

ПЕТРОЛОГИЯ,

часть 2. Магматизм

Лекция 4. 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

2015

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

(Phillpots, 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?

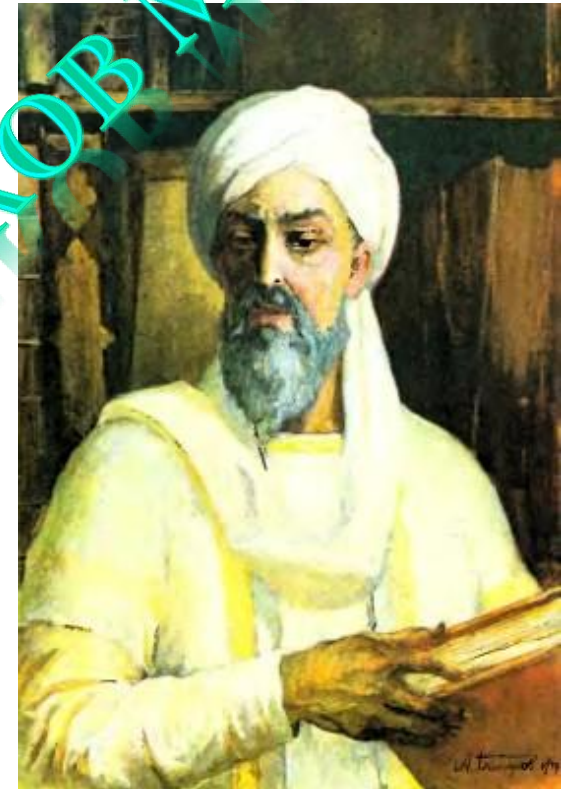
макроскопические, петрографические, минералогические, геохимические и др. методы.

Что это?

Классификация

Почему это?

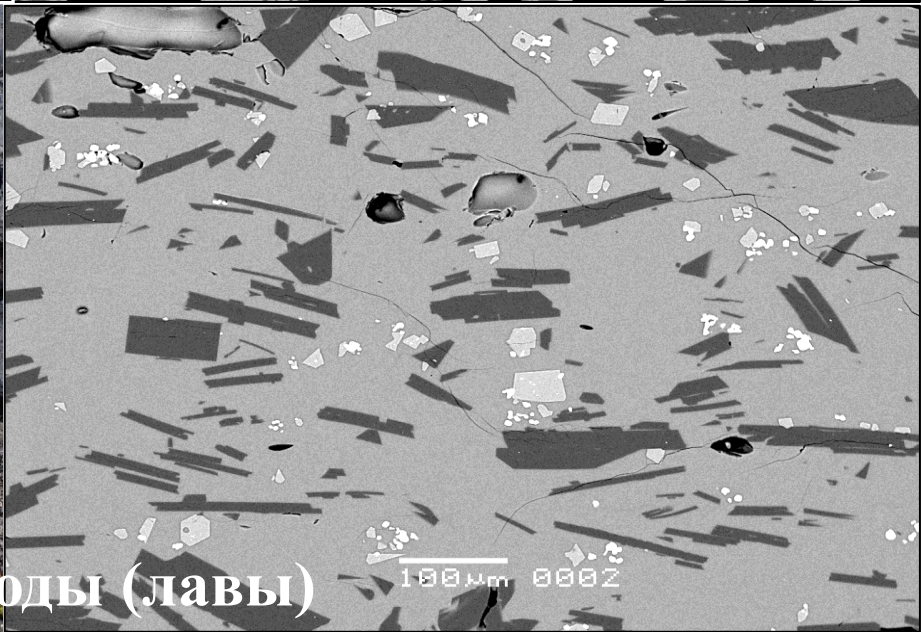
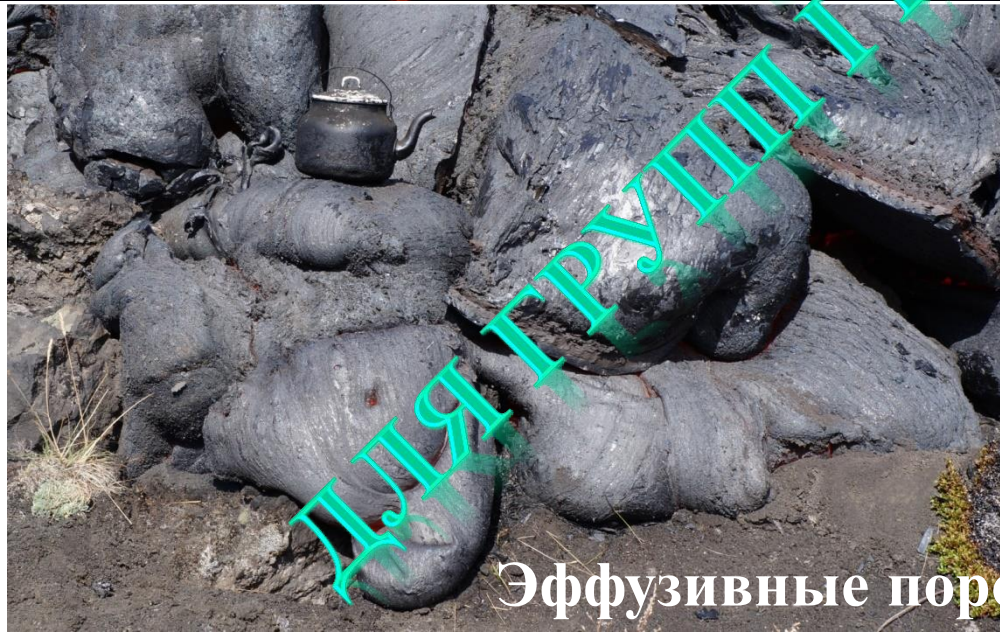
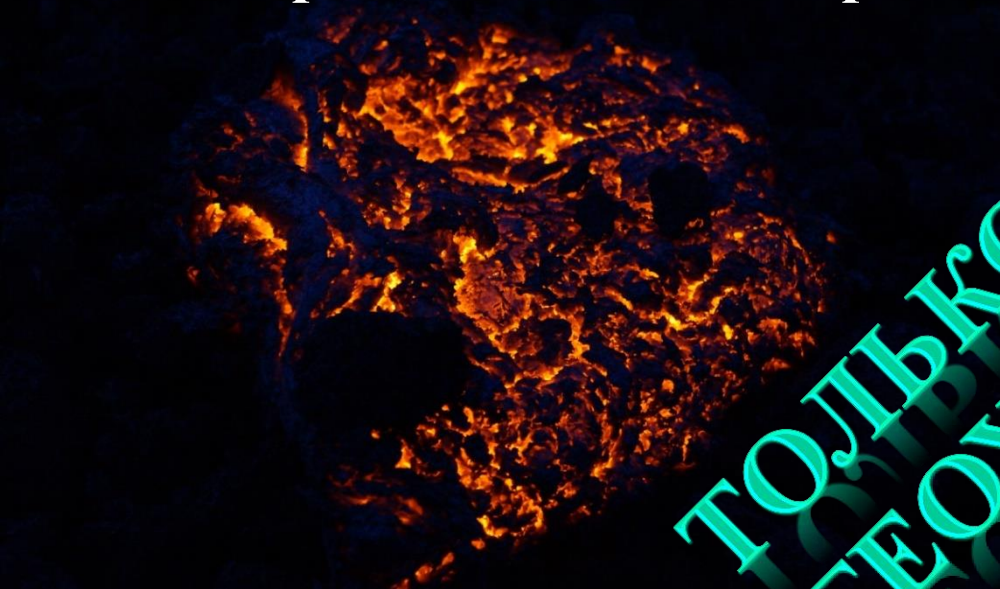
Петрология



