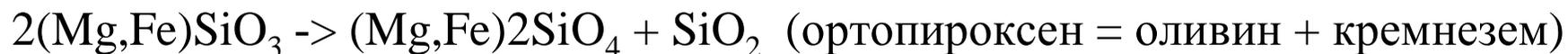
- по геотектонической обстановке
- по степени насыщения кремнеземом
- по содержанию калия на диаграмме  $\text{SiO}_2\text{-K}_2\text{O}$
- по известково-щелочному индексу Пикока.

## Классификация современных базальтов по геотектонической обстановке

- базальты срединно-океанических хребтов и трансформных разломов (базальты СОХ или MORB)  
базальты океанических островов (ОИВ)
- островодужные базальты (IAB)
- базальты задуговых бассейнов или окраинных морей (BABB)
- базальты крупных магматических провинций (BLIP)

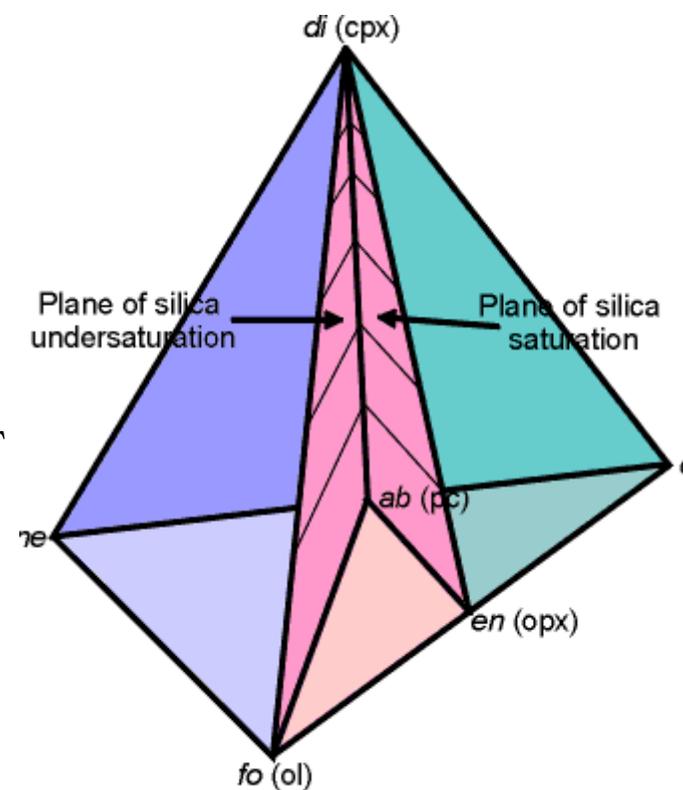
## 1.2 По степени насыщения кремнеземом

Классификация предложена Йодером (Yoder, Tilley, 1962) и основана на том, что активность кремнезема в расплаве контролируется преимущественно реакциями типа:



