

# ПЕТРОЛОГИЯ, часть 2. Магматизм

## Лекция 5. Главные семейства интрузивных горных пород

Классификация plutonic горных пород по минеральному составу. Связь минерального состава и химизма пород. Принципы использования тройных диаграмм для классификации интрузивных горных пород. Главные семейства plutonic горных пород (гранитоиды, диориты, сиениты, габброиды, аплотезиты, пироксениты, перидотиты). Главные семейства plutonic пород щелочного ряда (семейство уртит-жукирангит, мельтэлиты, нефелиновые сиениты, лейцитовые породы).

каф.петрологии

Геологический факультет МГУ

2014

# 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.

# Базовые определения

Магматическими горными породами являются горные породы, сформировавшиеся путем застывания магмы или лавы.

Лекция 6. Магматические горные породы: основные типы, классификация, свойства

## Плутонические (интрузивные) г.п.

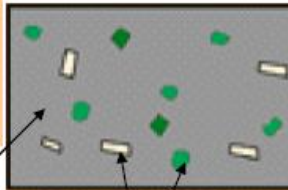
образуются при кристаллизации магмы в глубинных условиях. Медленное остывание способствует росту минералов. Поэтому породы этого типа - полнокристаллические.



кристаллы  
Р1, Р2, С1

## Вулканические (эффузивные) породы

возникают в результате заковки или быстрой кристаллизации расплава на земной поверхности или в непосредственной близости от нее. Породы состоят из вкрапленников (0-50%) породообразующих минералов и основной массы, сложенной микрокристаллами и аморфным **вулканическим стеклом** (затвердевшим расплавом).



стекло+микро-  
кристаллы

вкрапленники

габбро - плутонический аналог базальта

Из лекций А.Л. Перчука (лекция 6)

# Базовые определения

Горными породами (Г.Розенбуш) называют геологически самостоятельные части земной коры более или менее постоянного химического и минерального состава.

- 1) в своем обособлении от окружающих ее масс она должна ясно показывать, что своим происхождением обязана своему особому геологическому процессу;
- 2) ее вещественный состав не может быть непосредственно выведен из окружающих масс;
- 3) природа образующих ее веществ (минералогический состав), способ их сочетания между собой (структура) и занимаемое пространство (геологическая форма нахождения) должны находиться в причинной зависимости от того геологического процесса, которому эта часть коры обязана своим происхождением.

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

# МАГМАТИЧЕСКИЕ горные породы

по условиям формирования

## плутонические

## вулканические

по механизму внедрения

по характеру извержения

интрузивные  
(аллохтонные)

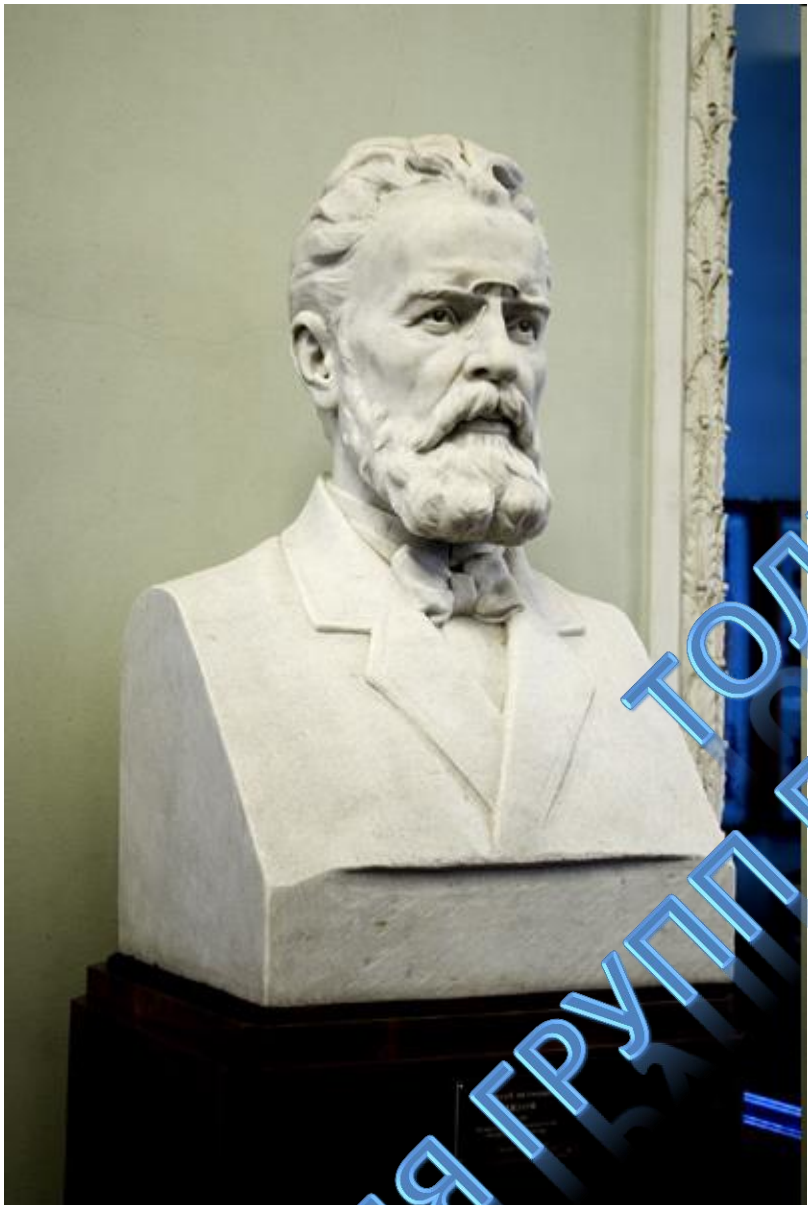
автохтонные

эффузивные

пирокластические  
породы\*

\* Литифицированные выбросы обломочного материала - вулканических бомб, пепла, фрагментов пород, кристаллов, вулканического стекла и др.





