

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



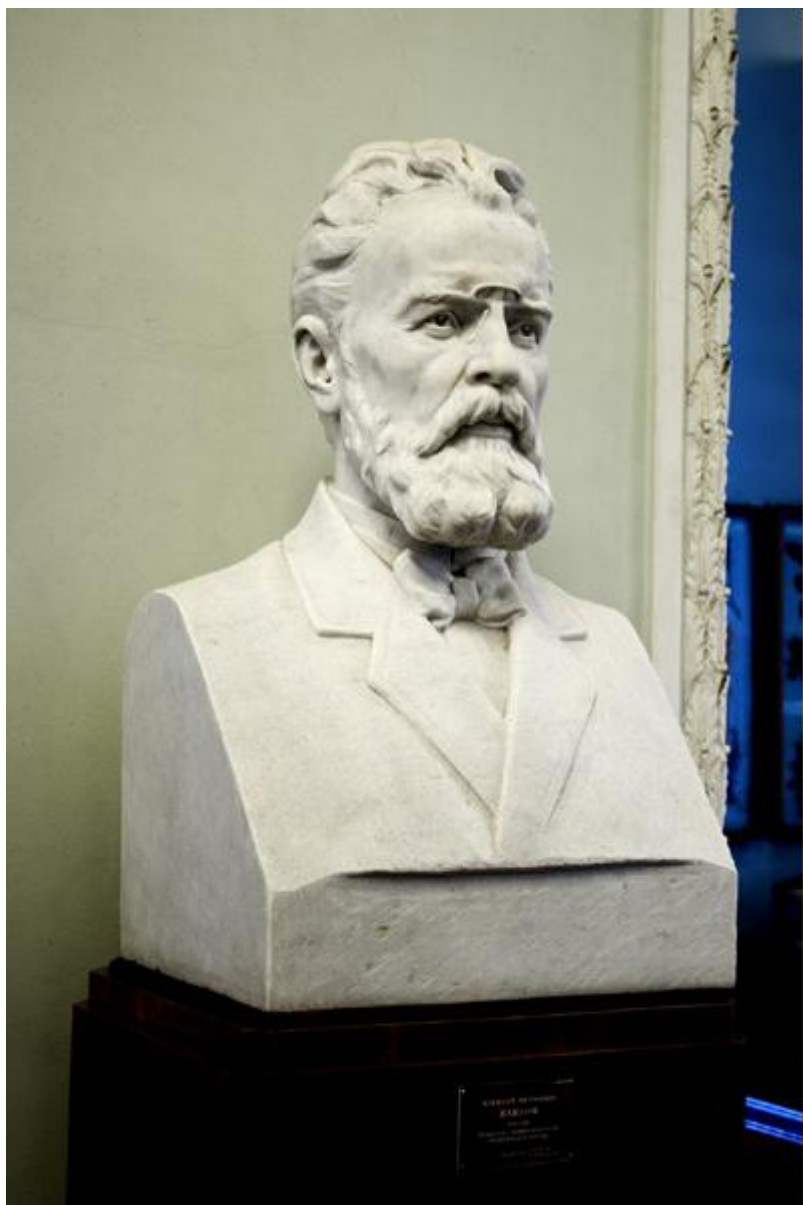
Василий Михайлович
Севергин (1765 – 1826)



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.

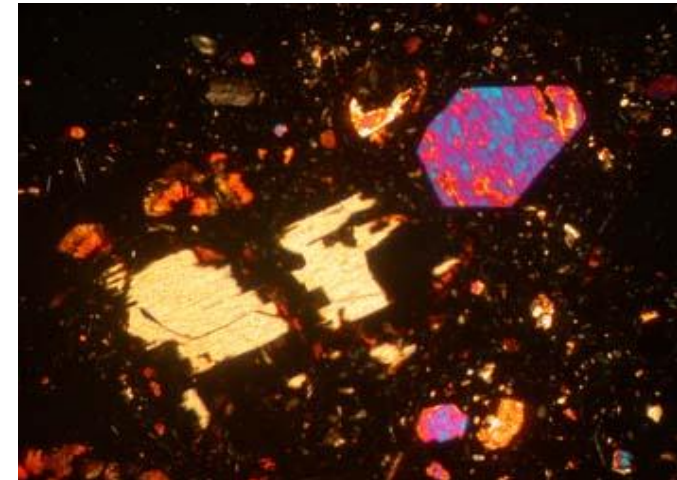
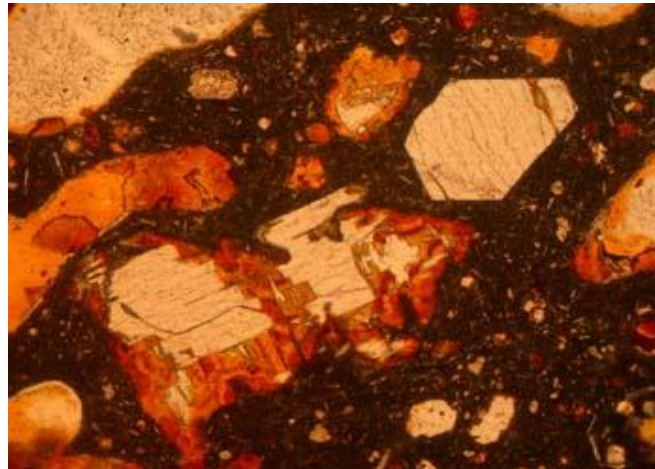


Алексей Петрович Павлов
(1854-1929)

Разделение по химизму:

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

ОЛИВИНЫ



Фаялит



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

$(\text{Mg,Fe})_2\text{Si}_2\text{O}_6$ SiO_2 50-60 % вес.