Авиценна
980-1037

Вулканические бомбы и лава Толбачика-2013

Пирокластические породы

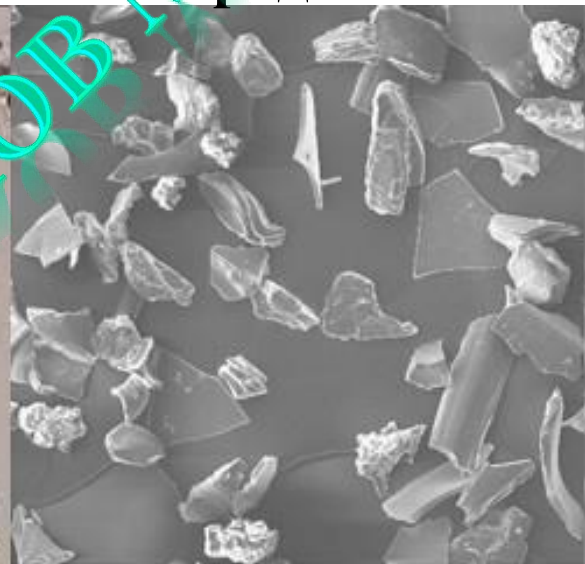
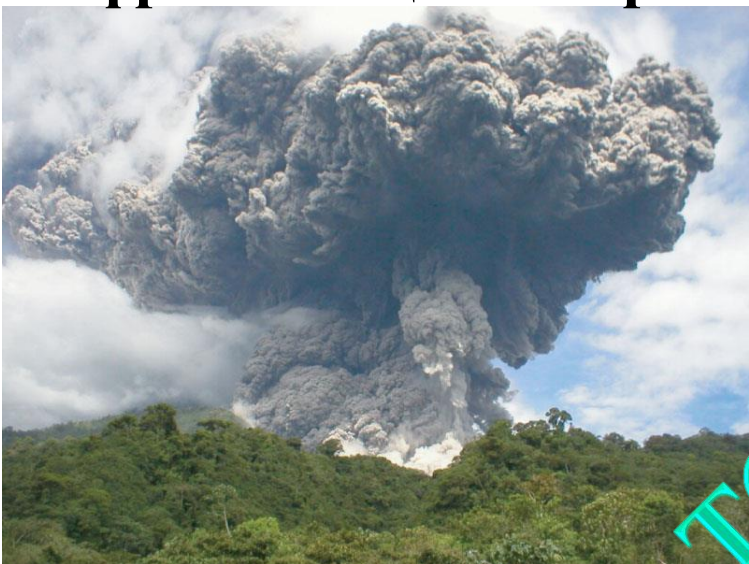


Эффузивные породы (лавы)

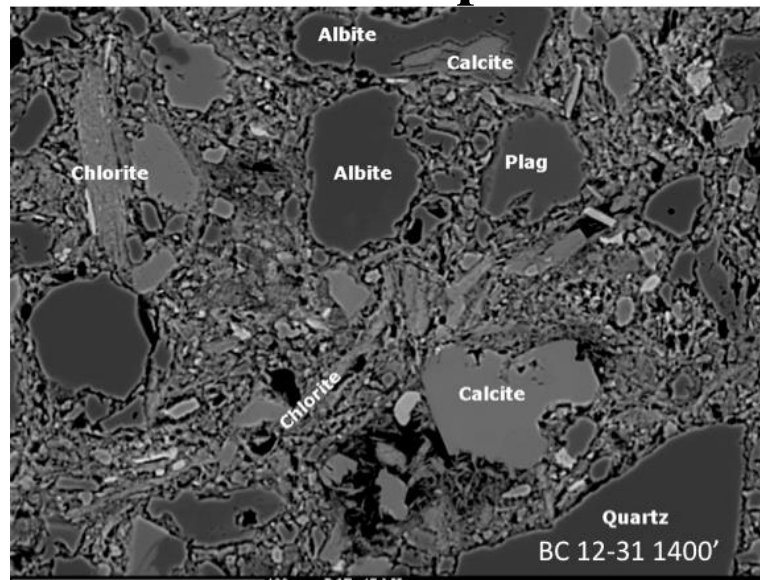
ТОЛЬКО
ДЛЯ ГРУППЫ ГЕОУНИВЕРСИТЕТА

Пирокластические породы

Тефры – несцементированные пирокластические породы



Туфы – сцементированные пирокластические породы



Семейства пород

Семейство пород – совокупность пород, объединенных по одному или нескольким классификационным критериям

Распространенные классификационные критерии:

**Характерный(-е) минерал(ы)
Особенности хим. состава
Структура или текстура
Вторичные изменения
Практическое применение**

Сложность классификации:

Одна и та же порода может принадлежать различным семействам, в зависимости от выбранных критериев классификации.

Классификационная путаница связана со смешением понятий «порода» и «семейство пород».

Горные породы (Britannica) — природные ассоциации минералов более или менее постоянного химического состава, образующие самостоятельные геологические тела, слагающие земную кору.

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 C -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

как рассчитать количество стекла??

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	Olivine	9.82	
Na2O 1.56 %	Norm seems OK	1.65	Diopside	36.7	32
K2O 0.51 %		0.54	Hypersthene		
P2O5 0.01 %		0.01	Wollastonite		
CO2 %			Olivine		
SO3 %			Larnite		
S %			Acmite		
F %			K2SiO3		
Cl %			Na2SiO3		
Sr ppm			Rutile		
Ba ppm			Ilmenite	0.27	0.17
Ni ppm			Magnetite	1.33	0.77
Cr ppm			Hematite		
Zr ppm			Apatite	0.02	0.02
Total 95.24		100.00	Zircon		
			Perovskite		

Mol. Wts.	1	2	3a	3b	3g	3c	3d	3e	3f	3h	3i	4a	4b	4c
SiO2	60.08	1.0038	1.0038	1.0038	1.0038	1.0038	1.0038	1.0038	1.0038	1.0038	1.0038	1.0038	1.0038	1.0038
TiO2	79.90	0.0001	0.0001	0.0018	0.0018	0.0018	0.0018	0.0018	0.0018	0.0018	0.0018	0.0018	0.0018	0.0018
Al2O3	101.96	0.1059	0.1059	0.1059	0.1059	0.1059	0.1059	0.1059	0.1059	0.1059	0.1059	0.1059	0.1059	0.1059
Fe2O3	159.69	0.0058	0.0058	0.0058	0.0058	0.0058	0.0058	0.0058	0.0058	0.0058	0.0058	0.0058	0.0058	0.0058
MnO	70.94	0.1051	0.1051	0.1051	0.1051	0.1051	0.1051	0.1051	0.1051	0.1051	0.1051	0.1051	0.1051	0.1051
MgO	40.30	0.2851	0.2851	0.2851	0.2851	0.2851	0.2851	0.2851	0.2851	0.2851	0.2851	0.2851	0.2851	0.2851
CaO	56.08	0.1173	0.1173	0.1173	0.1173	0.1173	0.1173	0.1173	0.1173	0.1173	0.1173	0.1173	0.1173	0.1173
Na2O	61.98	0.0266	0.0266	0.0266	0.0266	0.0266	0.0266	0.0266	0.0266	0.0266	0.0266	0.0266	0.0266	0.0266
K2O	94.20	0.0057	0.0057	0.0057	0.0057	0.0057	0.0057	0.0057	0.0057	0.0057	0.0057	0.0057	0.0057	0.0057
P2O5	141.94	7E-05	7E-05	5E-05										
CO2	44.01													
SO3	80.06													
S	32.06													
F	19.00													
Cl	35.45													
Sr	103.62													
Ba	153.33													
Ni	74.70													
Cr	151.99													
Zr	123.22													

