

ПЕТРОЛОГИЯ,

часть 2. Магматизм

Лекция 3. Главные семейства вулканических горных пород

. Классификация вулканических горных пород по текстурным признакам и минеральному составу. Лавы, тефры, туфы, игнимбриты. Главные семейства вулканических горных пород (риолиты, дациты, трахиты, андезиты, базальты, пикриты и коматииты). Главные семейства вулканических горных пород щелочного ряда (командиты-пантеллериты, фонолиты, нефелиниты, лейцититы, кимберлиты и лампроиты).

каф.петрологии

Геологический факультет МГУ

2013

Главные семейства вулканитов

(Gillespie, Styles, 1999) BGS Rock classification scheme:

Детальность названия породы определяется

- 1) Количеством знаний о породе
- 2) Грамотностью исследователя
- 3) Применяемой классификационной схемой

(Phillips, Ague, 2010) Principles of Igneous....:

На сегодняшний день происходят очень горячие дебаты по поводу различных вопросов классификации пород. Единой согласованной классификации пока не существует. Однако, специальная комиссия IUGS, созданная в 1970 г. предпринимает активные усилия по ее созданию.

Главная последовательность вопросов познания

1. Есть ли это ?
2. Какое это ?
3. Что это ?
4. Почему это?
5. Зачем это ?

Какое это?

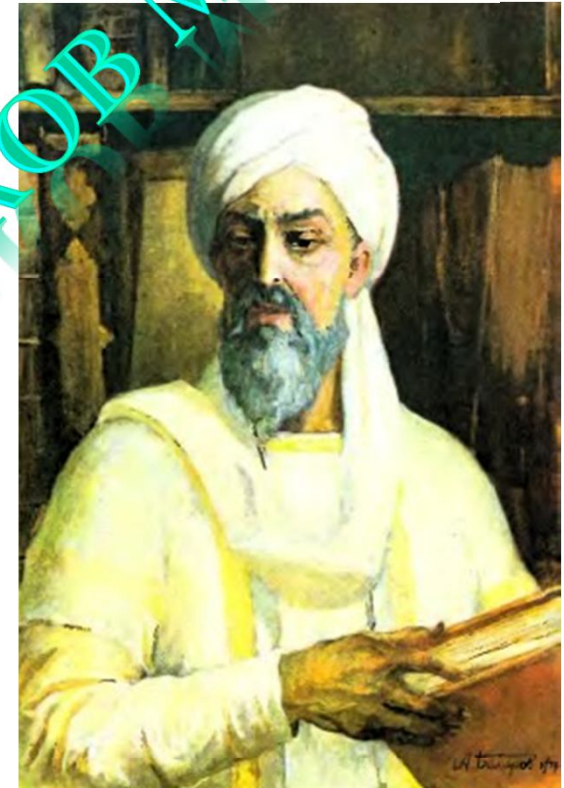
макроскопические, петрографические, минералогические, геохимические и др. методы.

Что это?

Классификация

Почему это?

Петрология



Авиценна
980-1037

Правило фаз и масс-баланс

7 главных компонентов:

Si, Al, Fe, Mg, Ca, Na, K

11 главных минералов:

Оливин

Ортопироксен

Клинопироксен

Плагиоклаз

Кварц

Калиевый п.ш.

Нефелин, Кальсилит, Лейцит

Биотит

Роговая обманка

Шпинелид (магнетит)

Мелилит

Правило фаз:

$$n = k + 2 - r$$

n – число степеней свободы

k – количество компонентов

r – число фаз

Если в системе 2 степени свободы, то:

$$2 = k + 2 - r$$

$$r = k$$

То есть, число фаз в равновесной системе с 2-мя степенями свободы равно количеству инертных компонентов

Правило фаз и масс-баланс

Максимальное число фаз в равновесной системе с 2-мя степенями свободы равно количеству инертных компонентов

Расчет модалного состава:

1. Определить для конкретной породы валовый и минеральный состав
2. Определить инертный компонент, отвечающий за каждую фазу
3. Составить для каждой фазы уравнение масс-баланса относительно ее инертного компонента
4. Решить систему уравнений

Расчет нормативного состава:

1. Определить для конкретной породы валовый состав
2. Воспользоваться универсальными правилами соответствия фаз и инертных компонентов
3. Рассчитать нормативный состав породы

CIPW

Расчет нормативного состава по методу CIPW

Kurt Hollocher – MS Excel файл для расчета

Rock Analysis	Correction Factors	Corrected Analysis	Normative Minerals	Weight % Norm	Volume % Norm
SiO2 57 %	Total=100%? Y/N Y	60.31	Quartz	14.19	16.01
TiO2 0.13 %	Fe3+/(Total Iron) 0.1	0.14	Plagioclase	34.43	38.11
Al2O3 10.21 %	Total Fe as FeO 7.79	10.80	Orthoclase	3.19	3.73
Fe2O3 8.66 %	Desired Fe2O3 0.87	0.92	Nepheline		
FeO %	Desired FeO 7.01	7.42	Leucite		
MnO 0.12 %	Weight corr. factor 1.058	0.13	Kalsilite		
MgO 10.86 %	Zero values not shown	11.49	Corundum		
CaO 6.23 %	Norm calculation checks:	6.59	Diopside	9.82	11.32
Na2O 1.56 %	Norm seems OK	1.65	Hypersthene	36.7	41.32
K2O 0.51 %		0.54	Wollastonite		
P2O5 0.01 %		0.01	Olivine		
CO2 %			Larnite		
SO3 %			Acmite		
S %			K2SiO3		
F %			Na2SiO3		
Cl %			Rutile		
Sr ppm			Ilmenite	0.27	0.17
Ba ppm			Magnetite	1.33	0.77
Ni ppm			Hematite		
Cr ppm			Apatite	0.02	0.02
Zr ppm			Zircon		
Total 95.29		100.00	Perovskite		

1. Перевод анализа в молекулярные количества
2. Вычитание из состава всех фаз, для которых однозначно определяется инертный компонент (апатит, циркон, флюорит, кальцит и т.д.)
3. Расчет главных минералов, требующих минимальное количество кремнезема
4. Перераспределение избыточного кремнезема по фазам