- Клинопироксены

- Диопсид-геденбергит

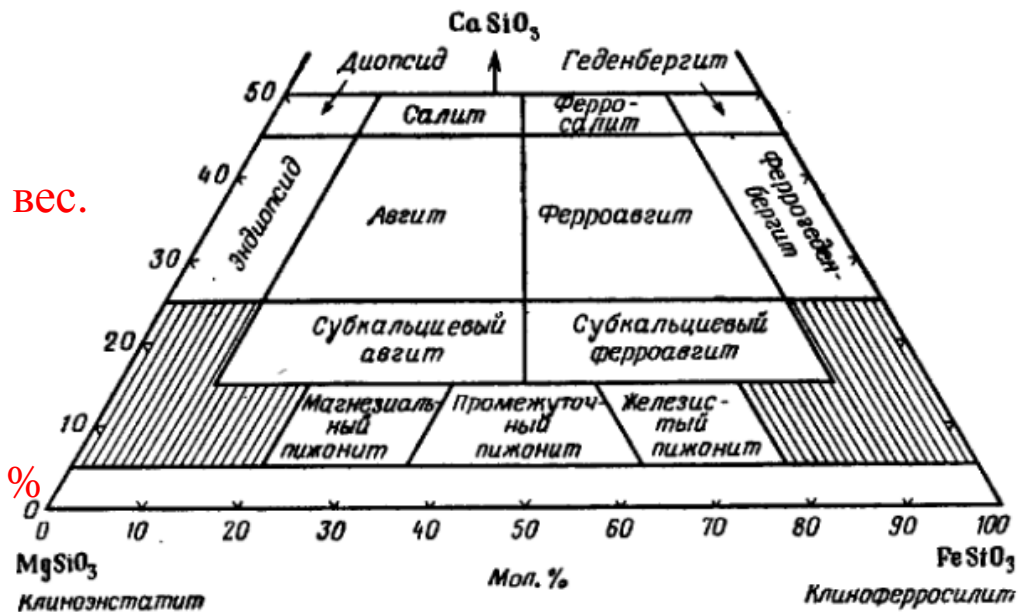
$\text{Ca}(\text{Mg,Fe})\text{Si}_2\text{O}_6$ SiO_2 48-56 %

- 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

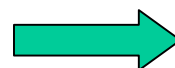
SiO₂ 68 вес.%

44 вес.%



Температура

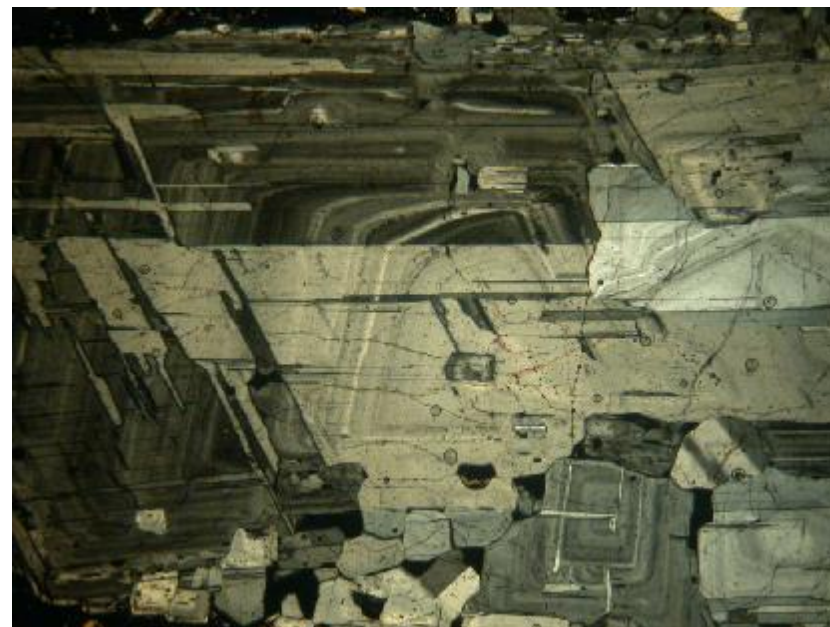
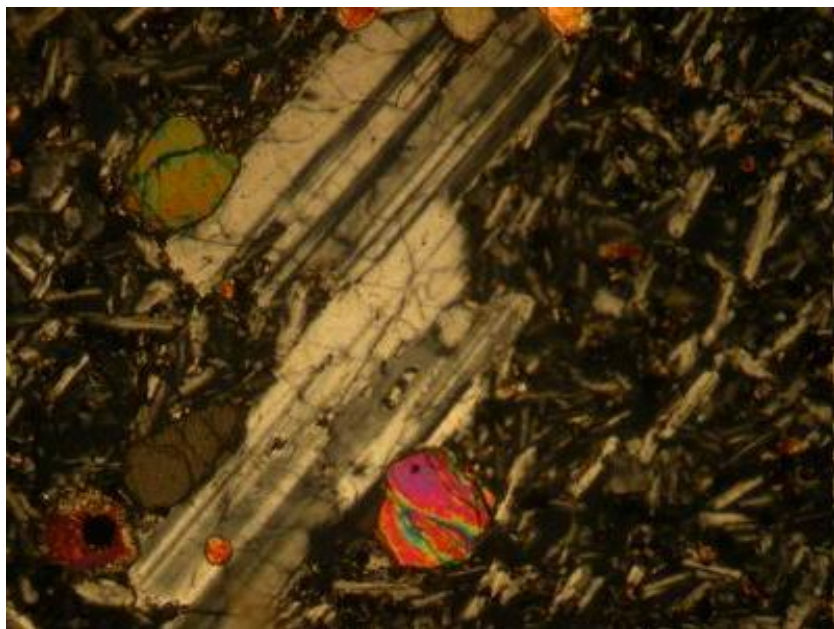
$An = \frac{Ca}{Ca+Na}$, ат.%