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

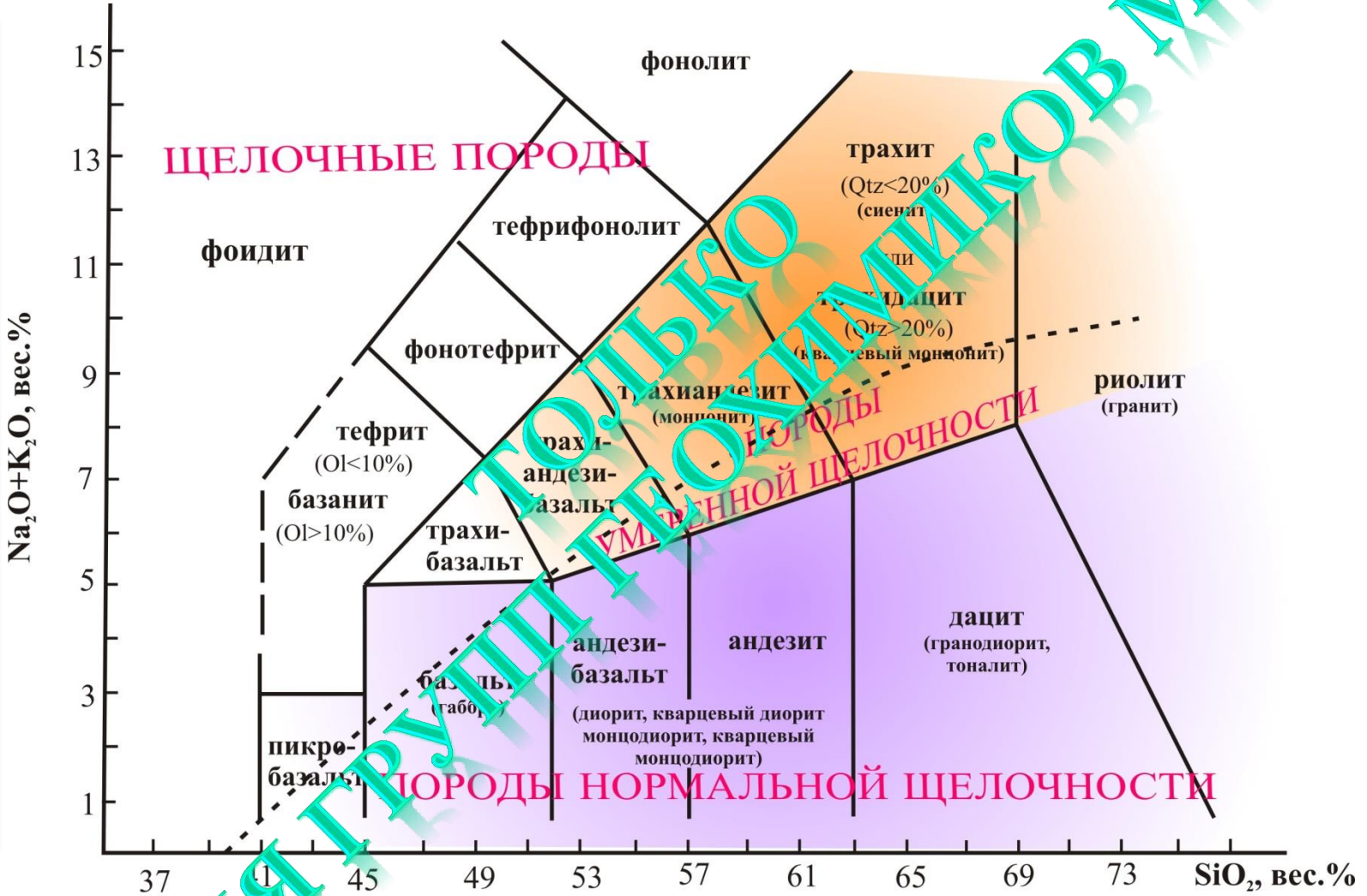
<http://wiki.web.ru/wiki/CIPW>

Главные семейства вулканитов



Главные семейства плагиоклазовых вулканитов

Роль плагиоклаза уменьшается



УЛЬТРАОСНОВНЫЕ | ОСНОВНЫЕ | СРЕДНИЕ | КИСЛЫЕ

An_{50} | An_{10}

Плагиоклаз в основной массе

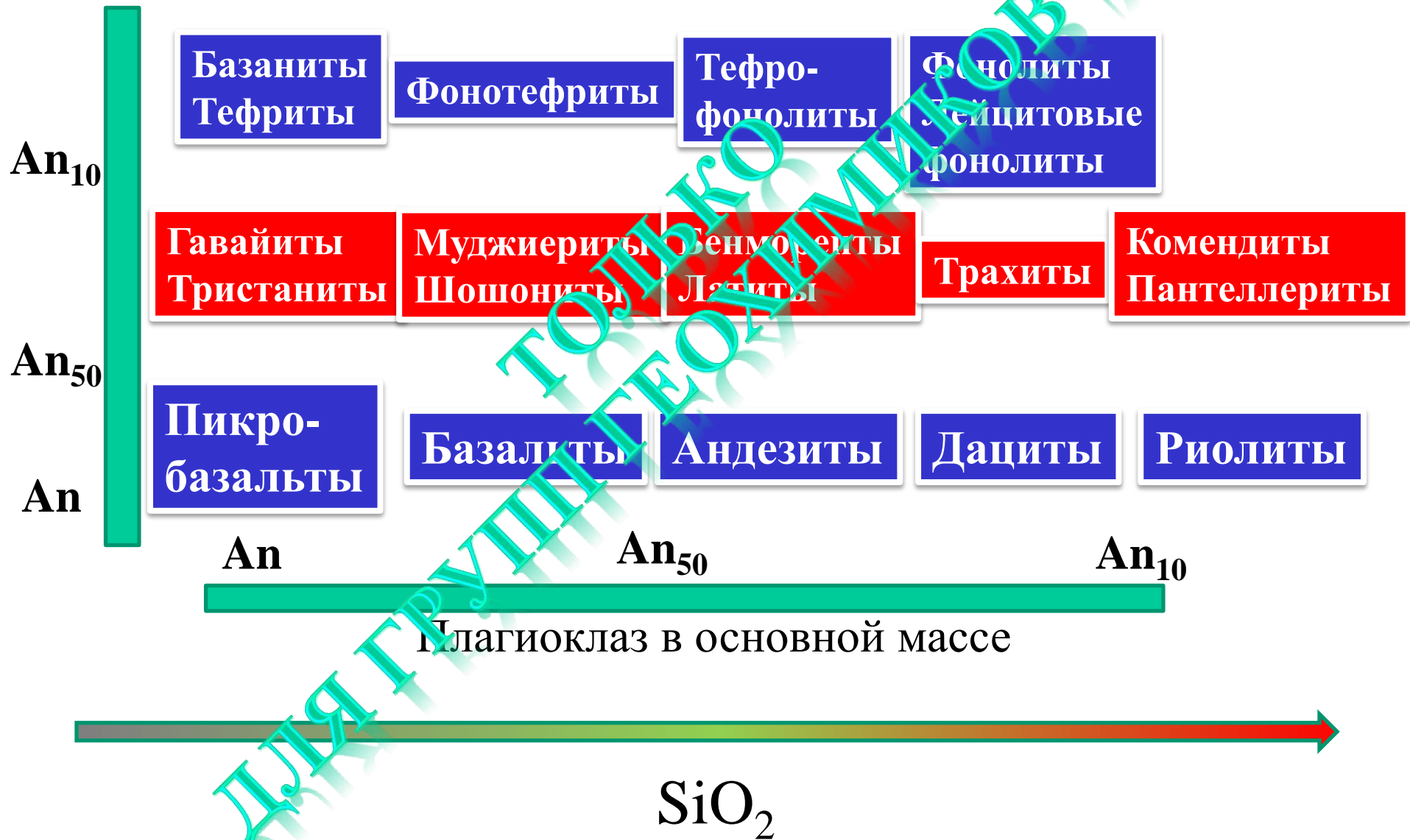
ДЛЯ ГРУППЫ КОЖИМАНКОВ В МГУ

Семейства нормального ряда

Порода(семейство)	Основная масса	Вкрапленники
Риолиты	кварц-альбит-к.п.ш.	кварц, санидин
Дациты	кварц-альбит-к.п.ш.	плаггиоклаз
Андезиты	андезин +рудный	плаггиоклаз , роговая обманка, биотит, клинопироксен
Базальты	лабрадор +клинопироксен +рудный	клинопироксен, оливин, плаггиоклаз ортопироксен, роговая обманка
Пикробазальты	клинопироксен+оливин плаггиоклаз +рудный	оливин, флогопит, клинопироксен

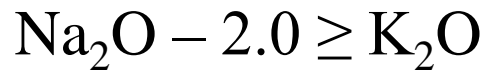
К нормальному ряду относятся только самые распространенные семейства пород, для которых **характерен породообразующий плаггиоклаз** и не характерны щелочные минералы.

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

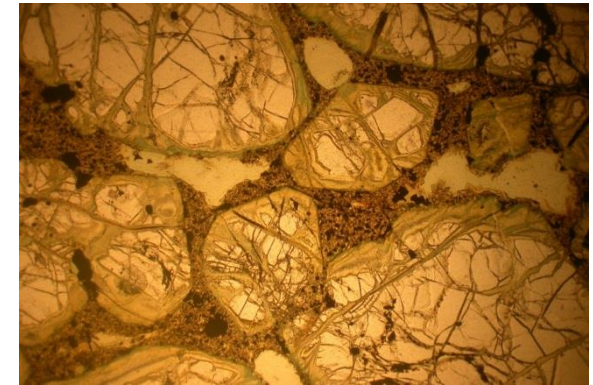
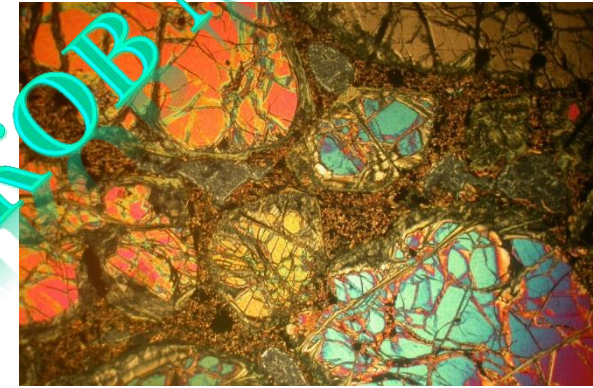