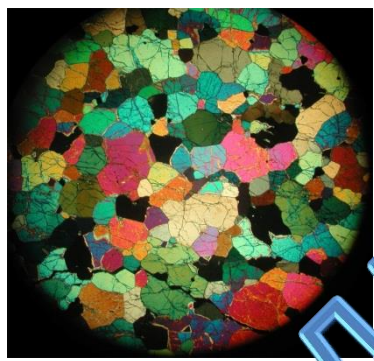
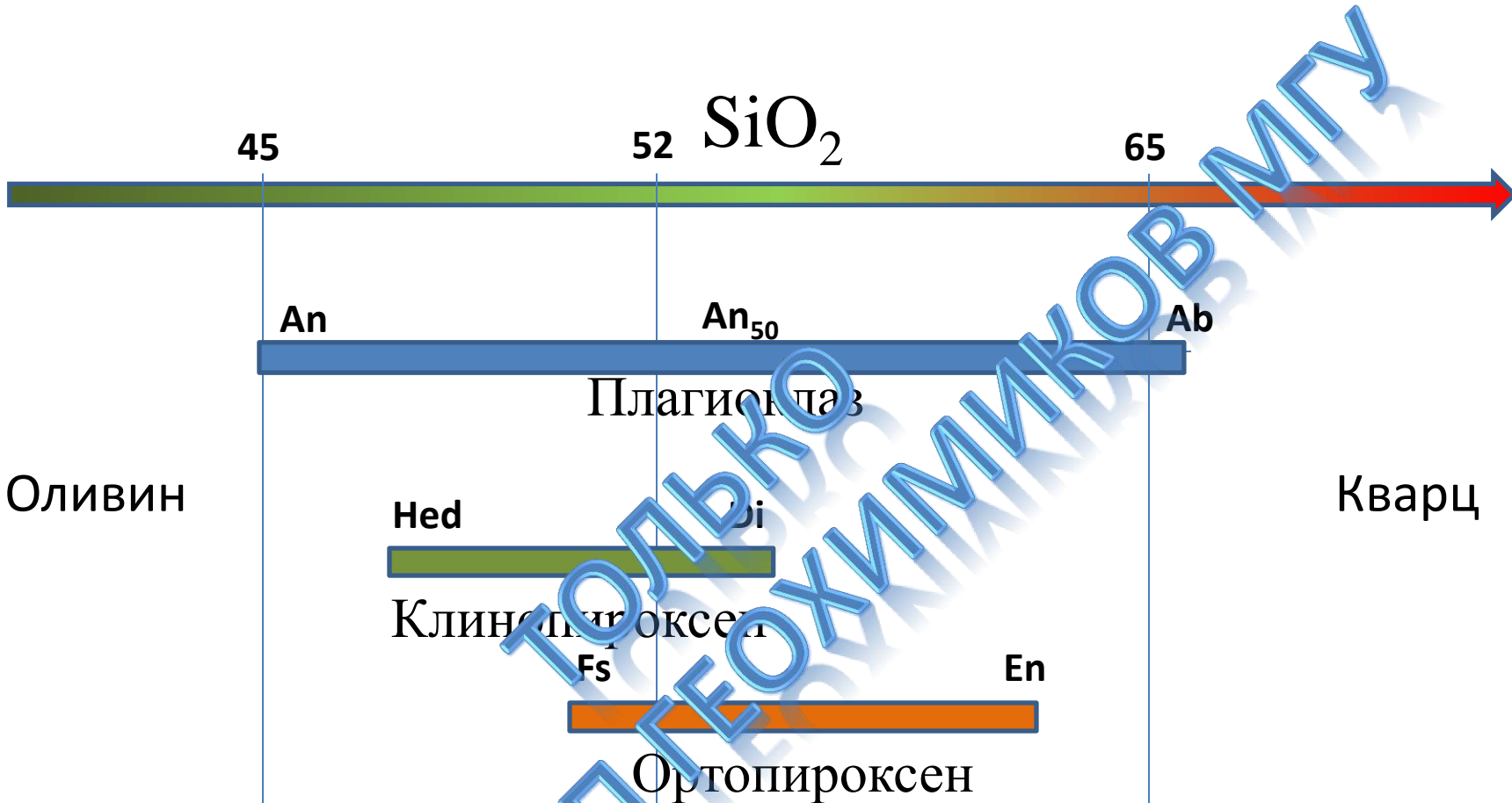
Алексей Петрович Павлов  
(1854-1929)

Разделение магматических пород по химизму пород нормальной щелочности:

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

# Главные минералы магматических горных пород

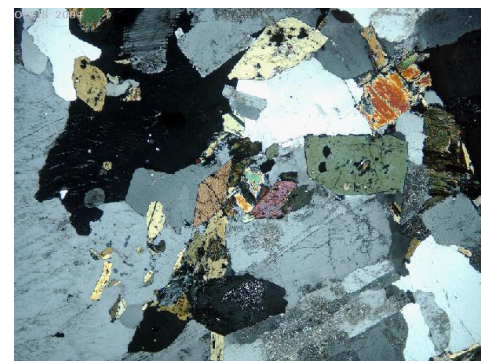
	SiO <sub>2</sub> мин.	Мас. %	SiO <sub>2</sub> макс.
Плагиоклаз	44		68
Оливин	29,75		42
Ортопироксен	50		60
Клинопироксен	48		56
Кварц	96		100
Биотит	33		42
Амфибол	39		52
Калиевый полевой шпат	64		65
Лейцит	54		56
Нефелин-калцилит	38		46
Содалит	32		36



*Перидотит*



*Габброид*



*Семейство диоритов*

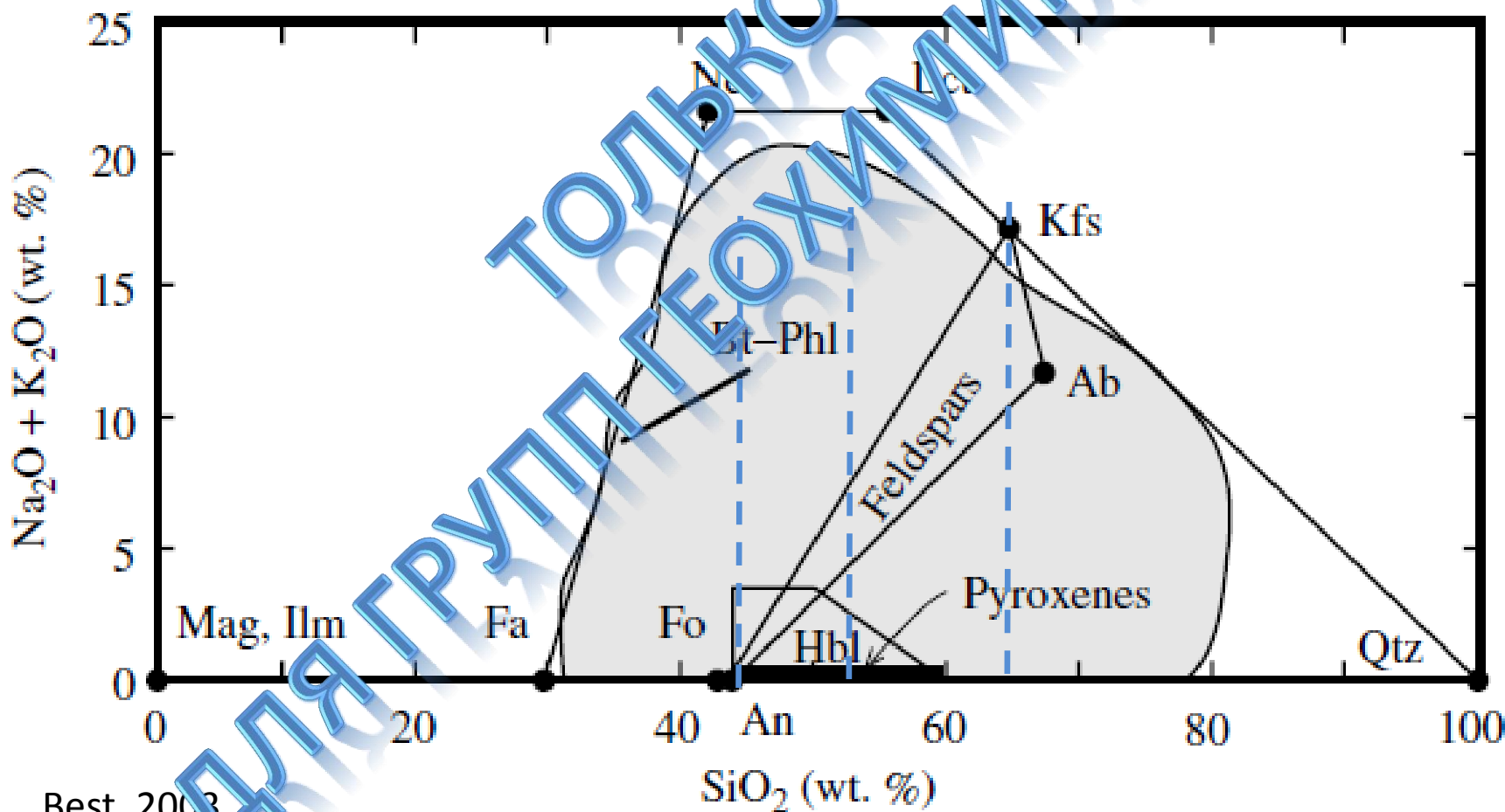


*Гранитоид*



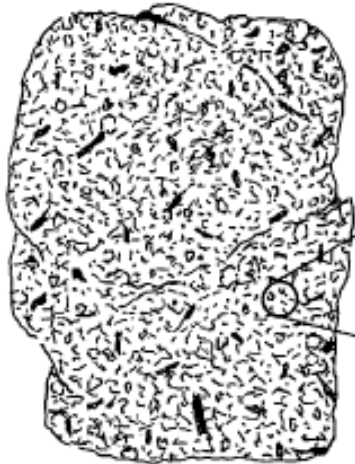
# Состав породы

Состав плутонических пород определяется конечным набором породообразующих минералов