An₉₁ – анортит

An₅₅ – лабрадор

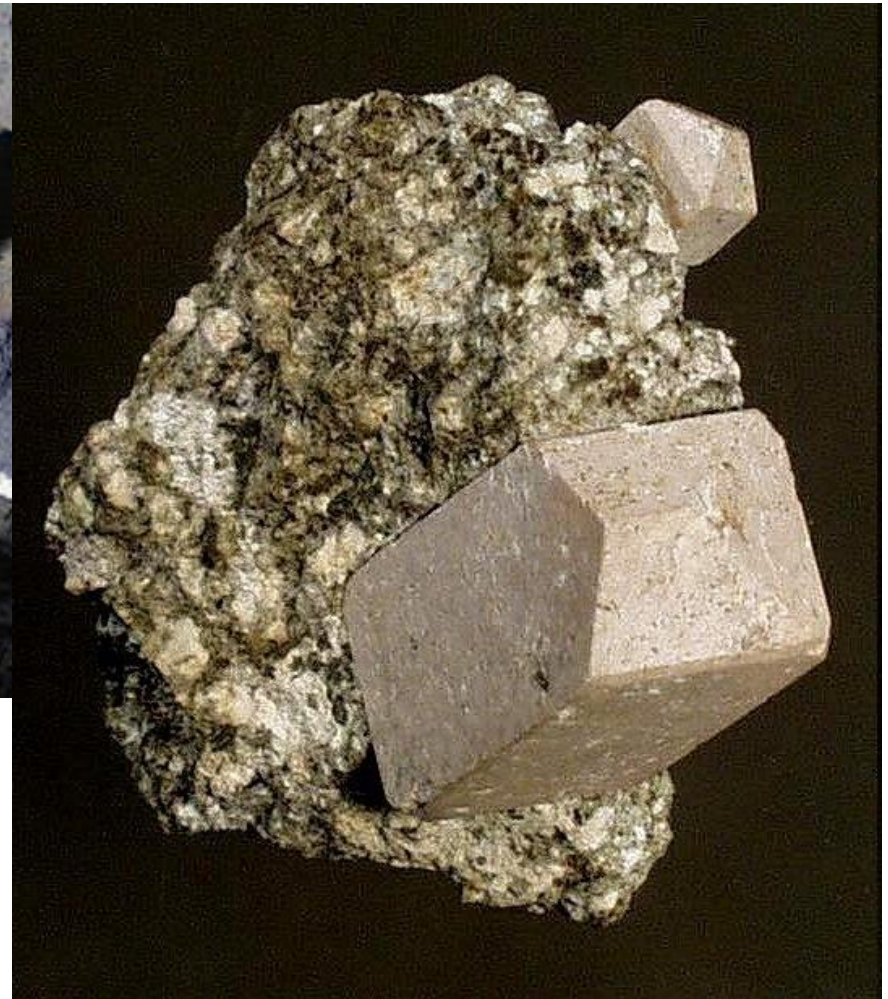
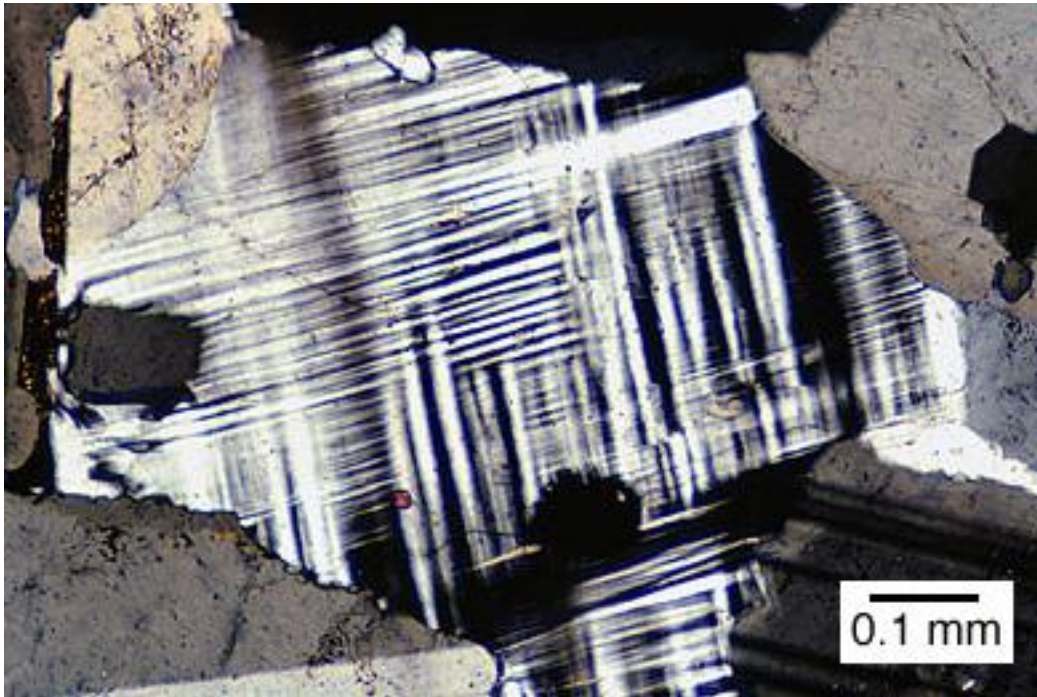
An₄₉ – андезин