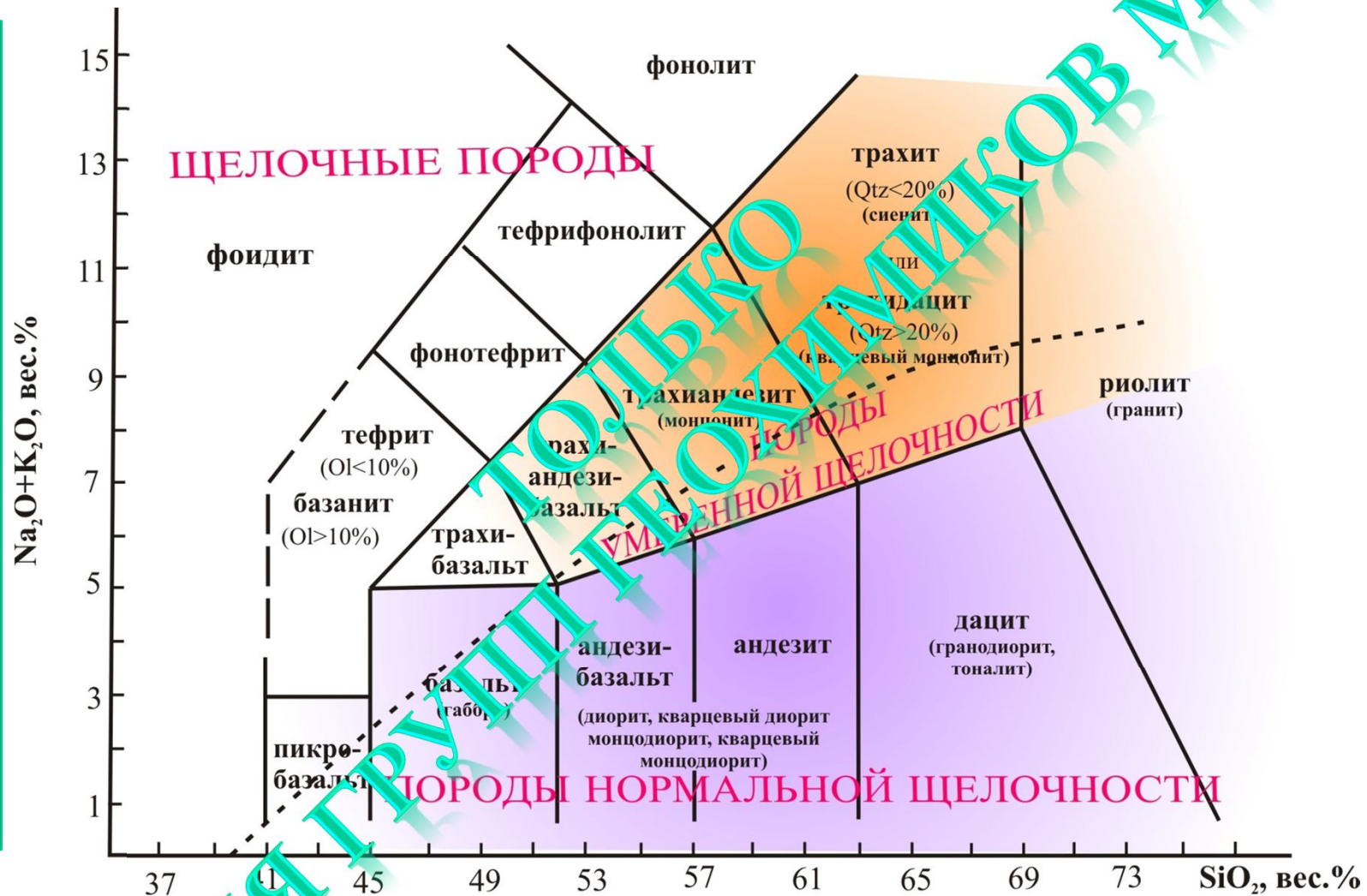
<http://wiki.web.ru/wiki/CIPW>

Главные семейства вулканитов



Главные семейства плагиоклазовых вулканитов

Роль плагиоклаза уменьшается



УЛЬТРАОСНОВНЫЕ | ОСНОВНЫЕ | СРЕДНИЕ | КИСЛЫЕ

An_{10} | An_{50} | An_{10}

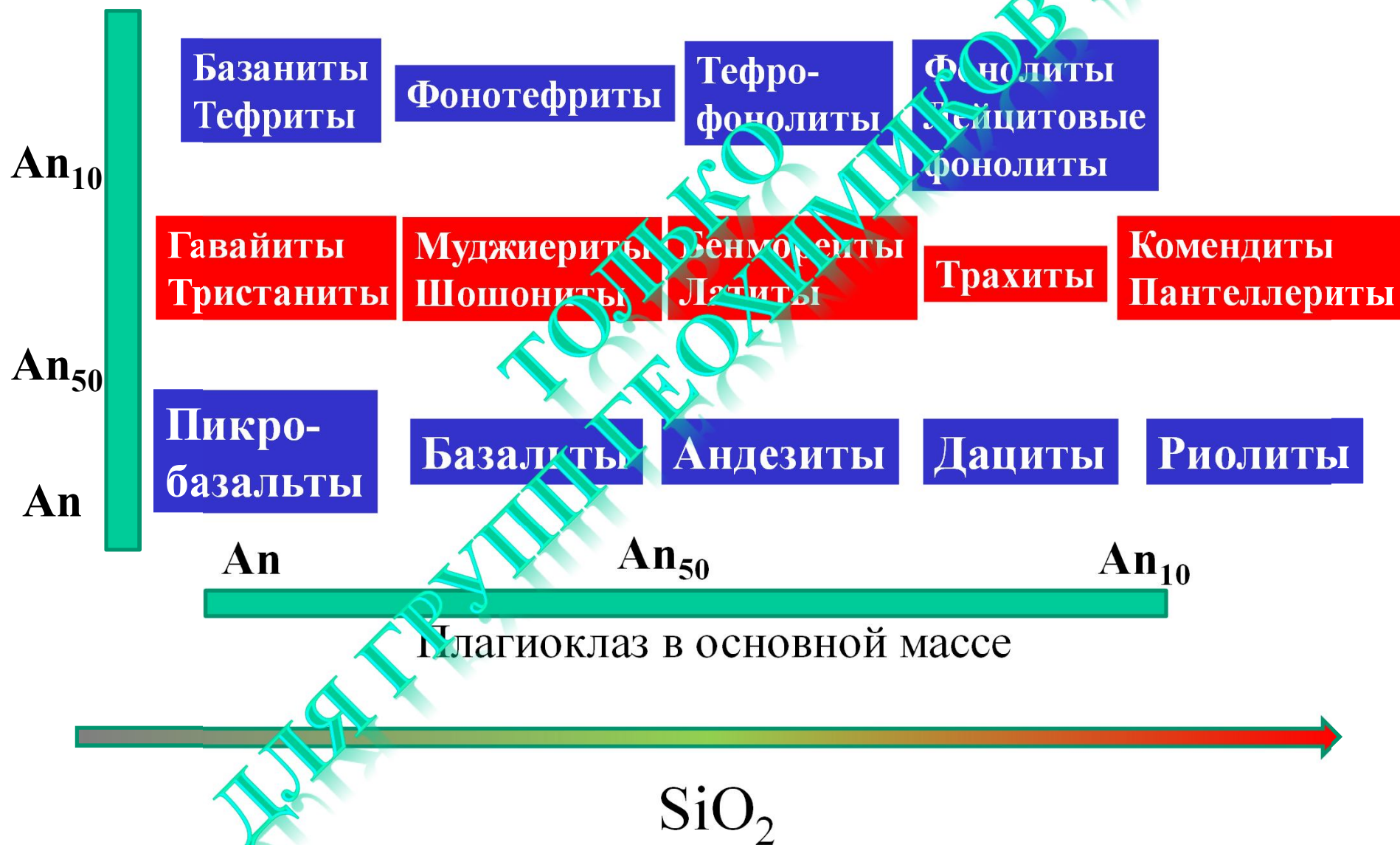
Плагиоклаз в основной массе

Породы нормального ряда

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

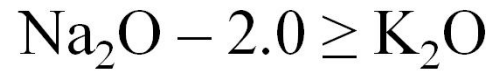
К нормальному ряду относятся только самые распространенные породы не содержащие щелочных минералов.