# Состав породы

## Химический



## Минеральный



## Моодальный

	06.%
Биотит	13.7
Кварц	15.9
К-На п.ш.	70.4
<b>Total</b>	<b>100.0</b>

	Wt. %		Wt. %	
SiO <sub>2</sub>	65.71	37.17	99.82	64.50
TiO <sub>2</sub>	0.51	3.14	0.05	0.00
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	16.16	14.60	0.06	20.25
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.92	3.75	0.03	0.47
FeO	4.30	26.85	0.01	0.00
MgO	0.68	0.23	0.00	0.00
CaO	0.36	0.17	0.00	0.48
Na <sub>2</sub> O	3.25	0.15	0.00	4.72
K <sub>2</sub> O	7.87	8.25	0.01	9.60
H <sub>2</sub> O	0.41	1.35	0.02	0.28
<b>Total</b>	<b>100.17</b>	<b>99.66</b>	<b>100.00</b>	<b>100.30</b>

БИОТИТ

Кварц

К-На п.ш.

$$C_{bulk} = \sum C_i x_i$$

$$65.71 = 37.17 \cdot x_{Bi} + 99.82 \cdot x_Q + 64.5 \cdot x_{Fsp}$$

$$4.30 = 26.85 \cdot x_{Bi}$$

$$7.87 = 8.25 \cdot x_{Bi} + 9.6 \cdot x_{Fsp}$$

# Массовые и объемные проценты

	мас. %	$\rho$ , г/см <sup>3</sup>	Об. %
Биотит	16.0	3.1	13.6
Кварц	15.8	2.65	15.7
К-На п.ш.	68.2	2.55	70.6

$$\rho = \frac{m}{V}$$

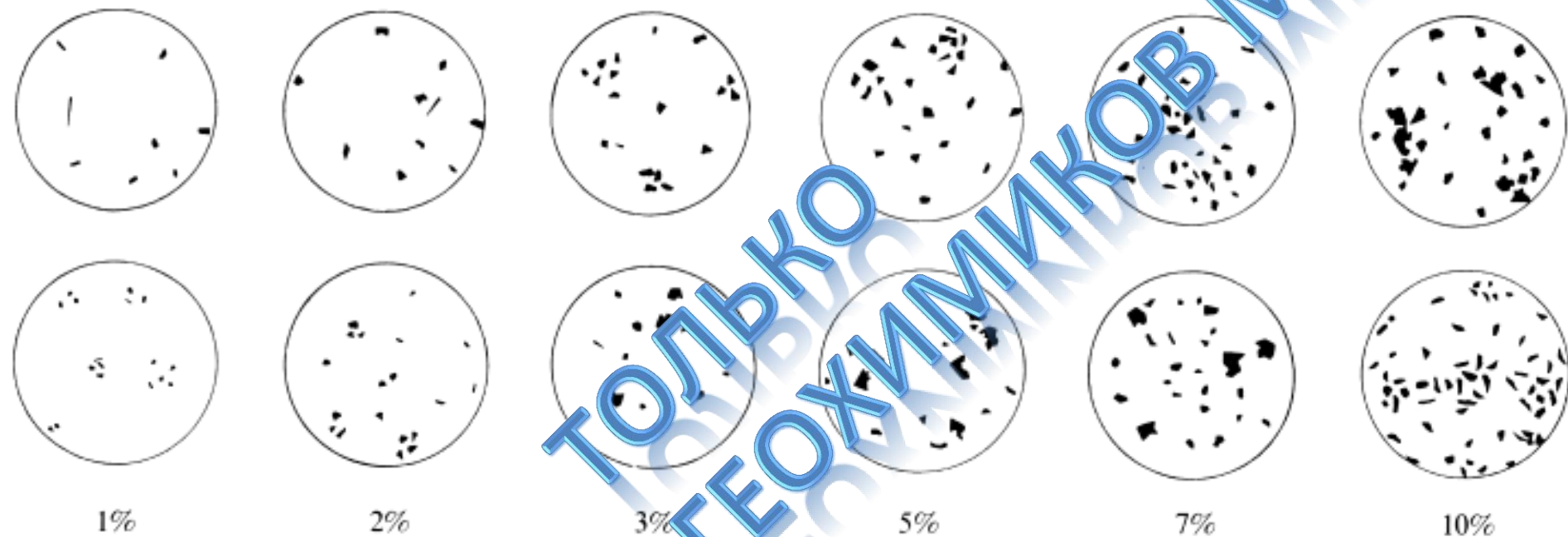


	Об. %
Биотит	13.7
Кварц	15.9
К-На п.ш.	70.4
Total	100.0

# Способы определения модального состава

- Механическое разделение минералов (обычно, в тяжелых жидкостях)
- Рентгенофазовый анализ
- Визуальная оценка количества минерала в шлифах
- Различные методы Point Counting
- Компьютерные методы выделения объектов на изображениях

# Визуальное определение модального состава



Для определения количества хорошо различимого в шлифе минерала достаточно понять, больше его или меньше, чем на картинке

Этот способ удобен для определения количества непрозрачных минералов, которых меньше 10 %

# Визуальное определение модального состава

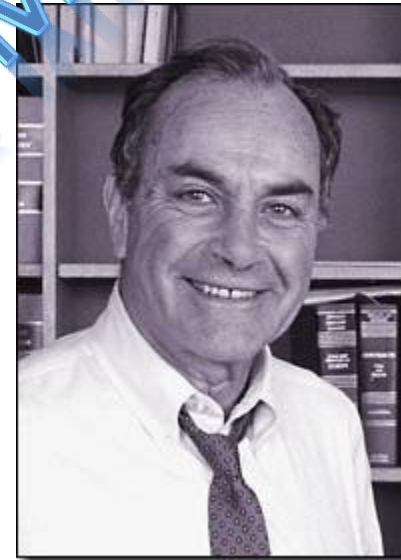


При содержании минерала  $> 10\%$  визуальный метод может приводить к большим ошибкам

# Количественная петрография



В 1921 г. изобрел интеграционный столик (сумма интегратор) и разработал методы количественной оценки минерального состава



Felix Chayes

Глаголев  
Андрей Александрович  
1894 - 1969

Минимальный шаг - 1.5 среднего размера зерна  
Рекомендованное количество замеров – 300-500