Калиевый полевой шпат

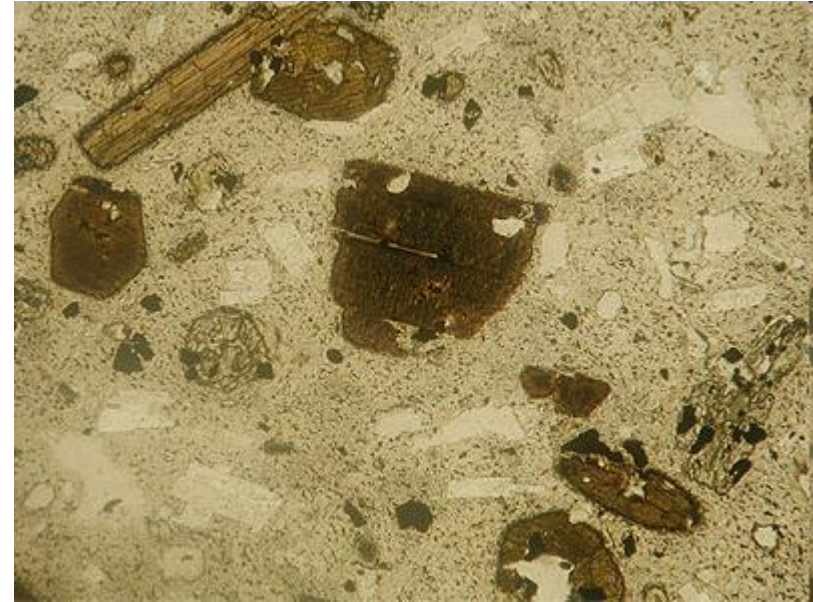


SiO_2 64-65 %



Характерен только для кислых или щелочных пород

Биотиты и роговые обманки



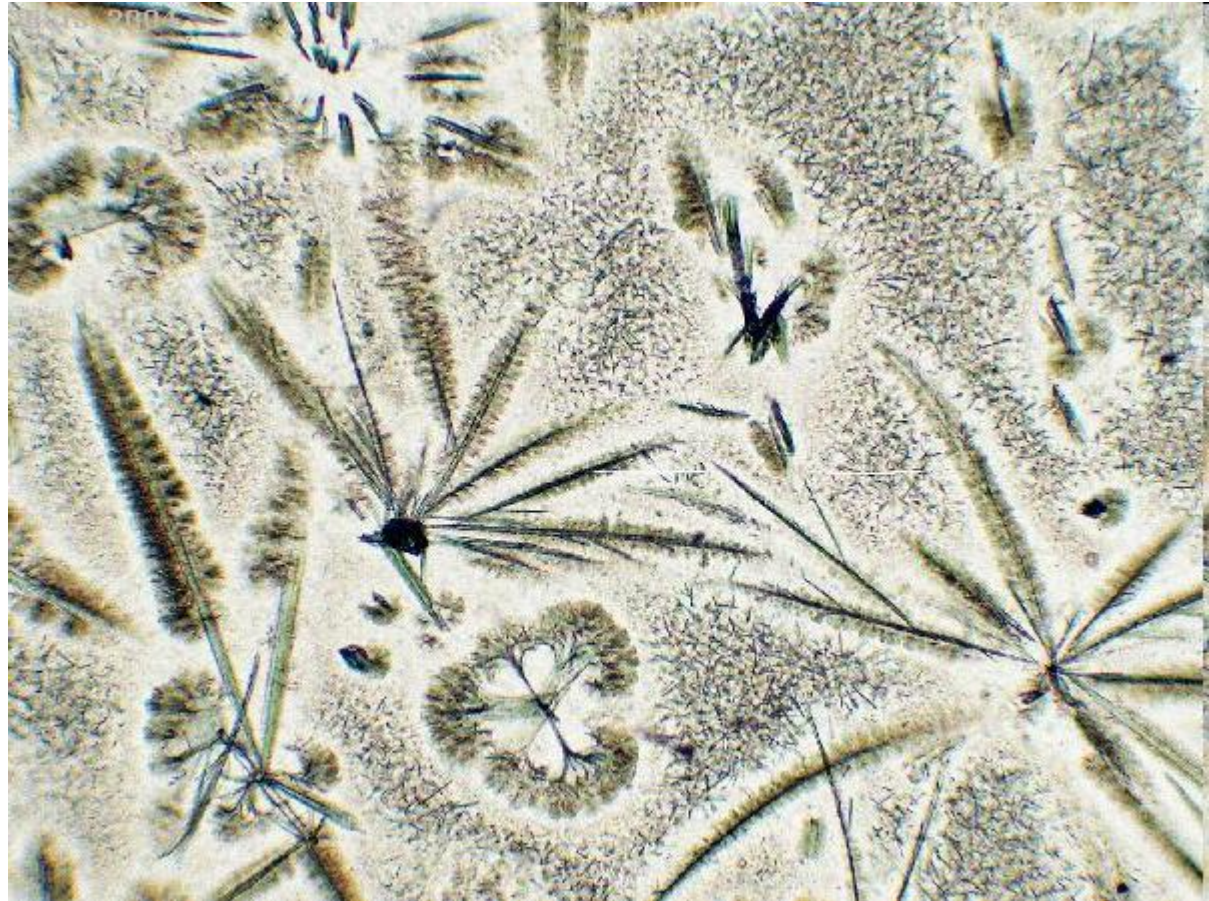
Биотиты - $K(Mg,Fe,Fe^{3+})_3[AlSi_3O_{10}](OH,F)_2$ SiO_2 33-42% вес.