Субщелочные породы

Le Maitre et al., 2002



Безплагиоклазовые вулканиты



Меймечит, шлиф 576

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

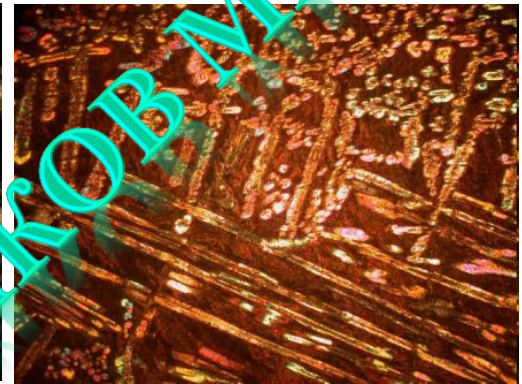
SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O
40.03	1.34	2.48	7.99	5.84	0.13	36.2	4.45	0.55	0.37

Безплагиоклазовые вулканиды силикатного состава

Пикриты

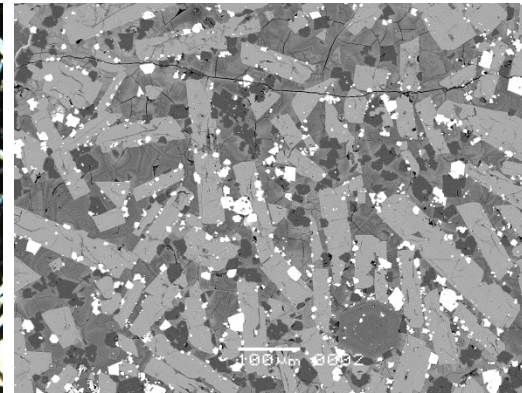
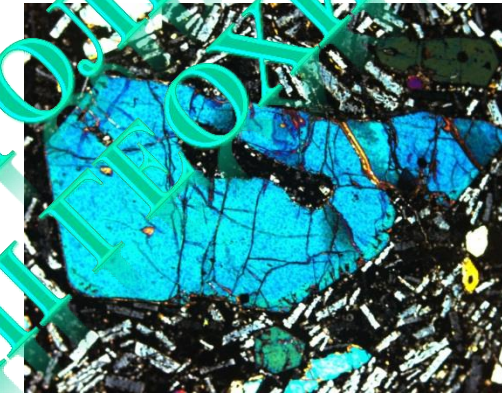
Щелочные пикриты

Бониниты



Нефелиниты

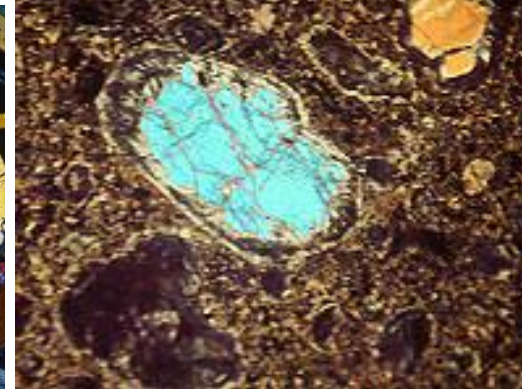
Меланефелиниты



Мелилитовые

Лейцитовые

Кальсилитовые



Кимберлиты

Лампроиты

Лампрофиты (без Pl

во включениях)

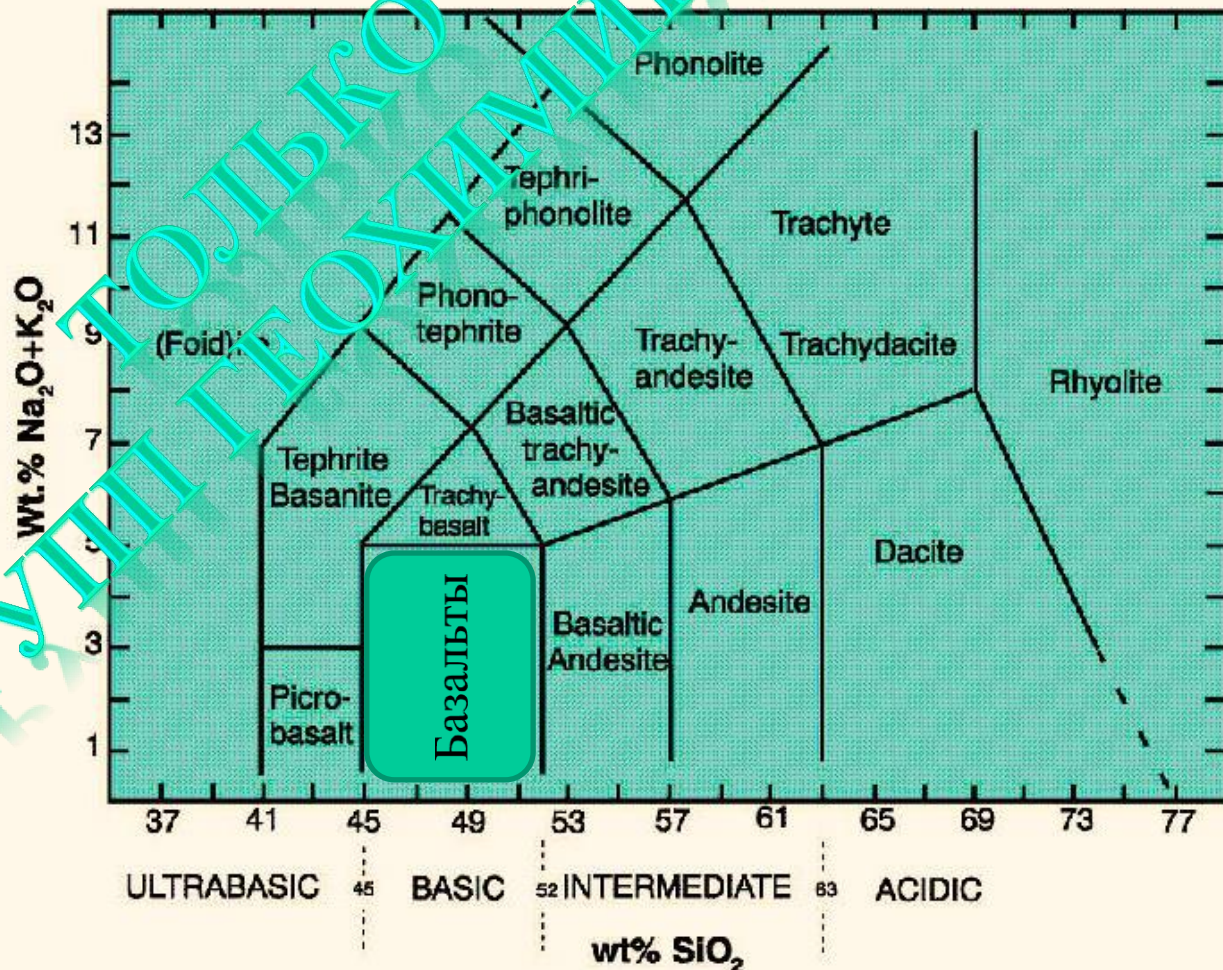
ТОЛЬКО ПО УИКИВОИ

ГРУППА

Семейство базальтов

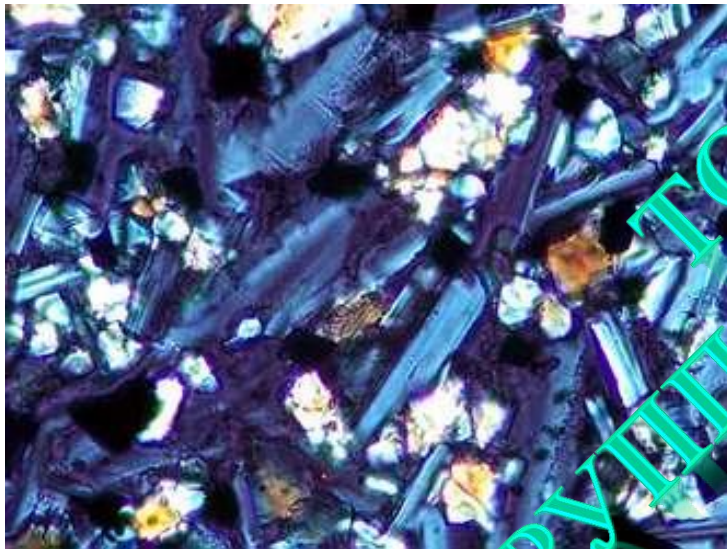
К семейству базальтов относятся эффузивные и субвулканические горные породы, в которых содержится SiO_2 от 45 до 52 % мас., сумма K_2O и Na_2O не превышает 5% мас.