ТОЛЬКО ДЛЯ ГРУПП ГЕОХИМИКОВ В МГУ

# A CHART FOR JUDGING THE RELIABILITY OF POINT COUNTING RESULTS

L. VAN DER PLAS\* and A. C. TOBI\*\*

$$\sigma = \sqrt{\frac{p(100 - p)}{n}}$$

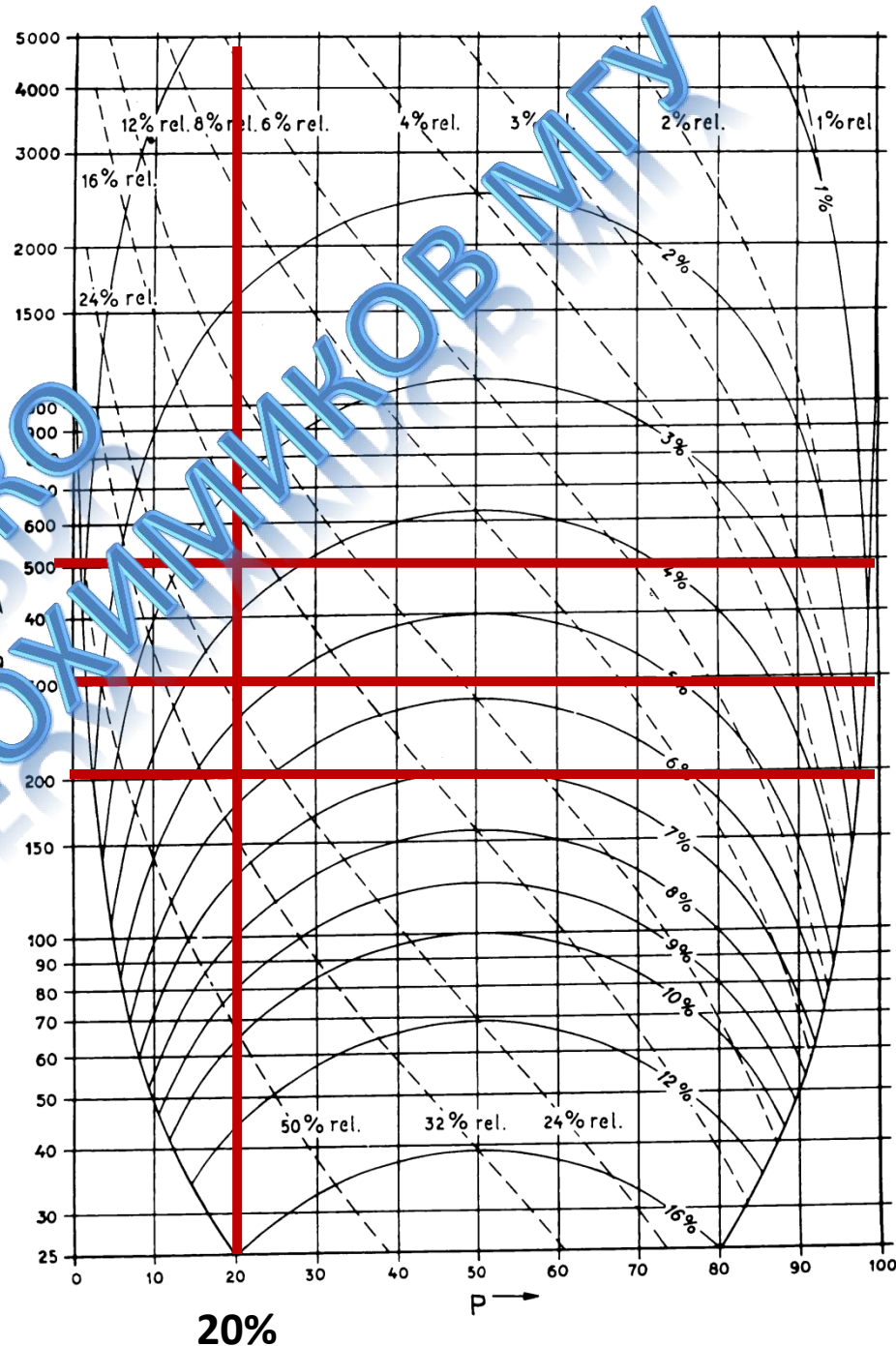
p – содержание минерала % об.

n – количество замеров

200 замеров –  $20 \pm 5.5\%$

300 замеров –  $20 \pm 4.5\%$

500 замеров –  $20 \pm 3.5\%$





Edited by R. W. Le Maitre

2002

# Igneous Rocks

A Classification and Glossary of Terms

2ND EDITION

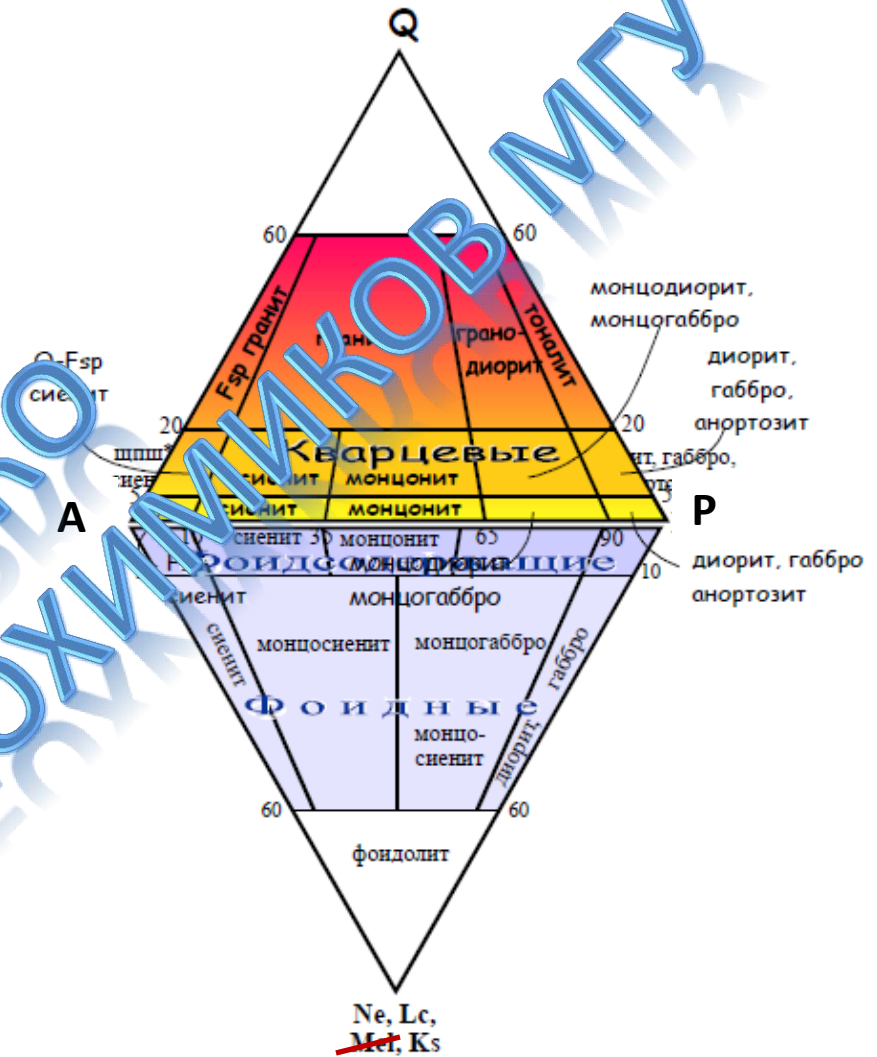
Recommendations of the International Union of Geological Sciences Subcommission on the Systematics of Igneous Rocks