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



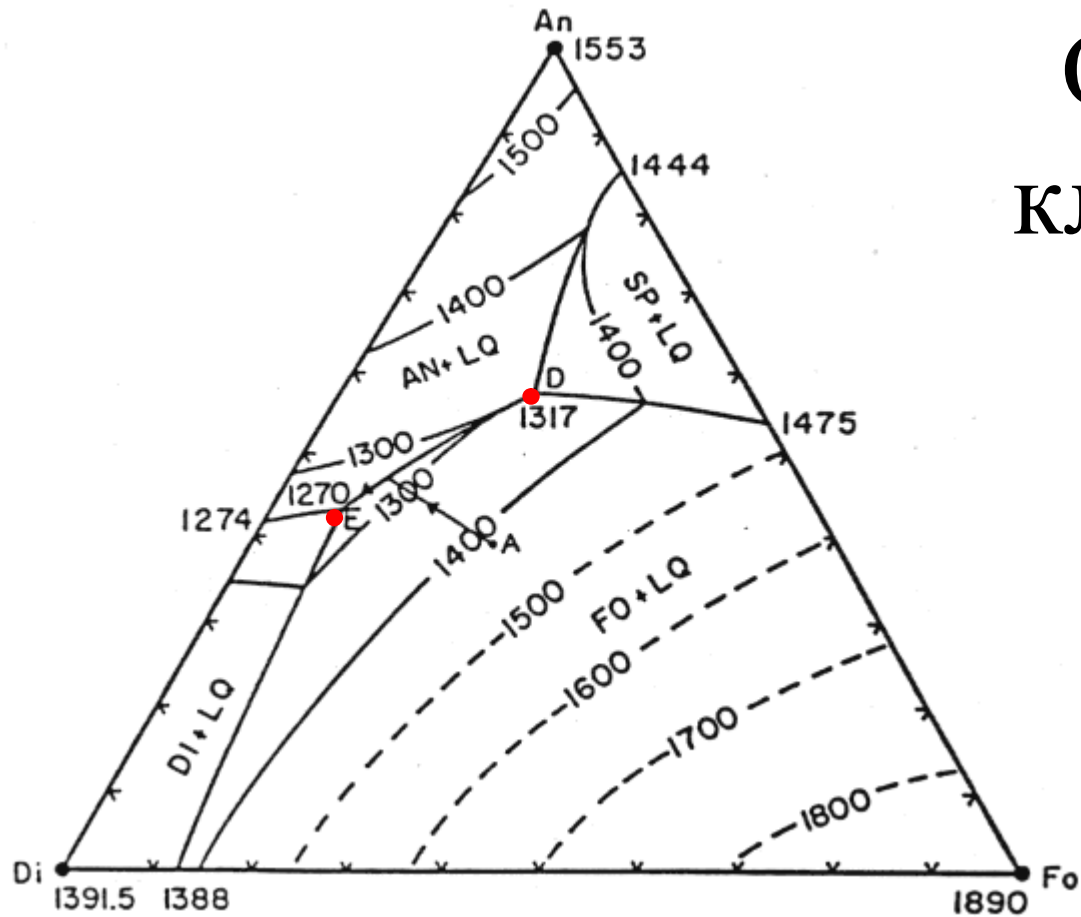
аморфное твердое тело (переохлажденная жидкость), состоящее из беспорядочных агрегатов структурных элементов размером порядка 10^{-6} - 10^{-7} см; названия магматическим стеклам даются: по составу - риолитовое (обсидиан и др.), базальтовое (тахилит)

Классификация эффузивных горных пород нормального ряда.

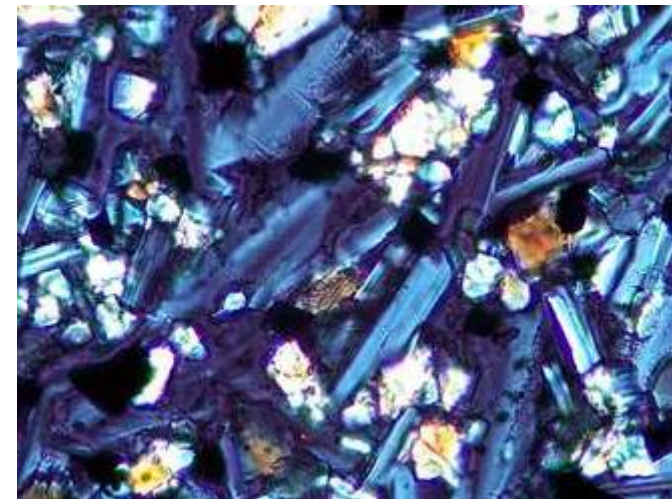
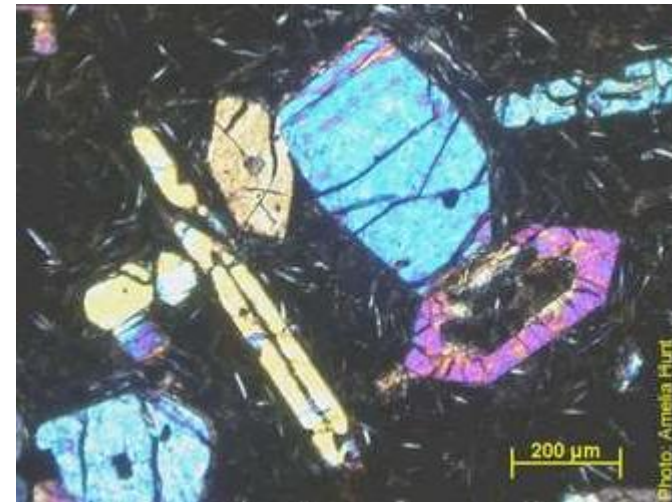
Порода	Основная масса	Вкрапленники
Риолит	кварц-альбит-к.п.ш.	кварц, санидин
Дацит	кварц-альбит-к.п.ш.	плагиоклаз
Андезит	андезин+рудный	плагиоклаз, роговая обманка, биотит, клинопироксен
Базальт	лабрадор +клинопироксен +рудный	клинопироксен, оливин, плагиоклаз ортопироксен, роговая обманка
Ультраосновные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