Субщелочные породы



Субщелочные породы

по Le Maitre et al., 2002



Гавайиты

Муджиериты

Бенморейты

Натровая серия

трахи-
базальты

Трахи-
андези-
базальты

Трахи-
андезиты

Трахиты

Пантеллериты
Комендиты

Тристаниты

Шошониты

Латиты

Калиевая серия



SiO_2

ТОЛЬКО ДЛЯ ГРУППЫ ГЕОХИМИКОВ ВМГУ

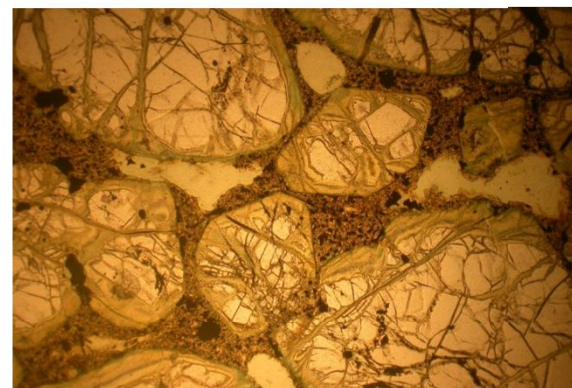
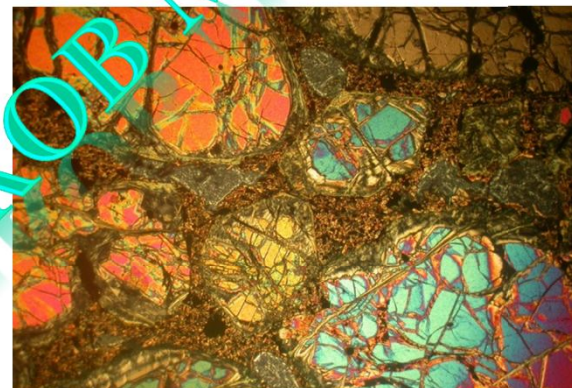
Субщелочные породы

Al₂O₃

Le Maitre et al., 2002



Безплагиоклазовые вулканиты



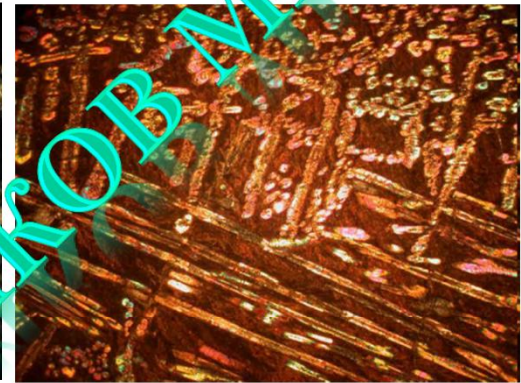
Меймечит, шлиф 576

Гулинский массив (Жуко-Почкутов и др., 1965)

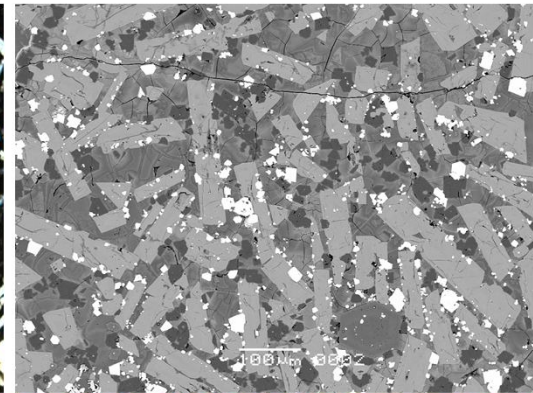
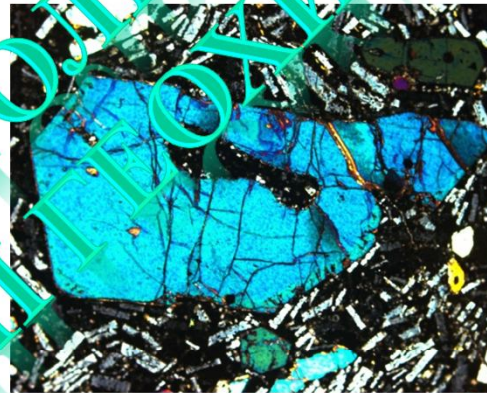
SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O
40.03	1.34	2.48	7.99	5.84	0.13	36.2	4.45	0.55	0.37

Безплагиоклазовые вулканиды силикатного состава

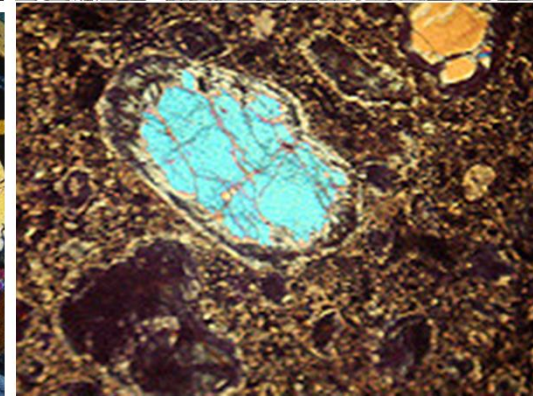
Пикриты
Щелочные пикриты
Бониниты



Нефелиниты
Меланефелиниты



Мелилитовые
Лейцитовые
Кальсилитовые



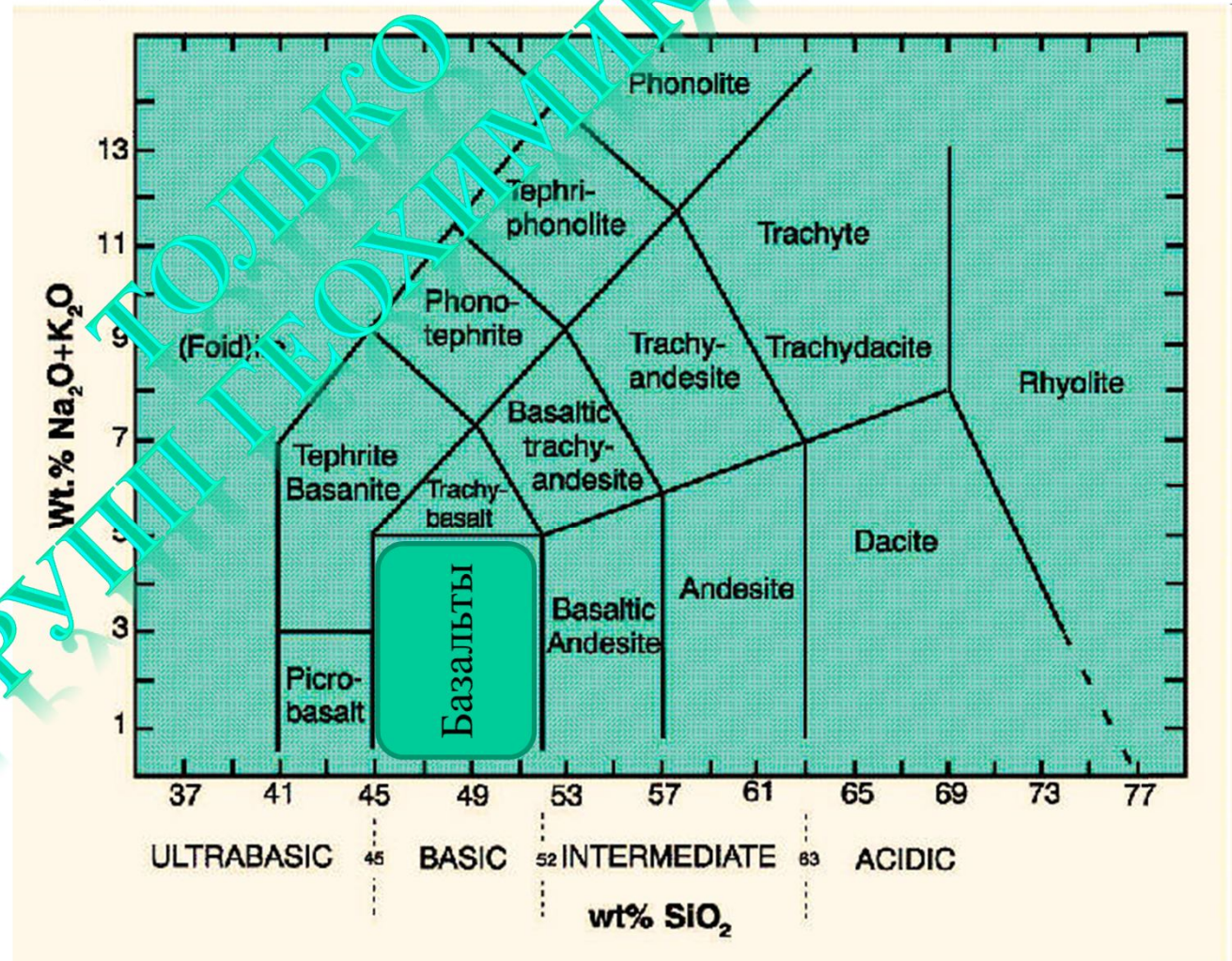
Кимберлиты
Лампроиты
Лампрофиты (без P1
во вкраплениях)