CAMBRIDGE

CAMBRIDGE

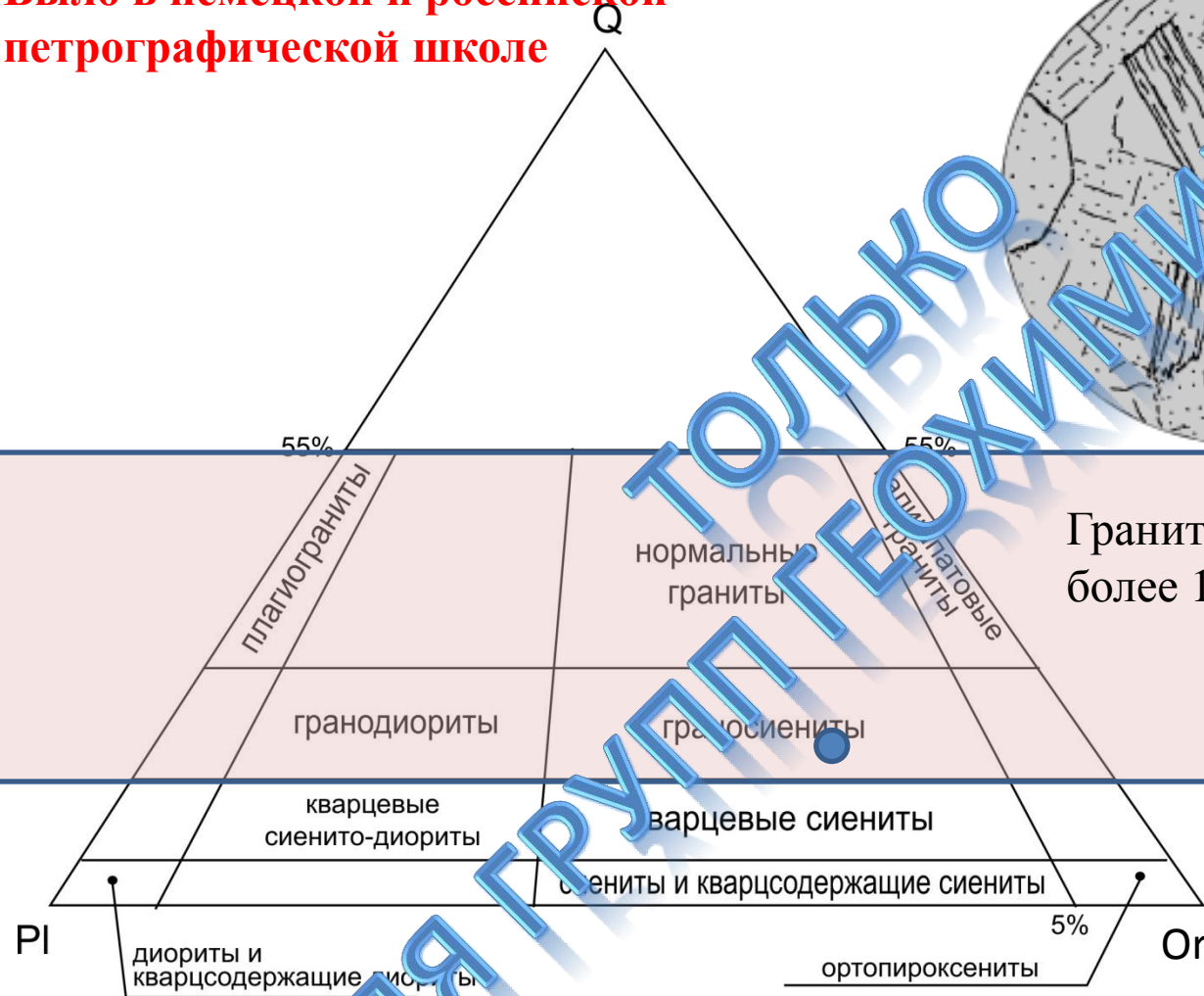
Information - www.cambridge.org/9780521662154



Семейство горных пород это совокупность горных пород и/или их разновидностей, объединенных по одному или нескольким удобным классификационным признакам