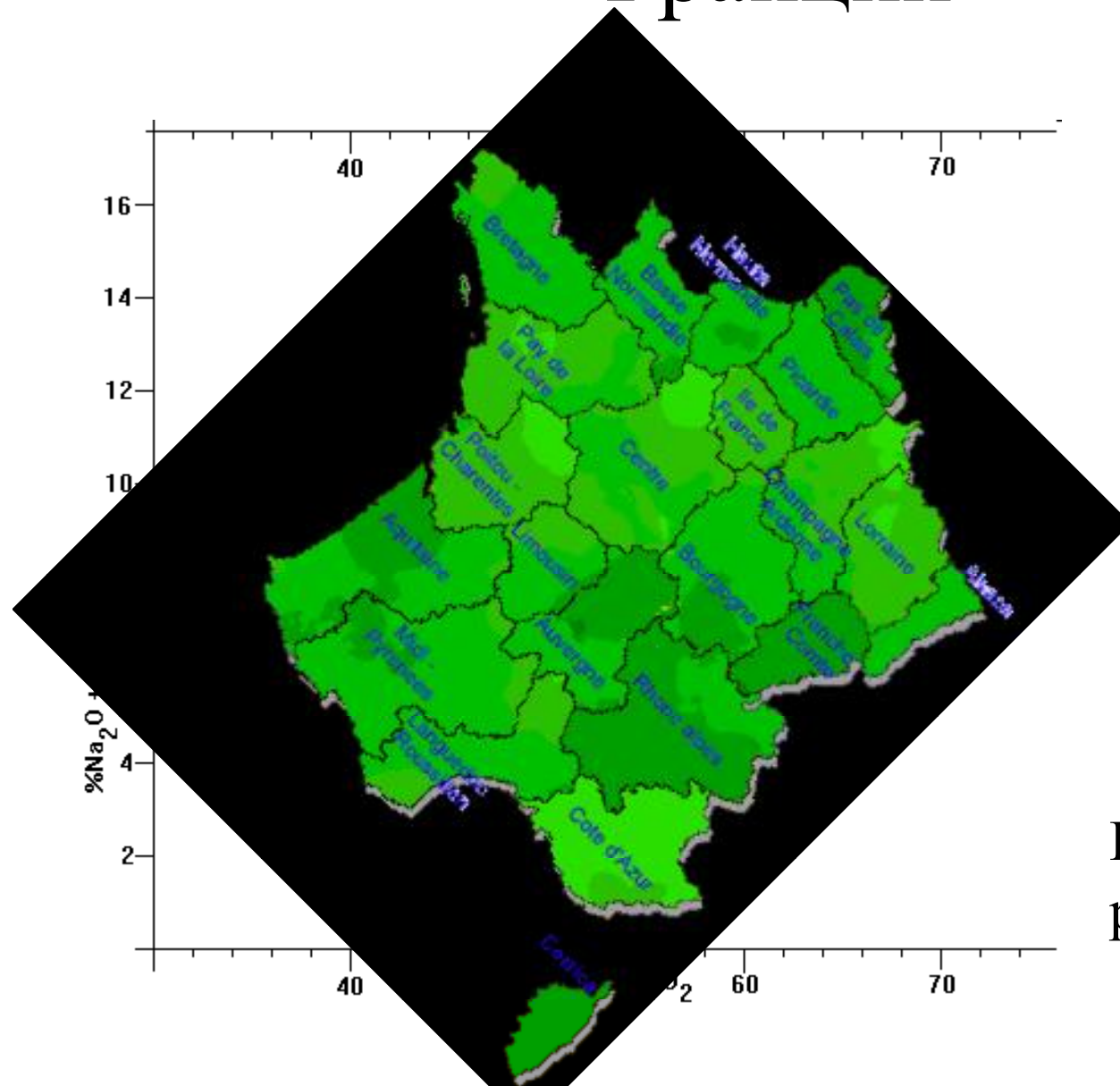


Петрохимическая классификация USGS



15 полей
17 групп
50 штатов

Петрохимическая классификация Франции



16 полей
17 пород
20 провинций

В России 83-88
регионов/областей

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**

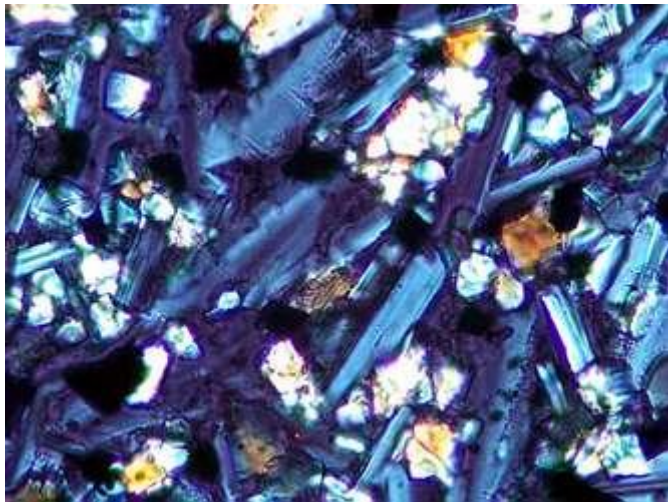
• **Трахиты**

• **Фонолиты**

• **Шошониты**

1. Классификация базальтов.

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



Фотография базальта в шлифе

Классификация:

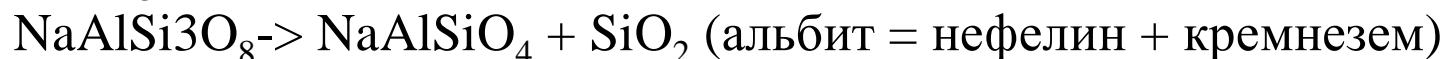
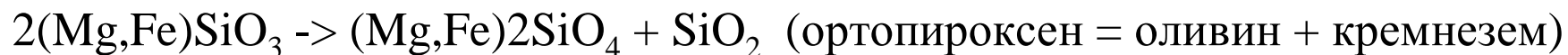
- по геотектонической обстановке
- по степени насыщения кремнеземом
- по содержанию калия на диаграмме $\text{SiO}_2\text{-K}_2\text{O}$
- по известково-щелочному индексу Пикока.