ТОЛЬКО ПО УИМКИВ МГУ
ДЛЯ ГРУППЫ

Семейство базальтов

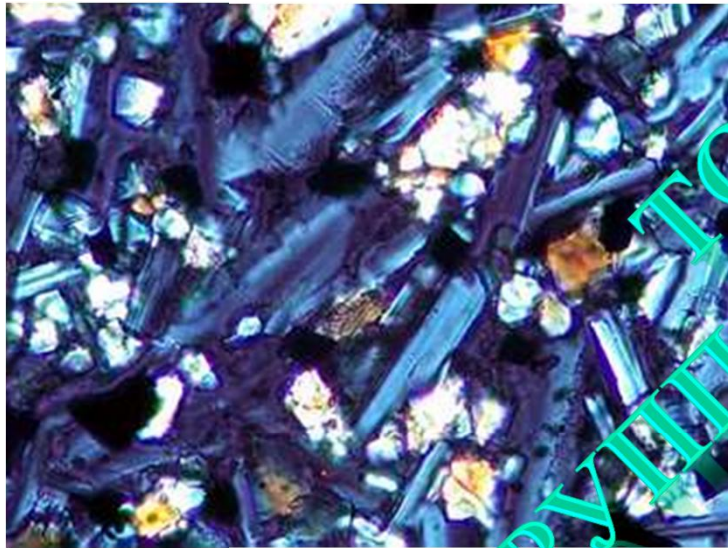
К семейству базальтов относятся эффузивные и субвулканические горные породы, в которых содержится SiO_2 от 45 до 52 % мас., сумма K_2O и Na_2O не превышает 5% мас.

Должны быть сохранены первично-магматические структуры и текстуры, должна быть сохранена хотя бы часть первично-магматических минералов.

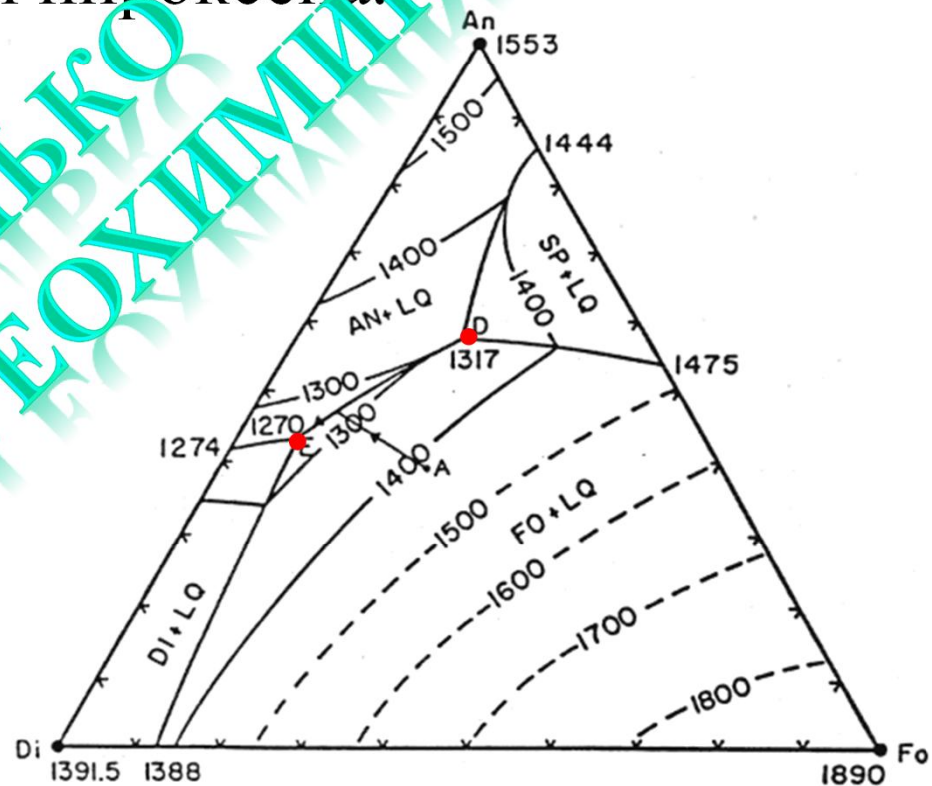


Семейство базальтов – собственно базальт

Базальт (*sensu stricto*) – вулканическая порода, в основной массе которой примерно равное содержание плагиоклаза и пироксена.

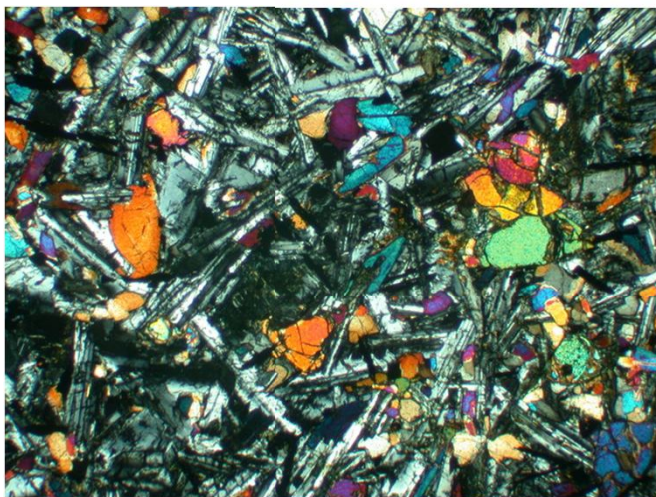


Фотография основной массы базальта в шлифе

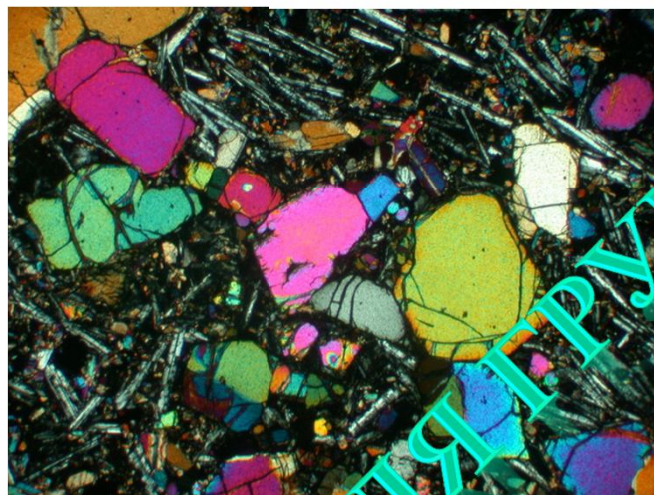


Экспериментальная диаграмма Диопсид-Анортит-Форстерит в сухой системе при давлении 1 атм.