# Наиболее распространенные семейства

Было в немецкой и российской петрографической школе



	Об.%
Биотит	13.7
Кварц	15.9
К-Na п.ш.	70.4
<b>Total</b>	<b>100.0</b>

Гранитоиды – породы, в которых более 15% и менее 55% кварца

$$\Sigma = 15.9 + 70.4 = 86.3$$

$$Q (\%) = 100 * 15.9 / 86.3$$

$$Q = 18.4 \%$$

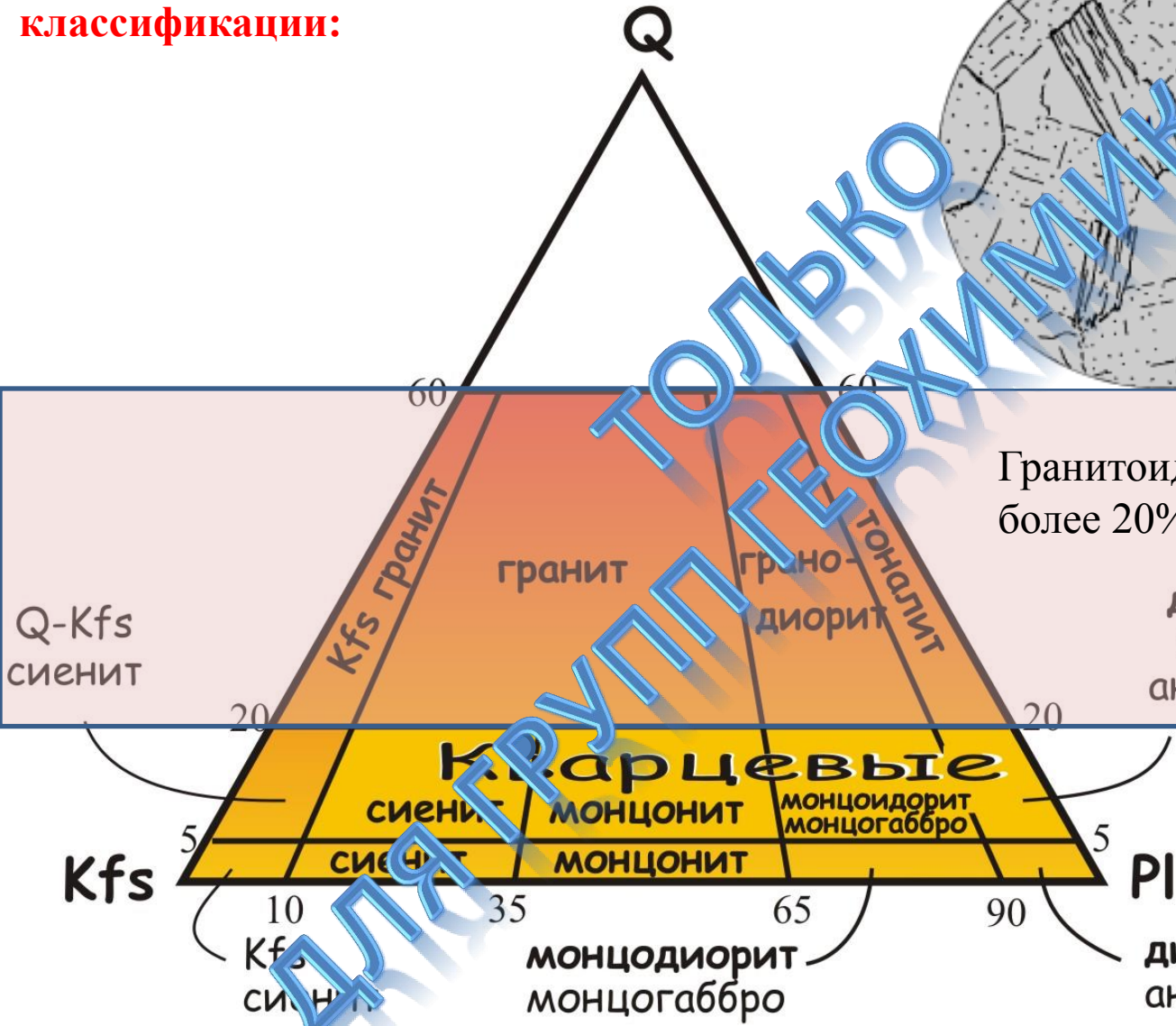
$$Or/Pl = 9.6 / 4.72 \approx 2$$

Кварц-полевошпатовые породы

ТОЛЬКО ДЛЯ ГРУПП ГЕОХИМИКОВ МГУ

# Наиболее распространенные семейства

Стало по новой международной классификации:



	06.%
Биотит	13.7
Кварц	15.9
К-На п.ш.	70.4
<b>Total</b>	<b>100.0</b>

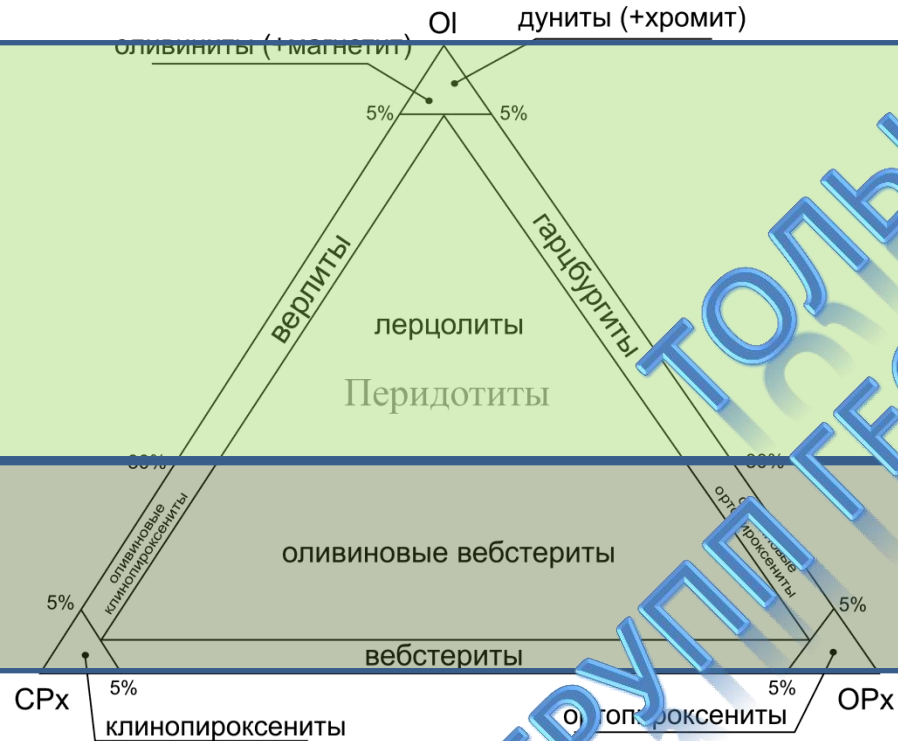
Гранитоиды – породы, в которых более 20% и менее 60% кварца

диорит, габбро, анортозит

диорит, габбро, анортозит

# Наиболее распространенные семейства

Было в немецкой и российской петрографической школе



Перидотиты – породы, в которых более 30% оливина и менее 15% плагиоклаза

Пироксениты – породы, в которых более 70% пироксенов и менее 15% плагиоклаза

Ультрамафиты

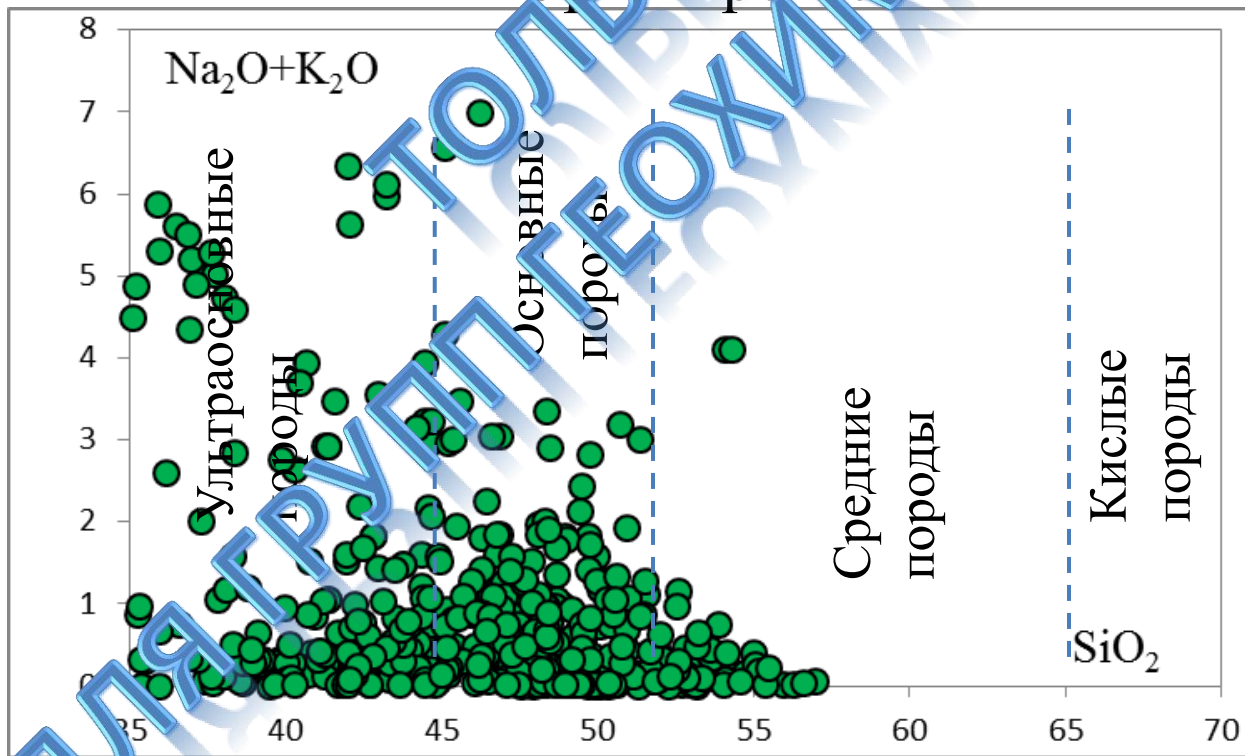
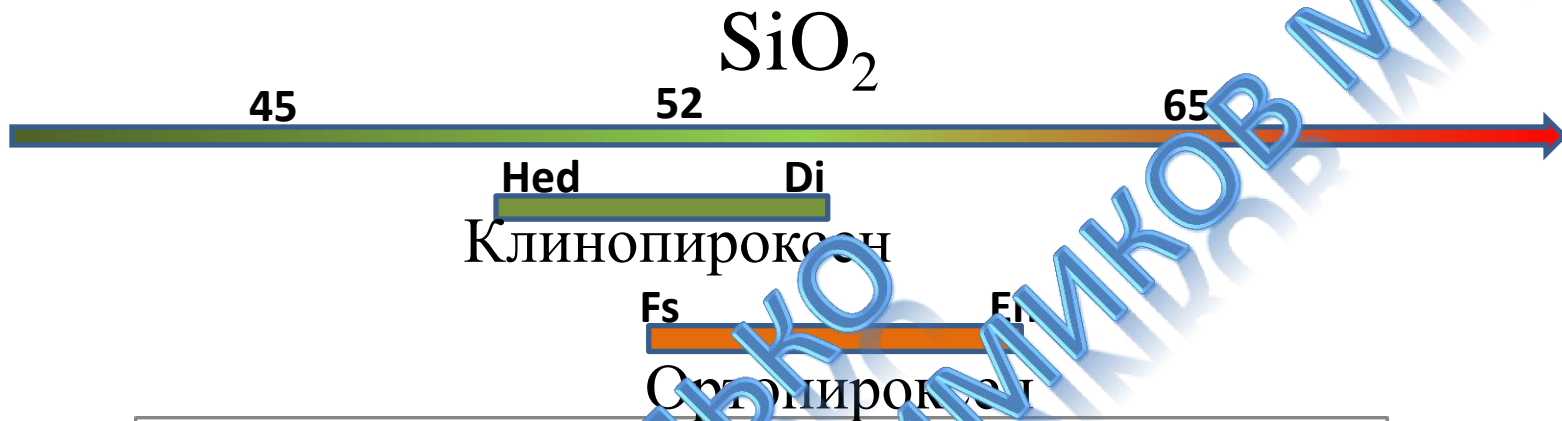
ТОЛЬКО ДЛЯ ГРУППЫ ГЕОХИМИКОВ В МГУ