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)

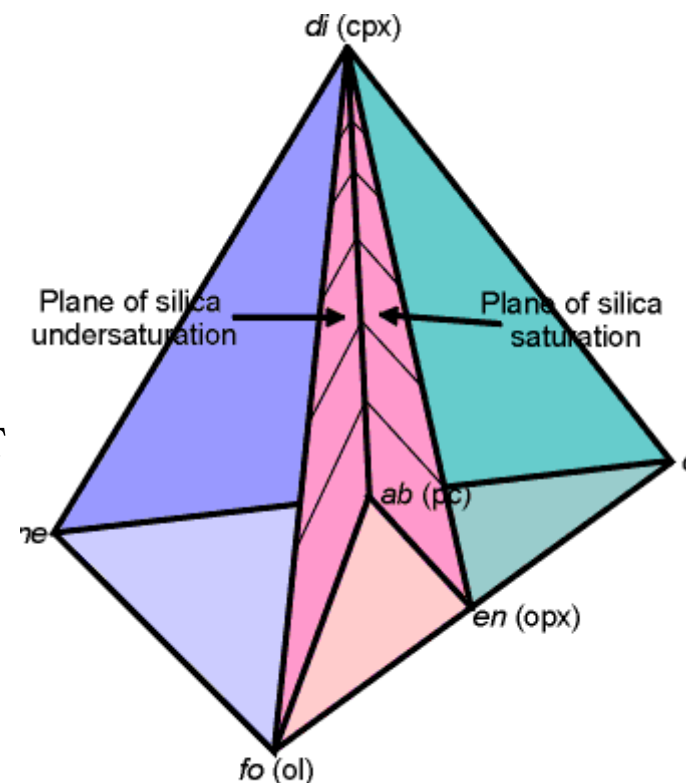
1.2 По степени насыщения кремнеземом

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



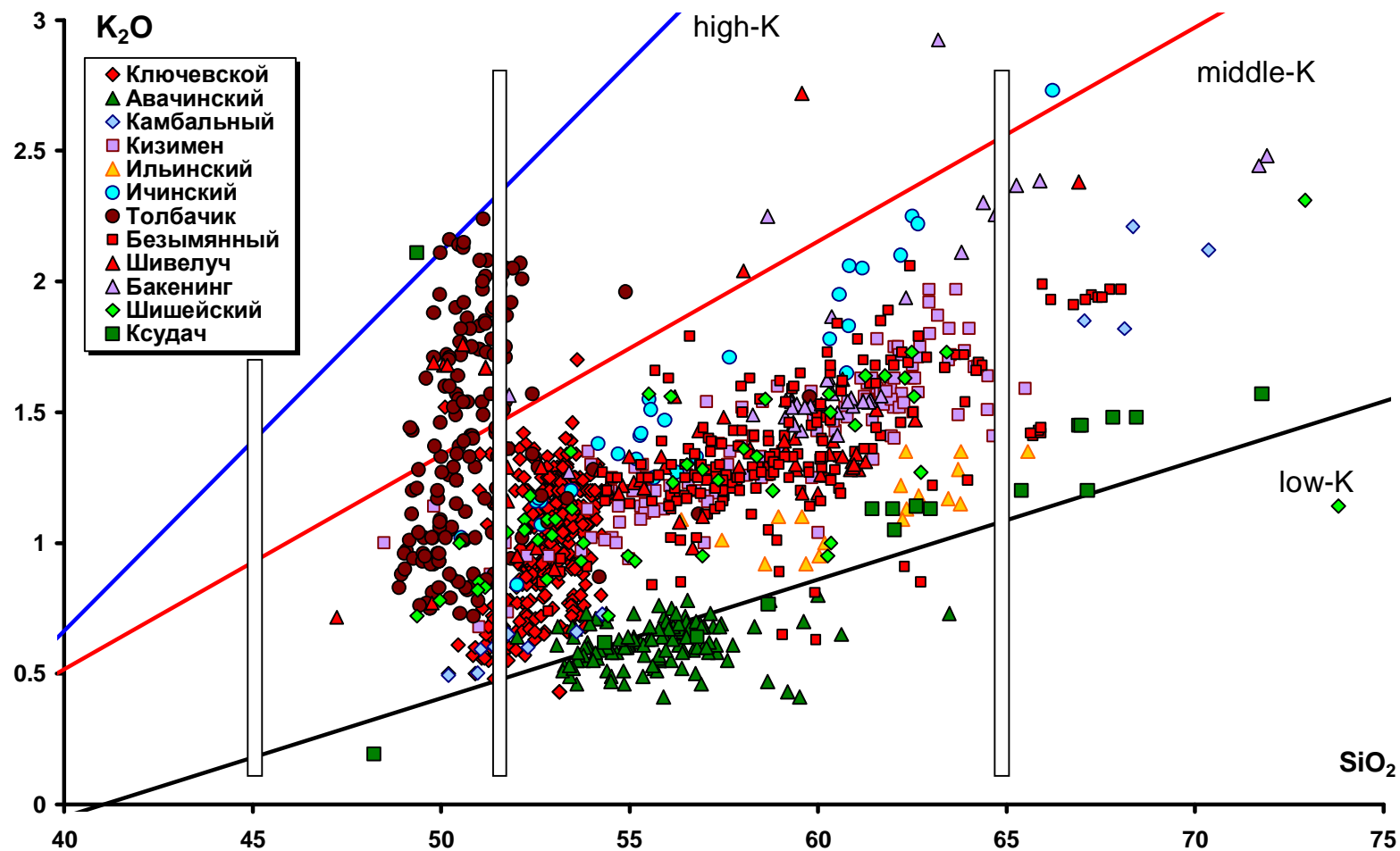
- кварц-нормативные (содержащие избыток кремнезема.) Толеит – порода с кварц-полевошпатовыми сростаниями в базальтах.
- нефелин-нормативные (недостаток кремнезема)
Щелочной оливиновый базальт – базальт с нефелин-нормативной концентрацией, противоположность толеита.
- гиперстен-нормативные (при отсутствии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

Классификация
отображена на данной
схеме



Basalt Tetrahedron

Классификация по содержанию калия на диаграмме SiO_2 - K_2O



Вулканические серии Камчатки по Плечов, 2008.