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

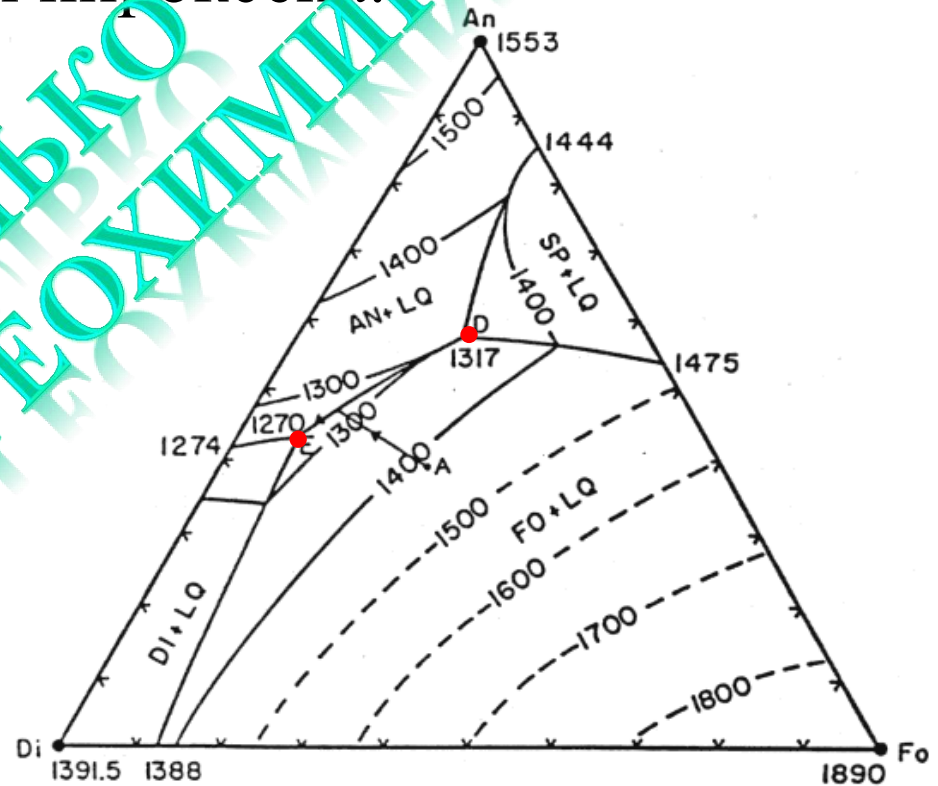


Семейство базальтов – собственно базальт

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

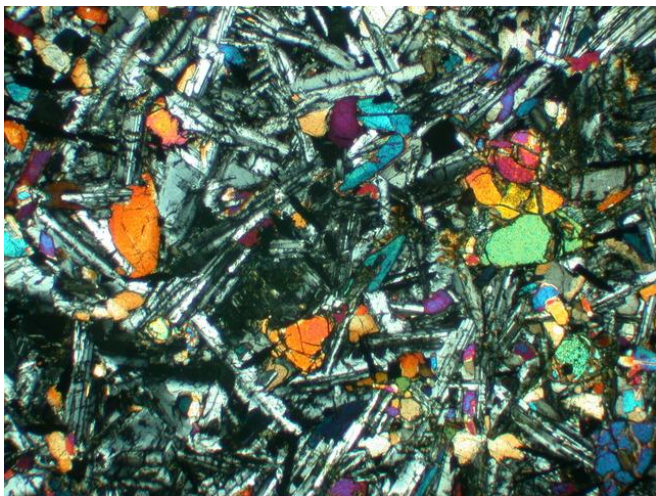


Фотография основной массы базальта в шлифе

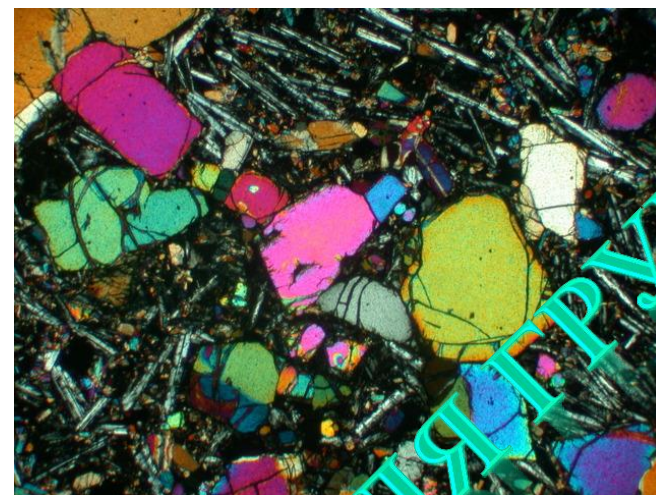


Экспериментальная диаграмма Диопсид-Анортит-Форстерит в сухой системе при давлении 1 атм.

Семейство базальтов - долериты



Drumcarrow Craig, Шотландия

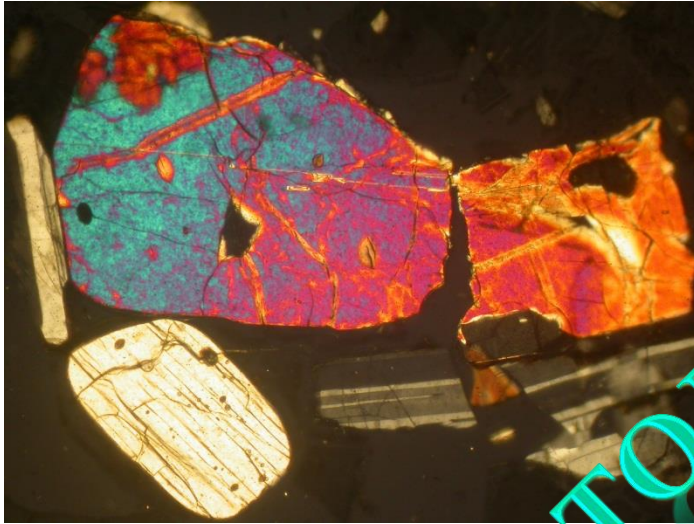


East Lomond, Шотландия

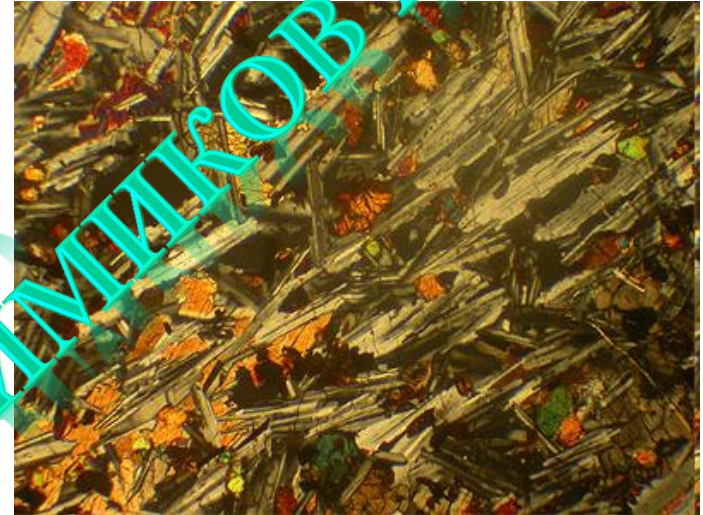


Столбчатая отдельность в Орегоне и Калифорнии

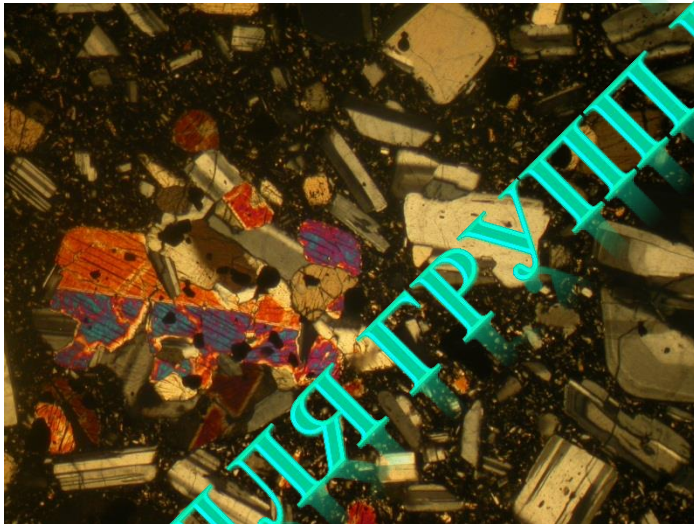
Класификация по скорости остывания



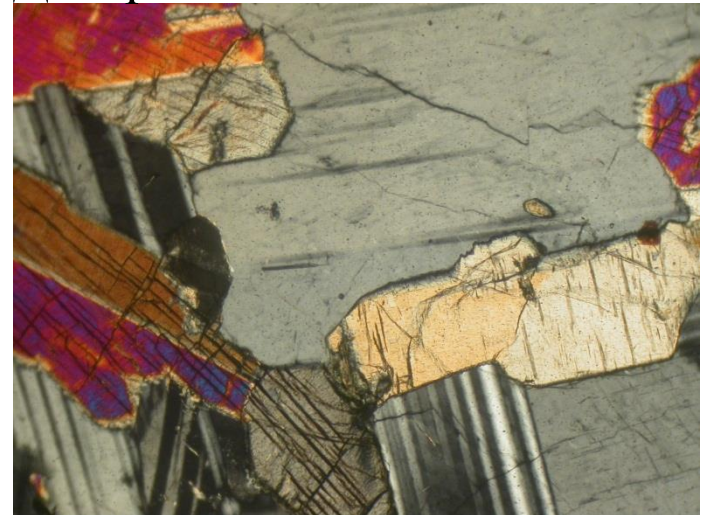
Гиалобазальт



Долерит



Базальт



Габбро

ТОЛЬКО
ДЛЯ ГРУППИ ГЕОХИМИКОВ МДУ

Семейство базальтов – макроскопические свойства



Плагиофировый базальт, дрэгірован
около Галапагосских о-вов, 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 ГРУППЫ ГЕОХИМИКОВ ВМГУ