Семейство базальтов - долериты



Drumcarrow Craig, Шотландия

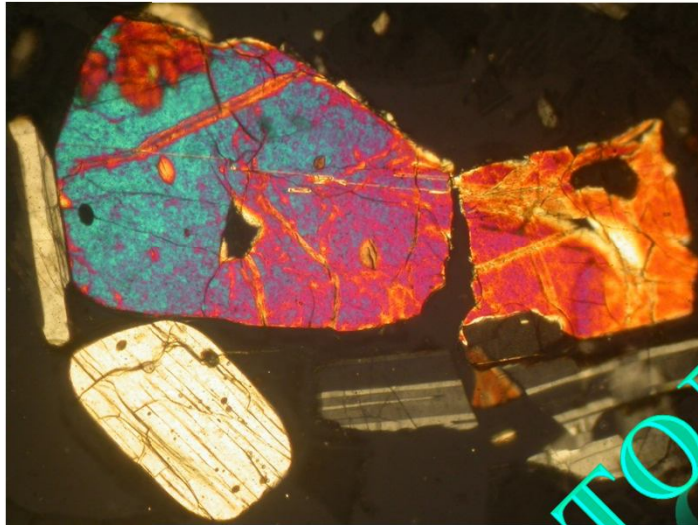


East Lomond, Шотландия

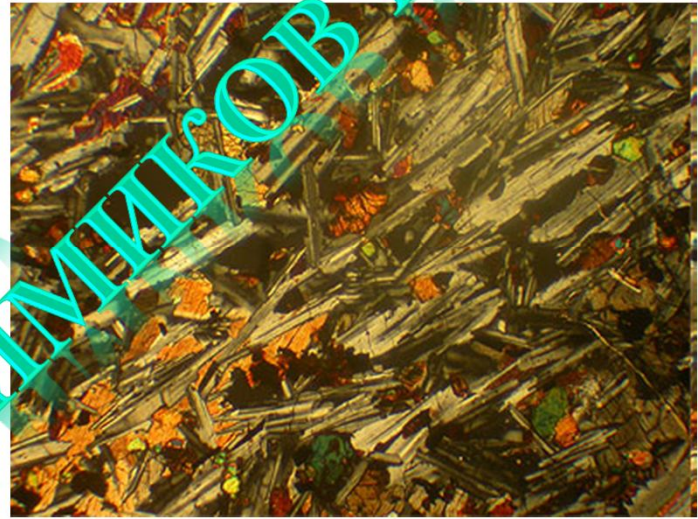


Столбчатая отдельность в Орегоне и Калифорнии

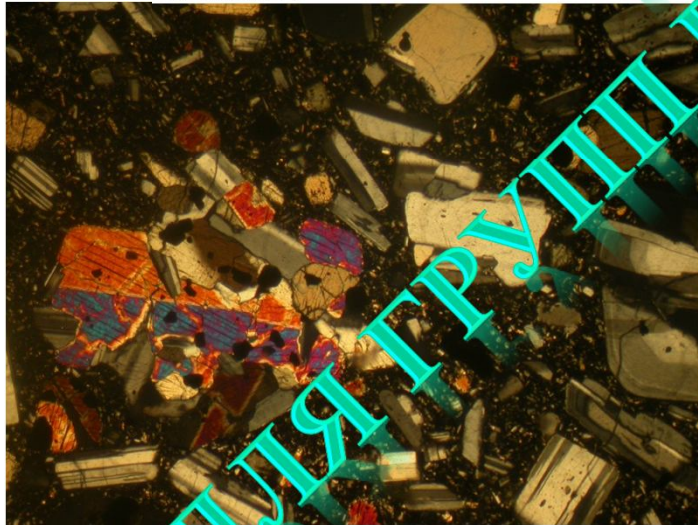
Класификация по скорости остывания



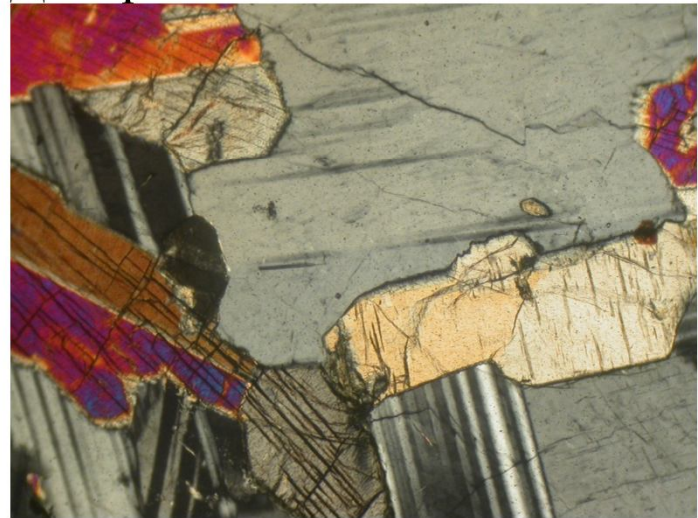
Гиалобазальт



Долерит



Базальт



Габбро

Семейство базальтов – макроскопические свойства



Плагиофировый базальт, дрэгирован около Галапагосских островов, 2010 г.



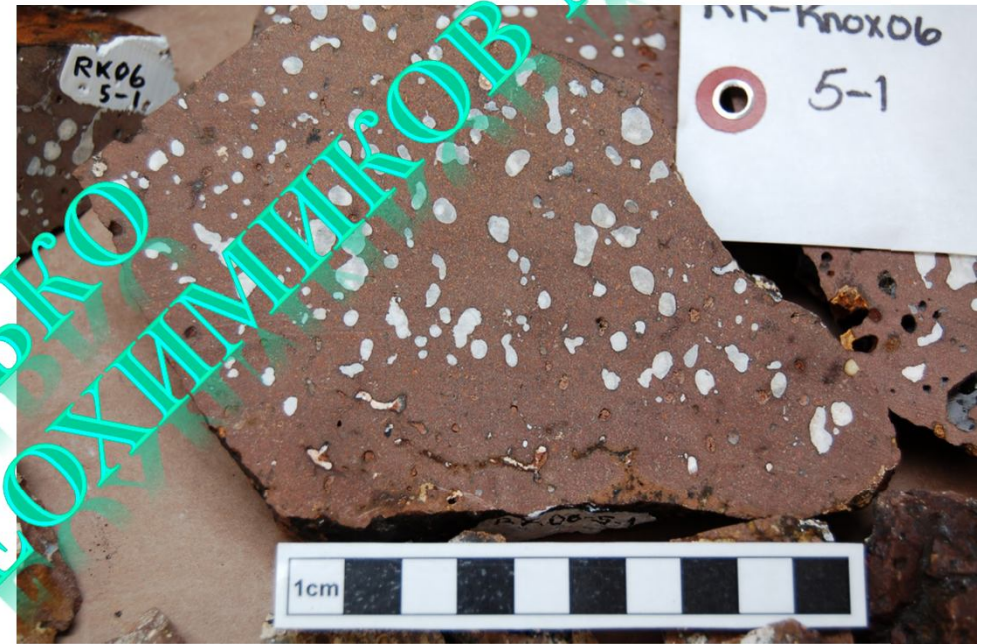
Порфировый оливиновый базальт, Гавайи, 2009 г.

При описании указывается набор и количество видимых глазом или с помощью лупы вкрапленников. Если вкрапленников много – порода называется порфировой, если практически нет – афировой.

Вторичные изменения



Свежий базальт со стекловатой закалочной коркой, Хуан де Фуко, лето 2000 г.



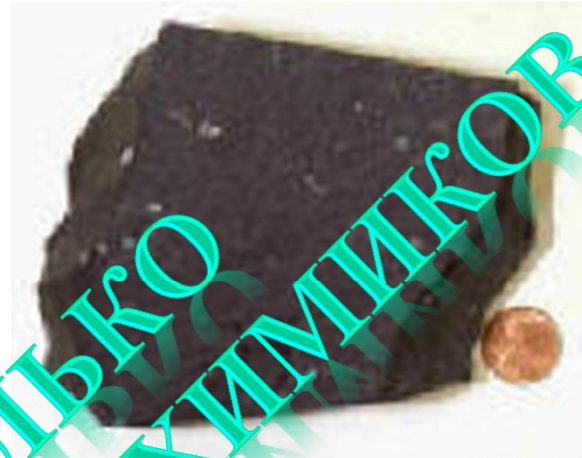
Палеобазальт с миндалекаменной текстурой. Индийский океан, лето 2007 г.