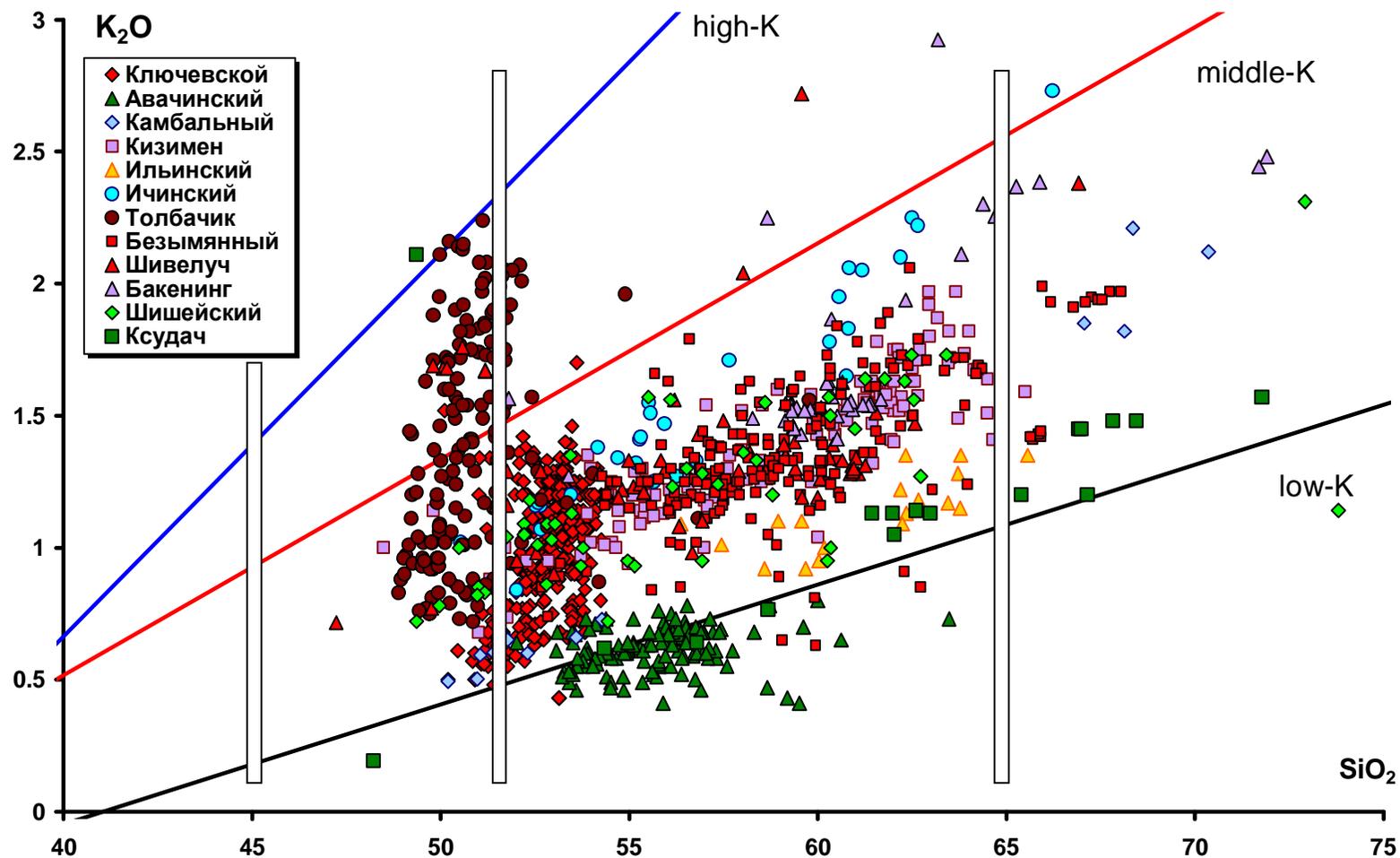
- кварц-нормативные (содержащие избыток кремнезема.) Толеит – порода с кварц-полевошпатовыми сростаниями в базальтах.
- нефелин-нормативные (недостаток кремнезема)  
Щелочной оливиновый базальт – базальт с нефелин-нормативной концентрацией, противоположность толеита.
- гиперстен-нормативные (при отсутствии нормативных кварца или нефелина)

Классификация  
отображена на данной  
схеме



**Basalt Tetrahedron**

# Классификация по содержанию калия на диаграмме $\text{SiO}_2$ - $\text{K}_2\text{O}$



Вулканические серии Камчатки по Плечов, 2008.

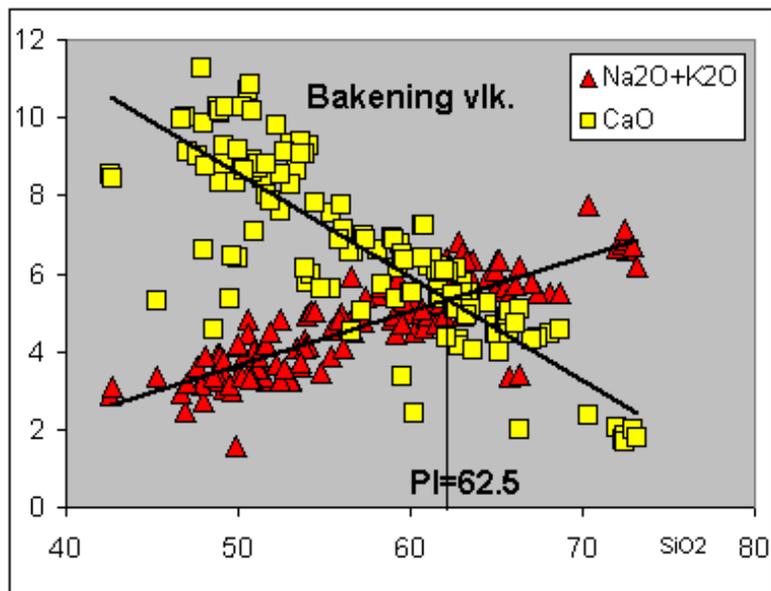
# По известково-щелочному индексу Пикока.

По Плечов, 2008:

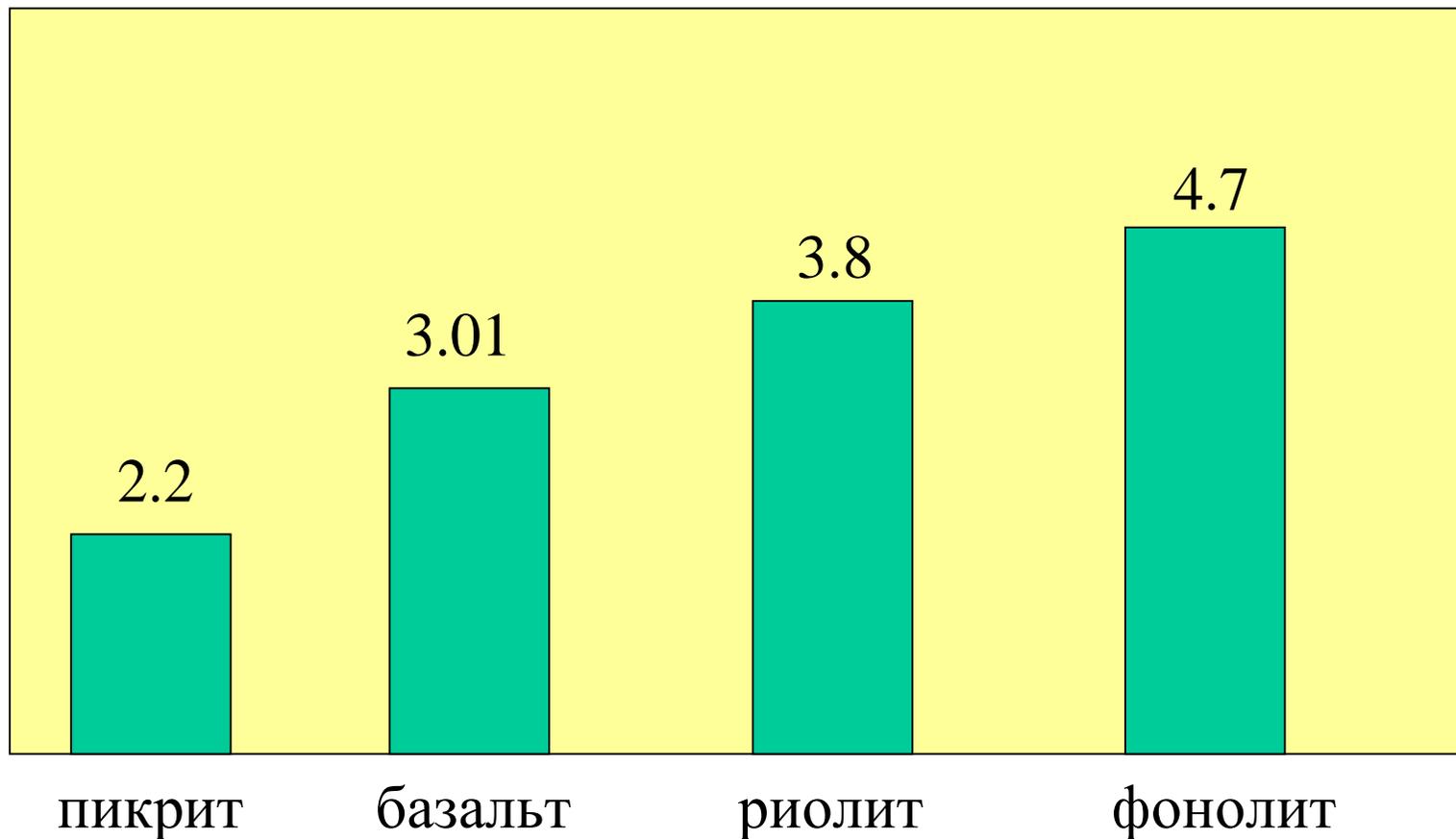
- щелочные (менее 51%)
- щелочно-известковые (52-56 %)
- известково-щелочные (56-61 %)
- известковые (более 61%)

Вулкан	$I_{\text{Пикока}}$		$K_{52}$
Авачинский	<b>67</b>	изв.	0.48
Бакенинг	<b>62.1</b>	изв.	1.02
Безымянный	<b>64.4</b>	изв.	0.98
Карымский	<b>61.2</b>	изв.	0.44
Камбальный	<b>64.5</b>	изв.	0.57
Ильинский	<b>63.9</b>	изв.	0.64
Кизимен	<b>63.1</b>	изв.	0.95
Ключевской	<b>58.8</b>	изв.-щел.	0.84
Ксудач	<b>62.2</b>	изв.	0.56
Курильское озеро	<b>63.5</b>	изв.	0.5
Мутновский	<b>62.3</b>	изв.	0.56
Шивелуч	<b>61.8</b>	изв.	1.27
Толбачик	<b>55.2</b>	щел.-изв	2.05
Толмачев Дол	<b>58.8</b>	изв.-щел.	0.98
Вилючинский	<b>60.3</b>	изв.-щел.	0.53
Узон	<b>59.8</b>	изв.-щел.	0.46

Оценка индекса Пикока для серии островодужного вулкана Бакенинг (Камчатка)  $PI=62.5$



# Растворимость воды для различных магм для 100 МПа



Carrol&Blank,1997

# Краткие итоги лекции

- Классификация эффузивных пород строится на их минеральном составе
- Из-за сложностей определения минерального состава часто используются петрохимические классификации, которые всегда являются косвенными.
- Физические и химические свойства расплавов различны для различных групп пород и сильно варьируют внутри группы.