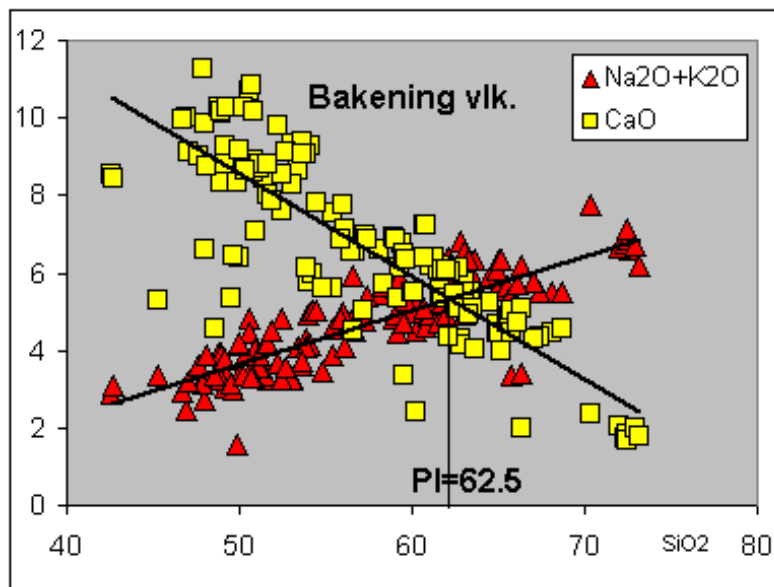
По известково-щелочному индексу Пикока.

По Плечов, 2008:

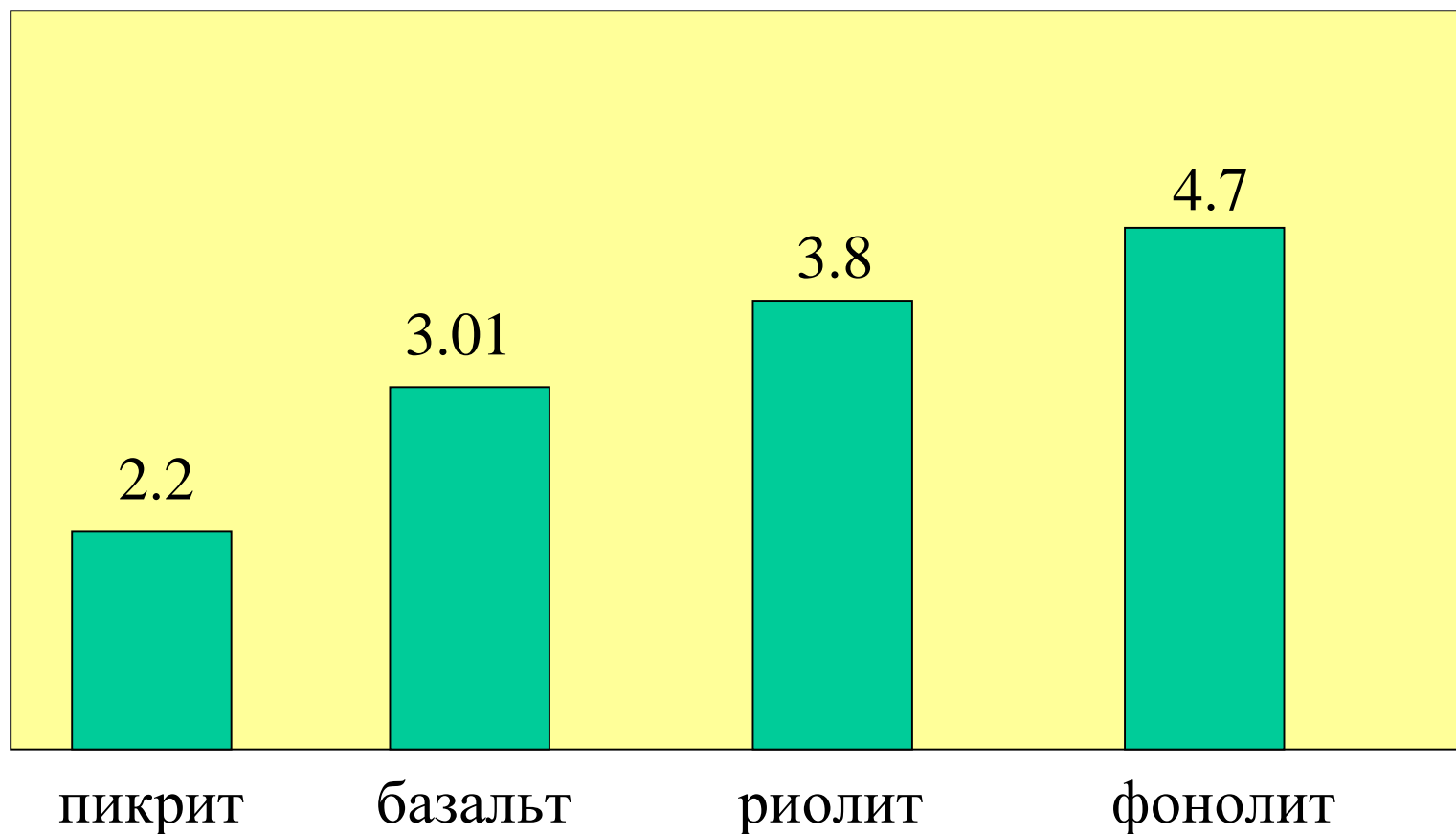
- щелочные (менее 51%)
- щелочно-известковые (52-56 %)
- известково-щелочные (56-61 %)
- известковые (более 61%)

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