ТОЛЬКО ДЛЯ ГРАЖДАН ГЕОХИМИКОВ ВМГУ

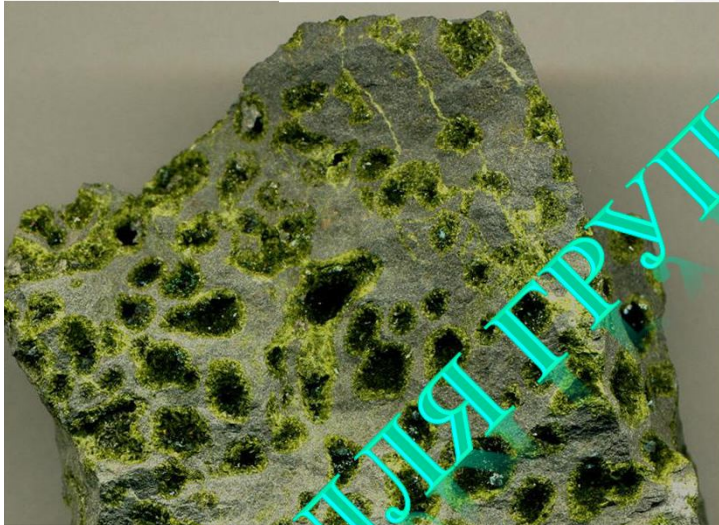
Текстурные особенности: количество, размер и форма газовых пузырей



Мелкопористый оливковый базальт



порфировый
базальт без
видимых пор.



Палеобазальт с эпидотом в порах



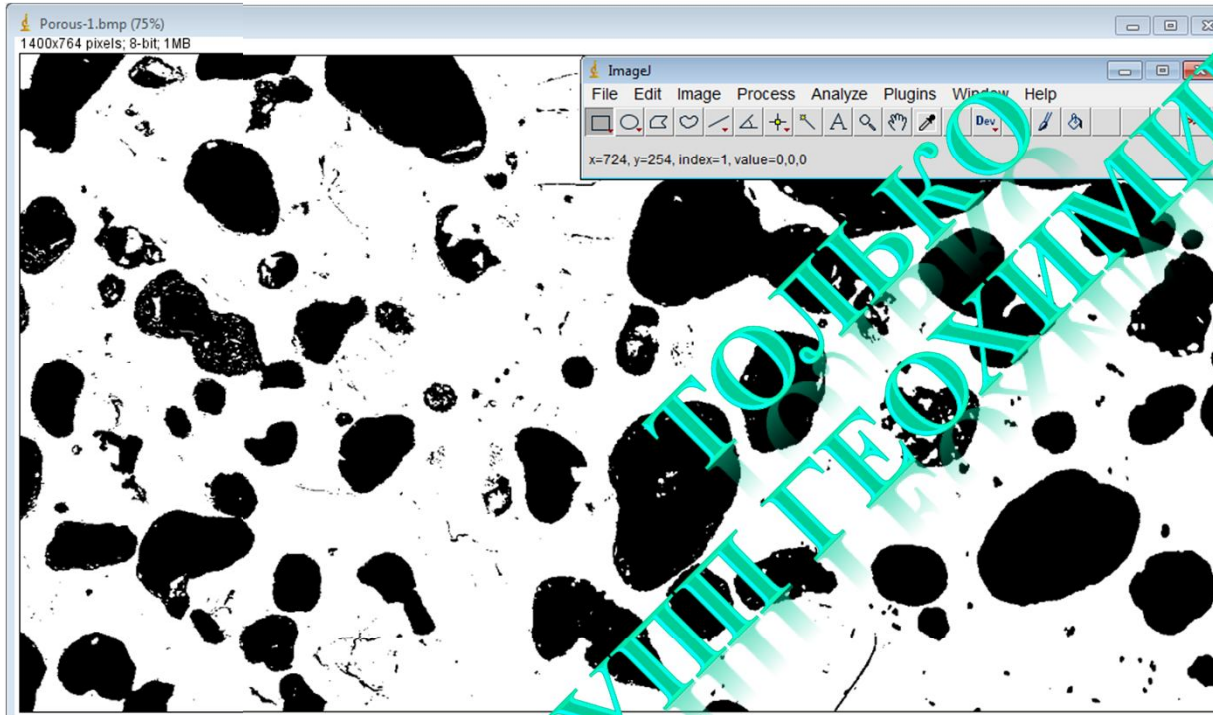
Крупнопористый
базальт



афировый базальт без
видимых пор, плато
Коламбия Ривер.

Количественное определение пористости

[IMAGEJ - http://rsbweb.nih.gov/ij/index.html](http://rsbweb.nih.gov/ij/index.html)



Фотография в отраженных электронах
Пористость – 35%

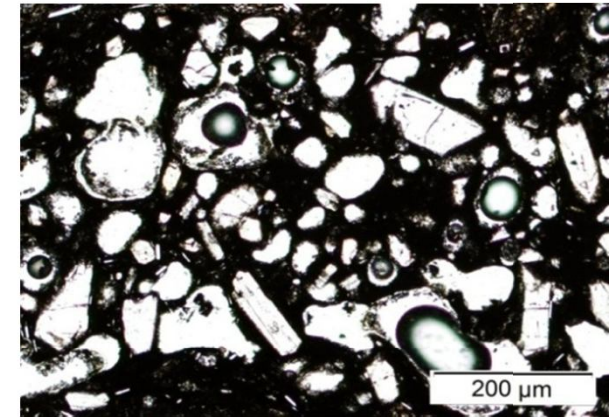
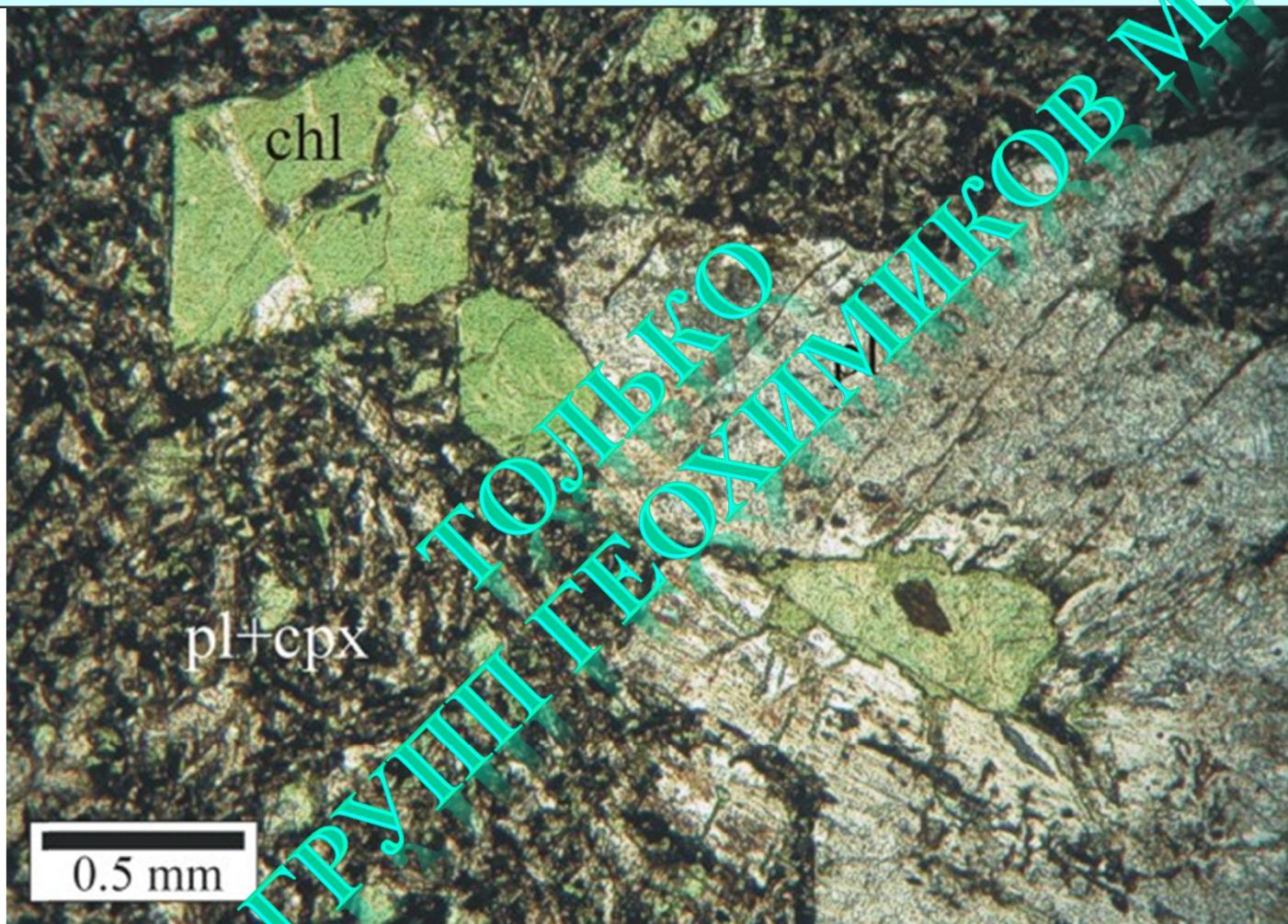