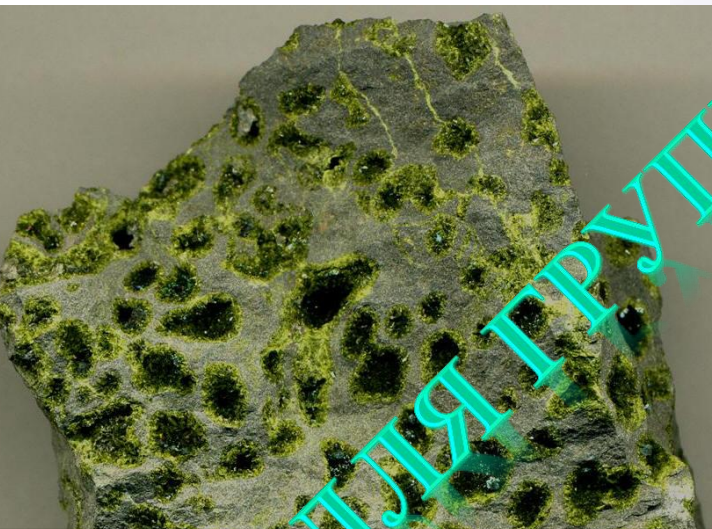
Текстурные особенности: количество, размер и форма газовых пузырей



Мелкопористый оливинный базальт



порфировый
базальт без
видимых пор.



Палеобазальт с сферидом в порах



Крупнопористый
базальт

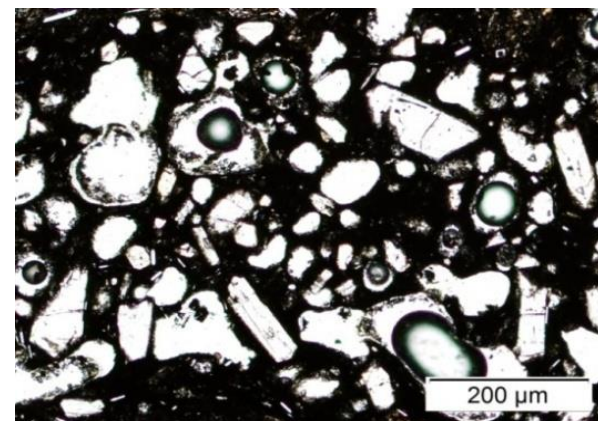
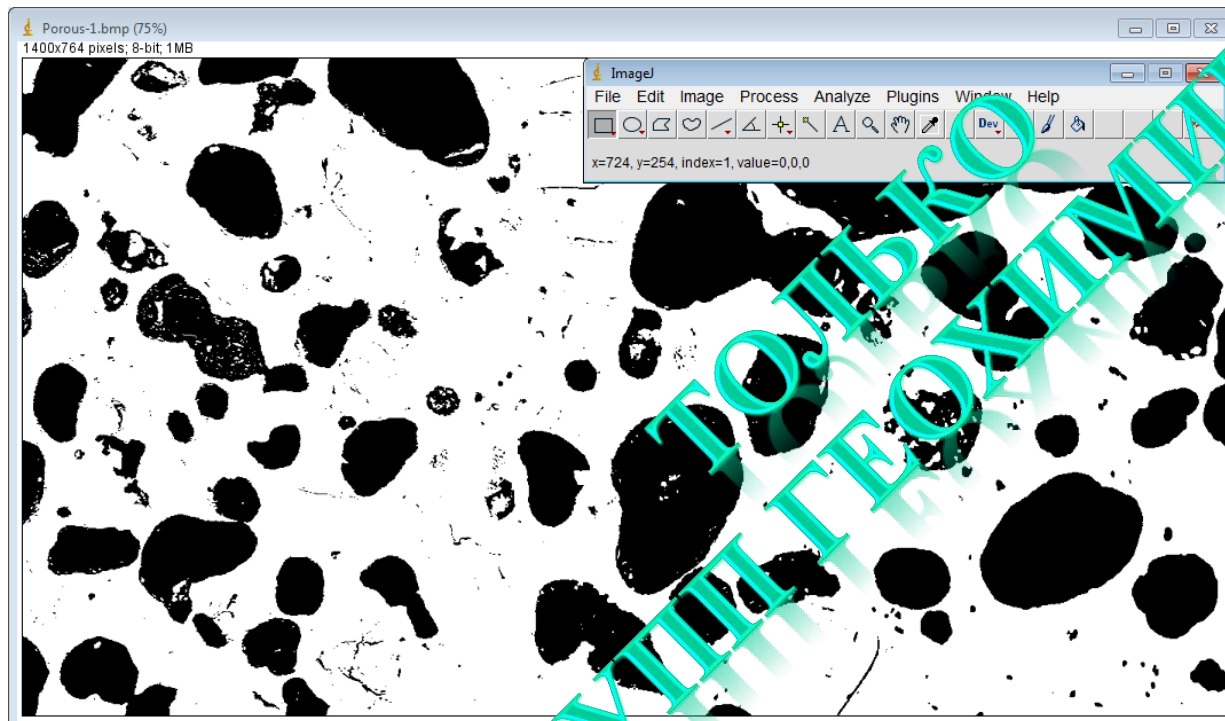


афирный базальт без
видимых пор, плато
Коламбия Ривер.