Фото шлифа

Лава вулкана Толбачик, извержение 2012 г.

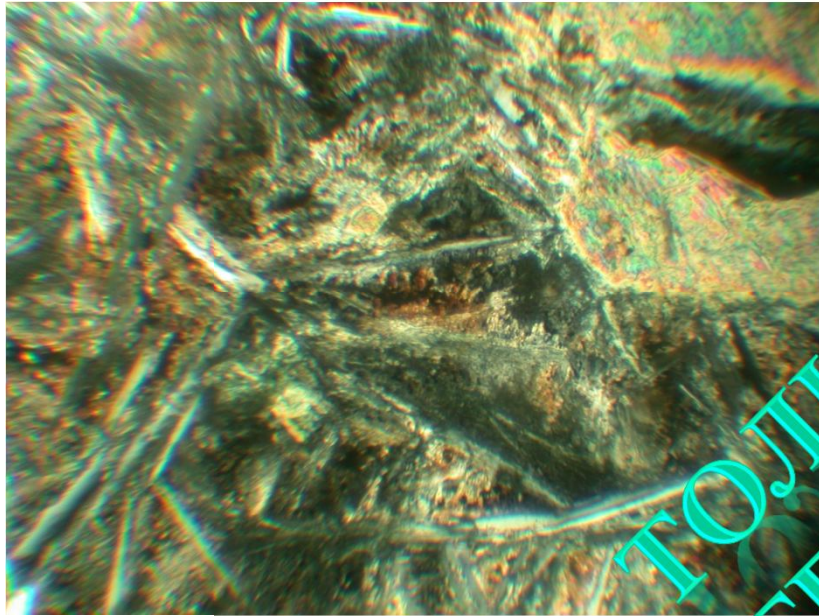
Семейство базальтов – вторичные изменения



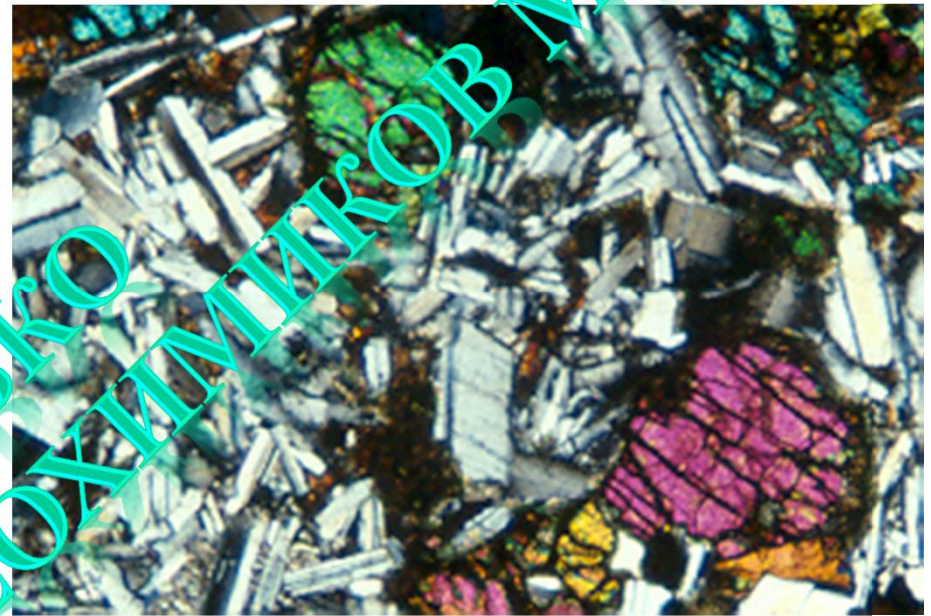
Сохранены первично-магматические минералы и первичные структуры и текстуры, но изменено вулканическое стекло и развиты вторичные минералы

Палеобазальт = палеотипный базальт \approx базальт-порфирит

Семейство базальтов – спилиты и диабазы



Спилит, Галапагосский рифт, обр. 2137



Диабаз, Lake Nipigon, Онтарио, Канада

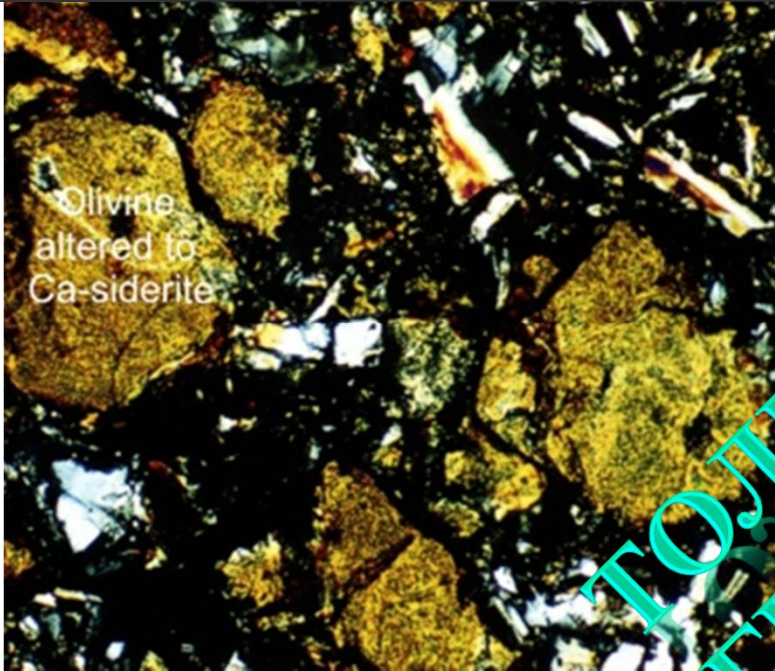


Fidalgo Island, р-н Сиэттла, США



Северная Каролина, США

Метабазальты и метабазиты



В метабазальтах сохранены первичные текстуры и структуры и могут быть реликты первичных минералов

В метабазитах происходит полное изменение минерального состава и порода полностью перекристаллизуется



Классификация семейства базальтов по степени измененности

Кайнотипные породы –
отсутствие вторичных изменений

Палеотипные породы - сохранены
первично-магматические минералы,
первичные структуры и текстуры, но
изменено вулканическое стекло и
развиты вторичные минералы

Метабазальты - сохранены
первичные текстуры и структуры и
могут быть реликты первичных
минералов

Степень вторичных изменений

Базальты

Палеобазальты

Спилиты и диабазы

Метабазальты



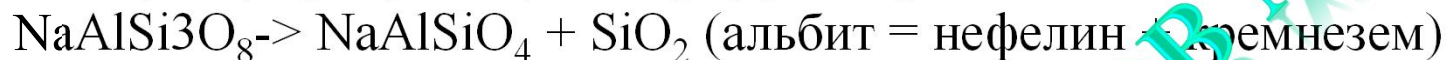
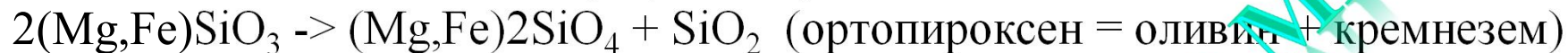
Классификация современных базальтов по геотектонической обстановке

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

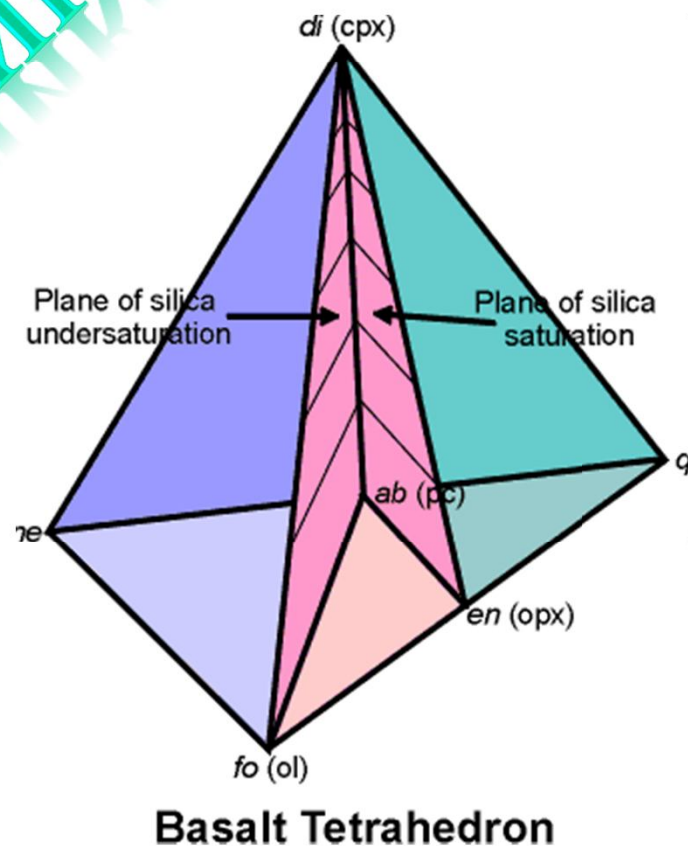
Некоторые случаи являются спорными, например Исландия является островом на срединно-океаническом хребте. При этом, исландские базальты несут в себе геохимические черты и магматизма срединно-океанических хребтов, и океанических островов. Особенно много спорных случаев при классификации древних базальтов, для которых мы не можем точно определить палеогеографическую обстановку.

1.2 По степени насыщения кремнеземом

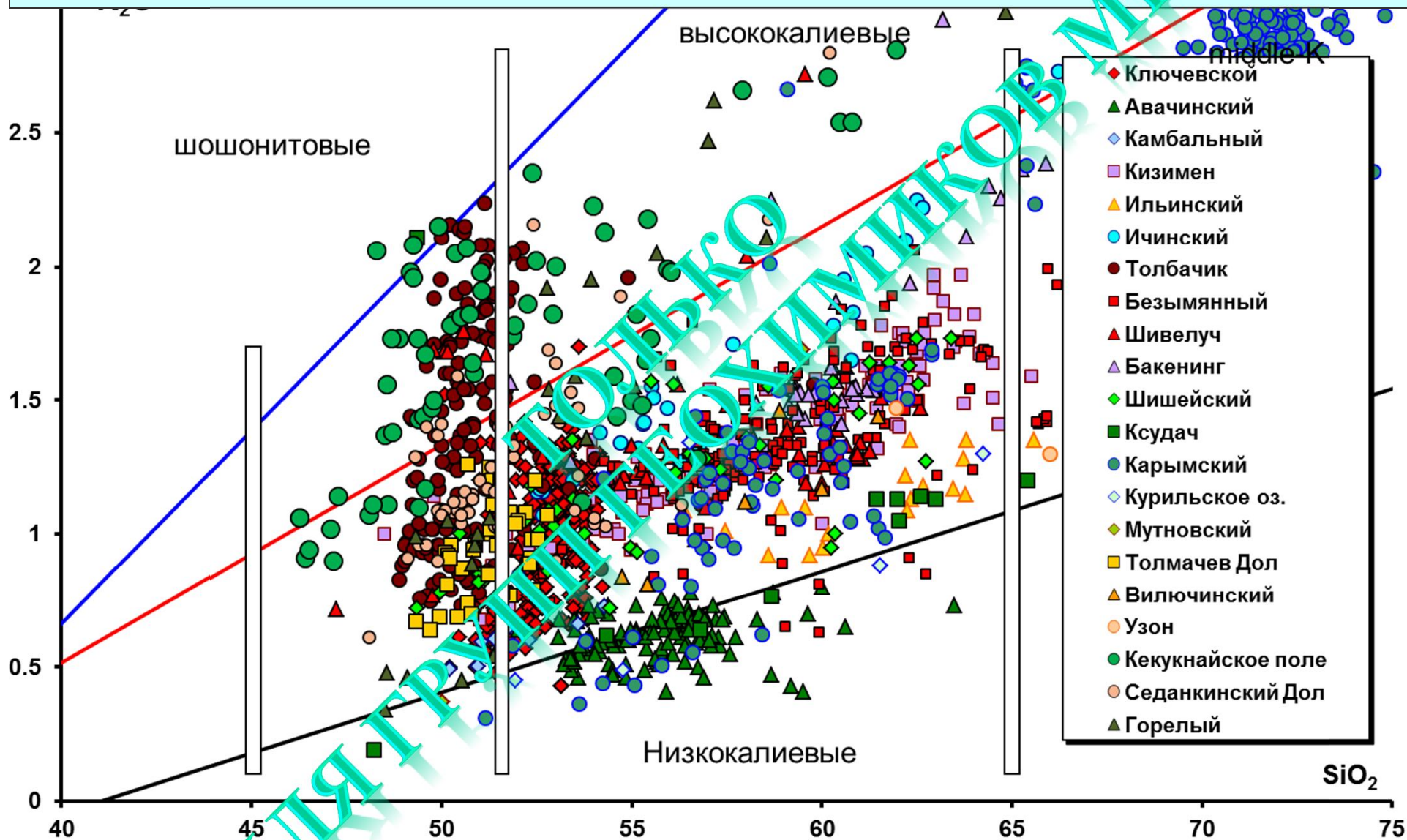
Классификация предложена Йодером (Yoder, Tilley, 1962) и основана на том, что активность кремнезема в расплаве контролируется преимущественно реакциями типа:



- кварц-нормативные (содержащие избыток кремнезема.) Толеит – породы с кварц-полевошпатовыми сростаниями в базальтах.
- нефелин-нормативные (недостаток кремнезема) базальты = щелочные оливиновые базальты.
- гиперстен-нормативные (при отсутствии нормативных кварца или нефелина)



Классификация серий по содержанию калия



Вулканические серии Камчатки по Плечов, 2008.

Типовые петрохимические характеристики, применяющиеся для классификации базальтов



Характеристика

Значения



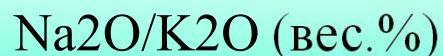
Фемичность

< 6 лейкократовые
16-21 мезократовые
21-23 меланократовые



коэффициент глиноземистости

< 0.75 низкоглиноземистые
0.75 - 1 - умеренно-глиноземистые
1-2 – высокоглиноземистые



>4 Натриевая серия
1-4 Калиево-натриевая серия
<1 калиевая серия

Источник "Магматические горные породы", т.1, М., Наука, 1983, 368 с.

Базальты



Синим выделены для примера базальты, характерные для срединно-океанических хребтов