ТОЛЬКО
ДЛЯ ГРУППЫ ГЕОХИМИКОВ ВМГУ

Количественное определение пористости

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

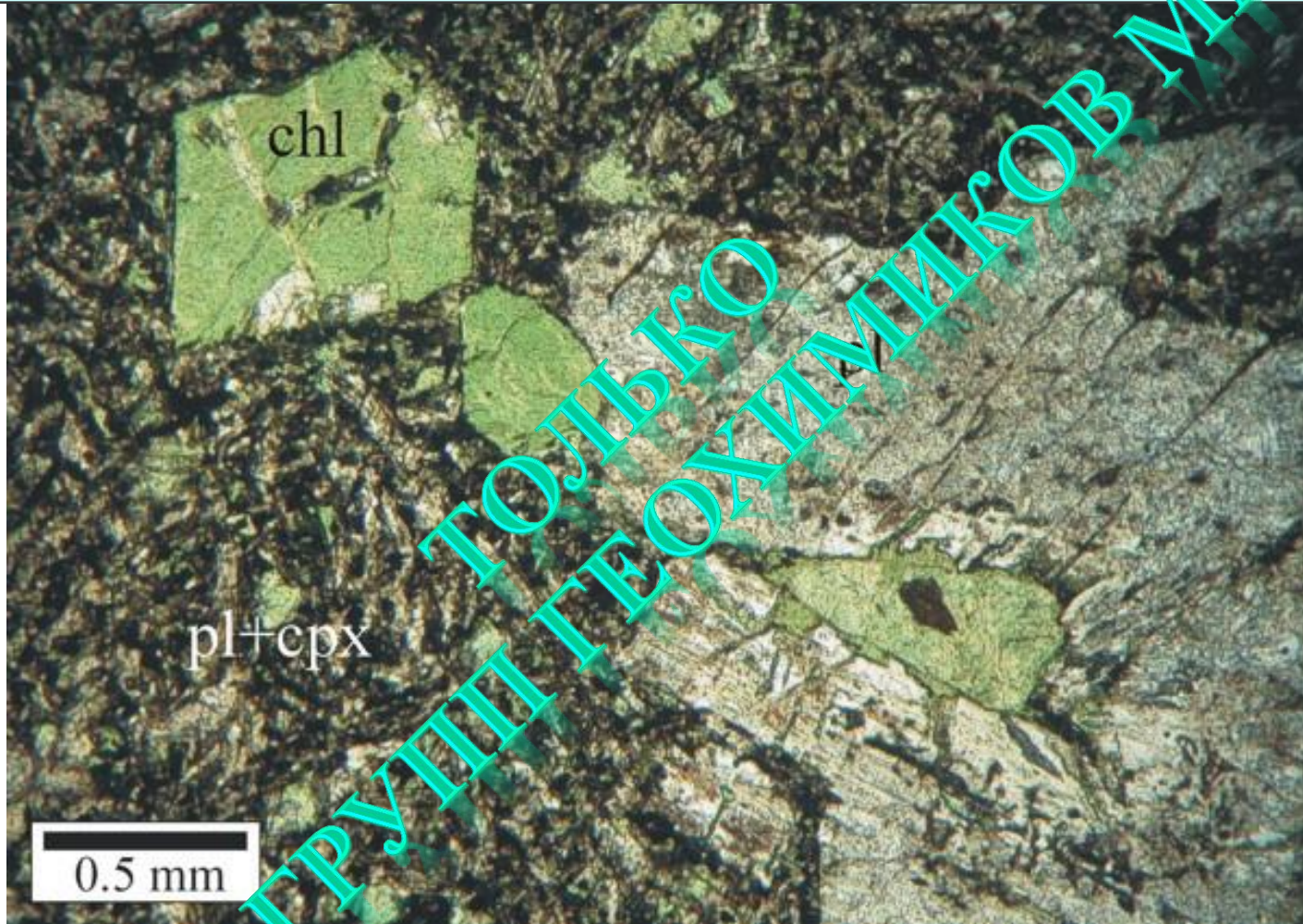


Фотография в отраженных электронах
Пористость – 35%

Фото шлифа

Лава вулкана Толбачик, извержение 2012 г.

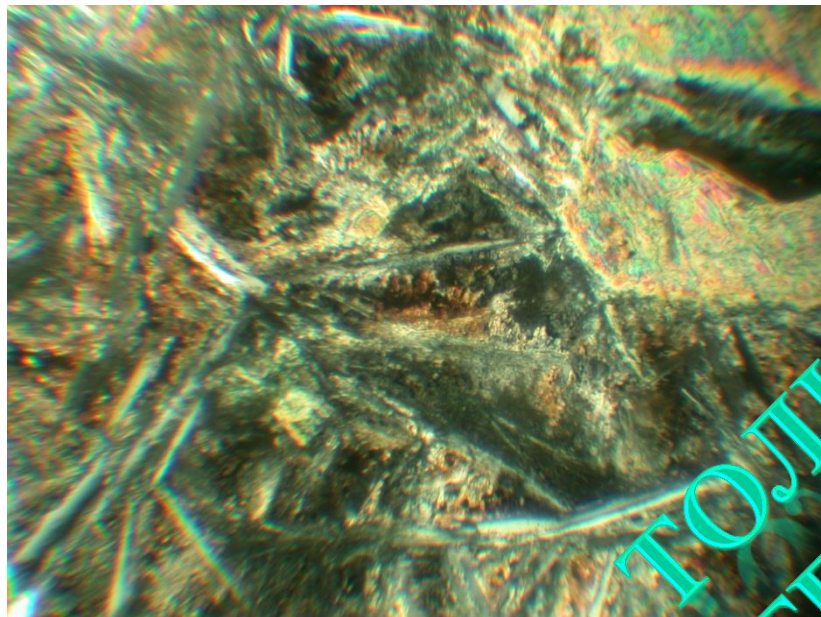
Семейство базальтов – вторичные изменения



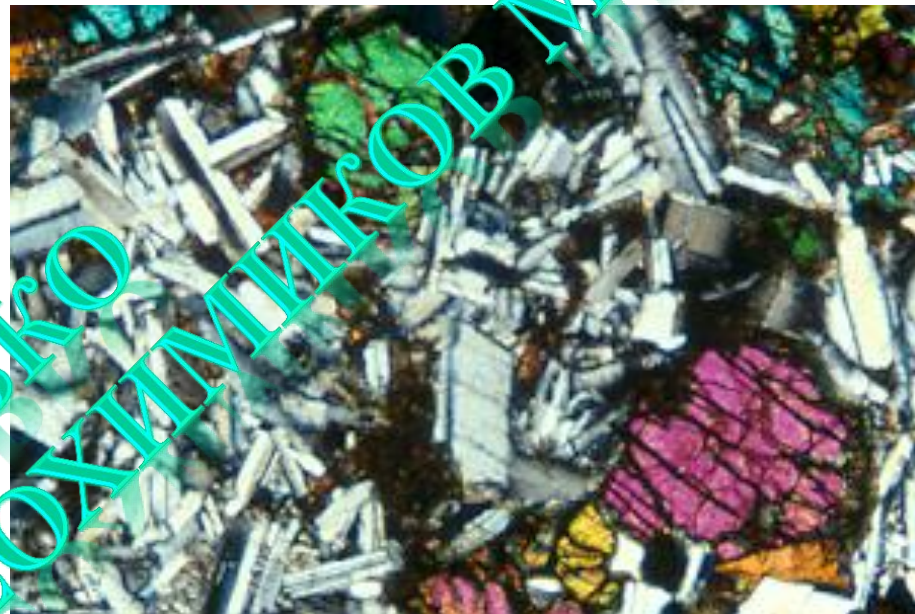
Сохранены первично-магматические минералы и первичные структуры и текстуры, но заменено вулканическое стекло и развиты вторичные минералы

Палеобазальт = палеотипный базальт \approx базальт-порфирит

Семейство базальтов – спилиты и диабазы



Спилит, Галапагосский рифт, обр. 2137



Диабаз, Lake Nipigon, Онтарио, Канада

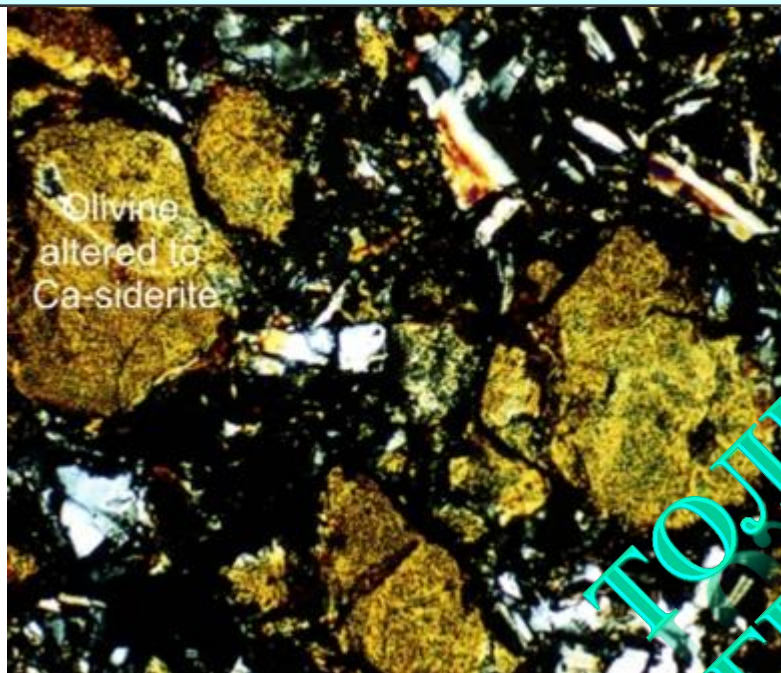


Fidalgo Island, р-н Сиэттла, США



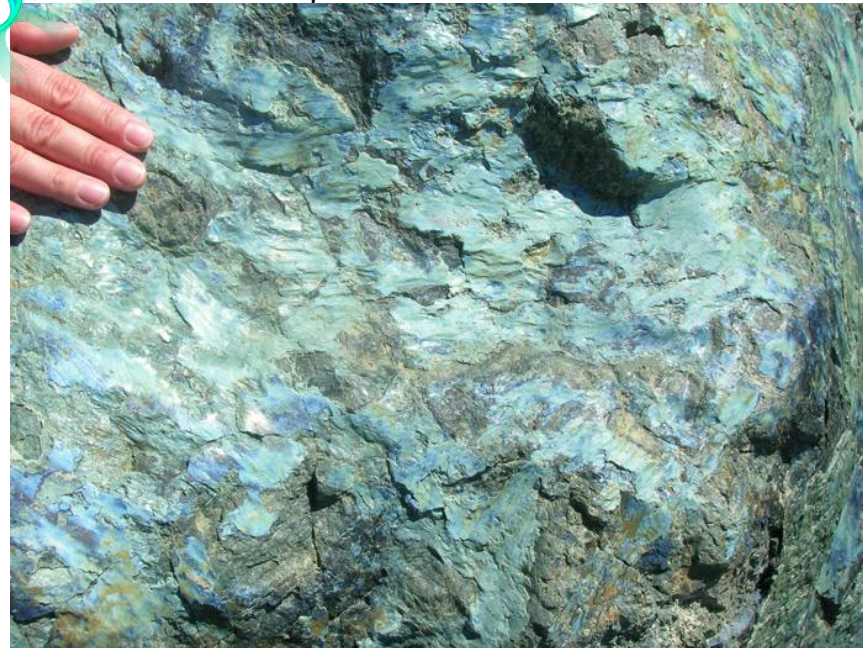
Северная Каролина, США

Метабазальты и метабазиты



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

В metabазитах 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

Структурно-текстурная классификация

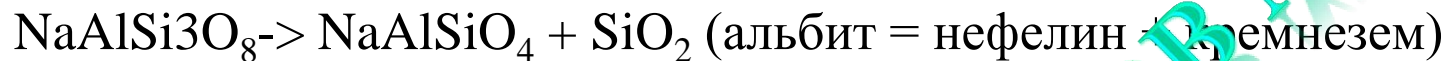
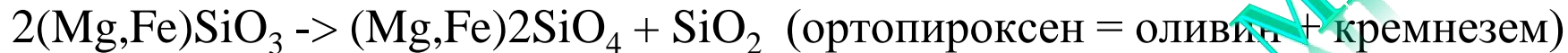
Классификация современных базальтов по геотектонической обстановке

- 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)

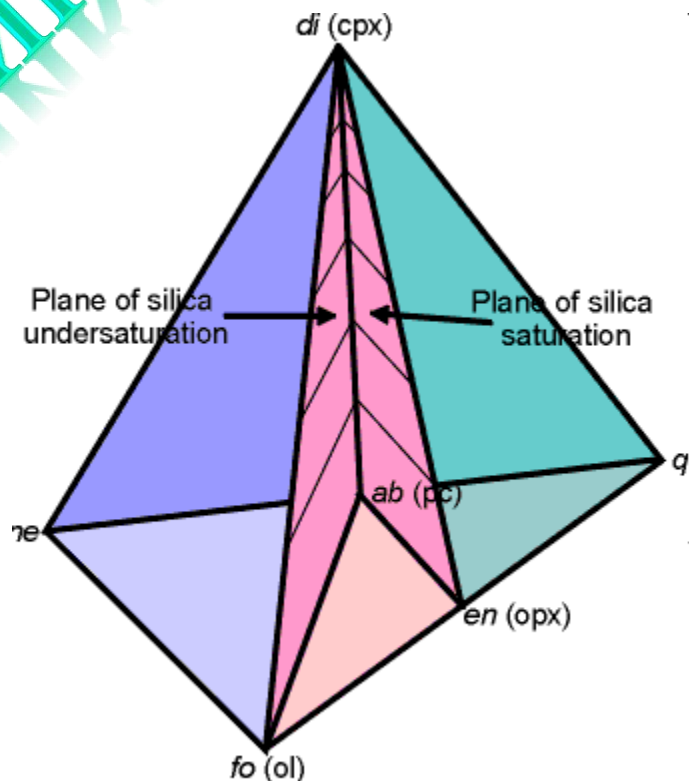
Некоторые случаи являются спорными, например Исландия является островом на срединно-океаническом хребте. При этом, исландские базальты несут в себе геохимические черты и магматизма срединно-океанических хребтов, и океанических островов. Особенно много спорных случаев при классификации древних базальтов, 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:



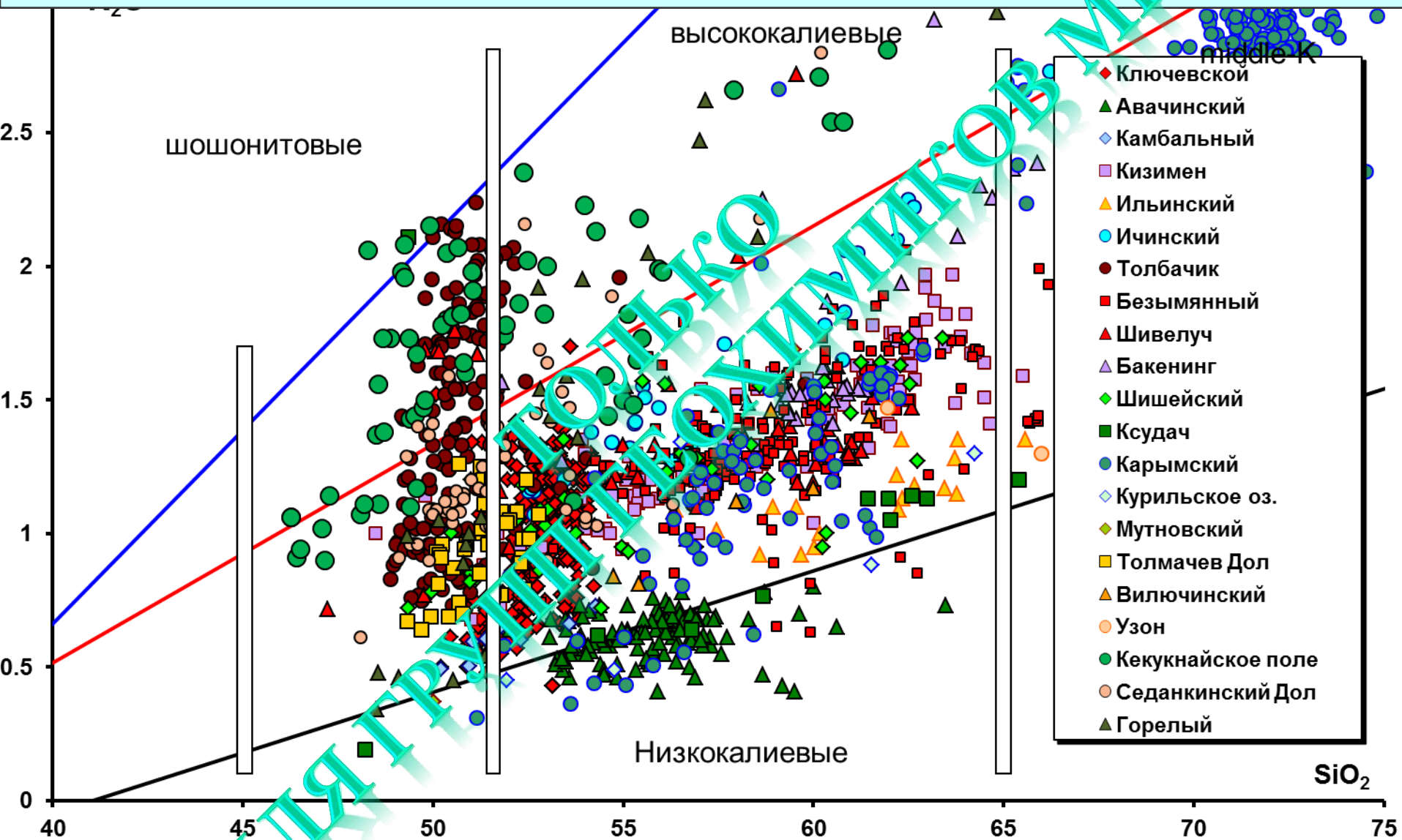
- кварц-нормативные (содержащие избыток кремнезема.) Толеит – порода с кварц-полевошпатовыми сростаниями в базальтах.
- нефелин-нормативные (недостаток кремнезема) базальты = щелочные оливиновые базальты.
- гиперстен-нормативные (при отсутствии нормативных кварца или нефелина)



Basalt Tetrahedron

Петрохимическая классификация

Классификация серий по содержанию калия



Вулканические серии Камчатки по Плечов, 2008.

Типовые петрохимические характеристики, применяющиеся для
классификации базальтов

$$A = Al_2O_3 + CaO + Na_2O + K_2O$$

$$S = SiO_2 - (Fe_2O_3 + FeO + MgO + MnO + TiO_2)$$

Характеристика

Значения

$$f' = FeO + Fe_2O_3 + MgO + TiO_2$$

Фемичность

< 6 лейкократовые
16-21 мезократовые
21-23 меланократовые

$$al' = Al_2O_3 / (Fe_2O_3 + FeO + MgO) \text{ (вес. \%)}$$

коэффициент глиноземистости

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

$$Na_2O / K_2O \text{ (вес. \%)}$$

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

Петрохимическая классификация

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

Базальты

Геохимия

MORB
IAB
OIB
BABV
LIPV

Нефелин-нормативные
Гиперстен-нормативные
Кварц-нормативные

Низко-калиевые
Умеренно-калиевые
Высоко-калиевые

Щелочные
Известково-щелочные
Щелочно-известковые
Известковые

Лейкократовые
Мезократовые
Меланократовые

Высокоглиноземистые
Высокомагнезиальные
Высокотитанистые

Гладобазальт
Вариолит
Тахилит
Толейт
Долерит
Базальты
гиперстенные
двупироксеновые
оливиновые
плагиофировые
коматиитовые

Кайнотипные
Палеотипные

Петрохимия

Петрография

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

Для каждого семейства можно применить более дробную классификацию

Роль плагиоклаза уменьшается