# Наиболее распространенные семейства

Стало по новой международной классификации:



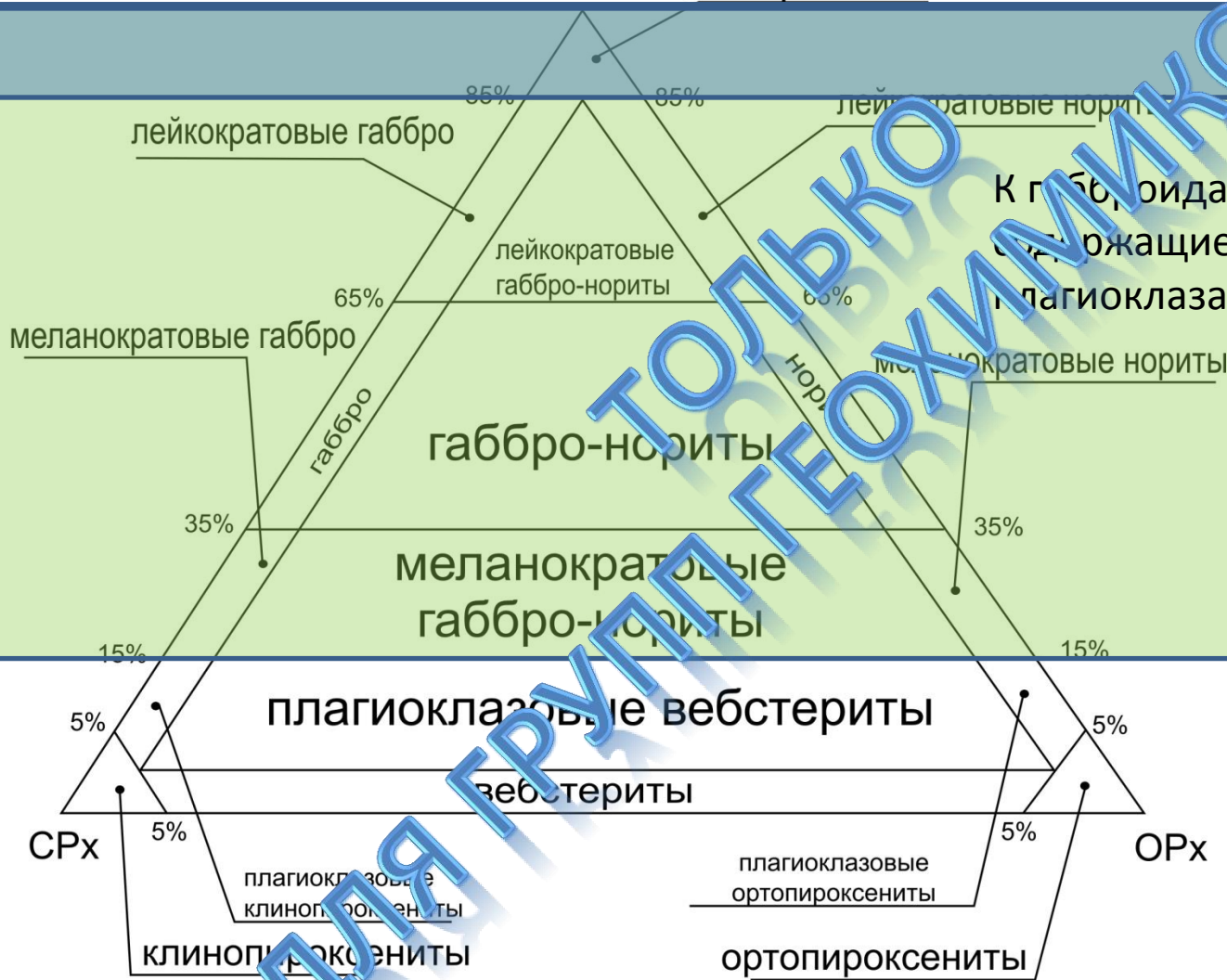
# Семейство пироксенитов



# Габброиды

Было в немецкой и российской  
петрографической школе

$PI > 50$  анортозиты

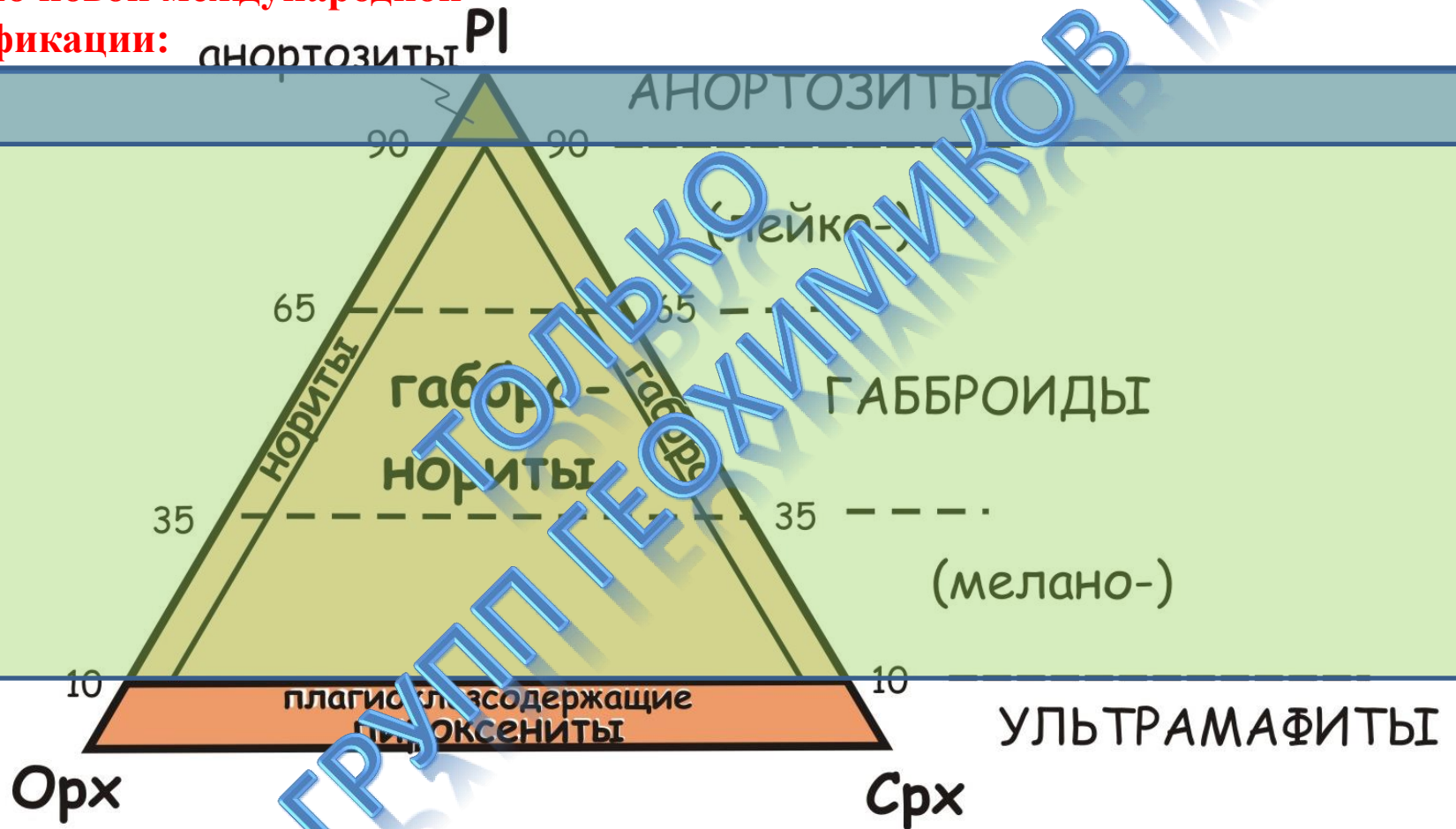


К габброидам относятся породы,  
содержащие не менее 15% основного  
плагиоклаза

ТОЛЬКО  
ГЕОХИМИКОВ  
МГУ  
ДЛЯ

# Габброиды

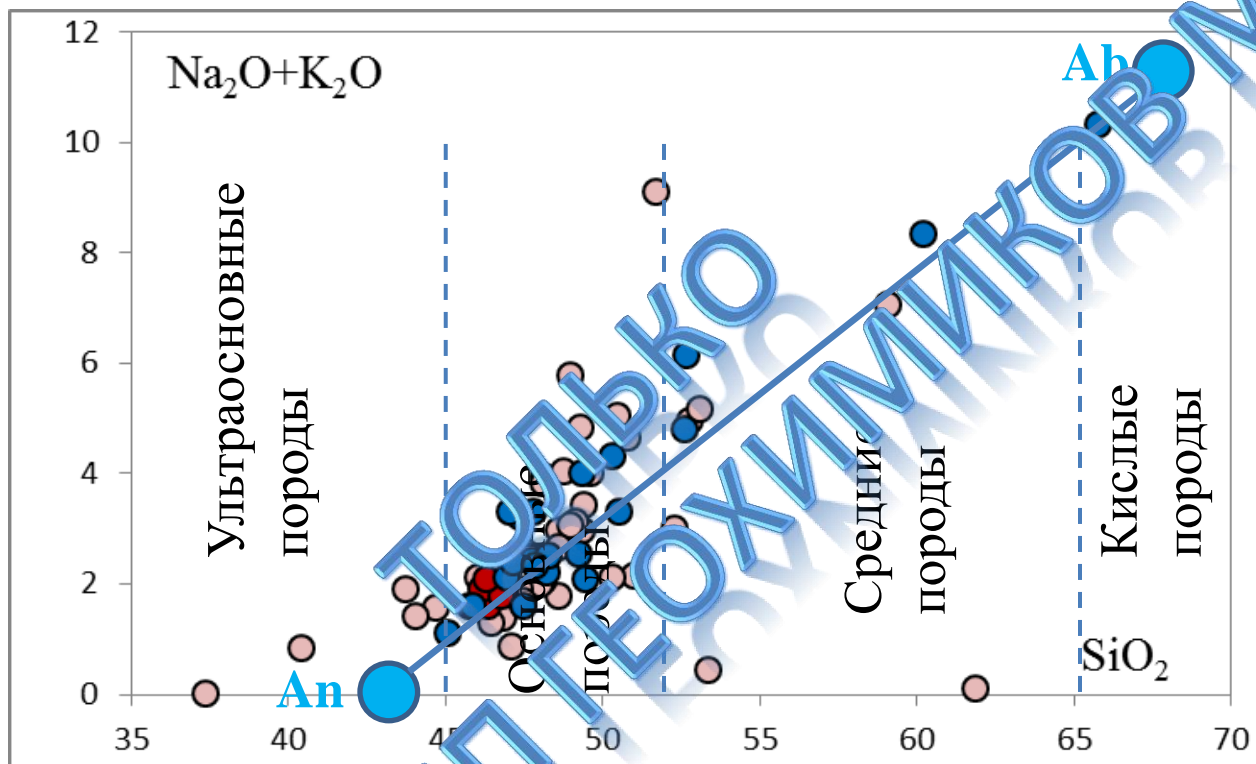
Стало по новой международной классификации:



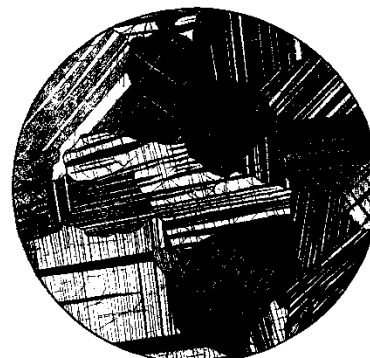
К габброидам относятся породы, содержащие не менее 10% основного плагиоклаза



# Семейство анортозитов



База данных GeoRos (сентябрь 2013)



# Правила треугольников



Можно использовать треугольник, если сумма минералов в вершинах треугольника больше 75%

Все треугольники можно найти на сайте каф. петрологии (материалы к лекции 6)

ультрамафиты

Если минерала больше 15%, он должен быть в вершине треугольника. Исключение составляют биотит и роговая обманка для пород среднего состава – диоритов, сиенитов и др.

# Породообразующие минералы

Первичные

Вторичные

**Породообразующим** называется минерал, которого в породе  $> 5\%$

Главным породообразующим (**главным**)

в международной классификации IUGS

*de facto* называется **первичный** минерал, которого в породе  $> 10\%$

## Правило 5-15 сменяется на 5-10

Все породообразующие минералы должны быть отражены в названии

+ Если вторичного минерала, например хлорита,  $>5\%$  то к названию породы добавляют «хлоритизированный»

+ Если первичного минерала, например ортопироксена в диорите, 5-15 процентов, то к названию породы **добавляется** «ортопироксеновый»

+ Если первичного минерала в породе  $>15\%$ , ищут соответствующий треугольник

# Второстепенные и акцессорные минералы

**Второстепенным** называется минерал, которого в породе  $< 5\%$

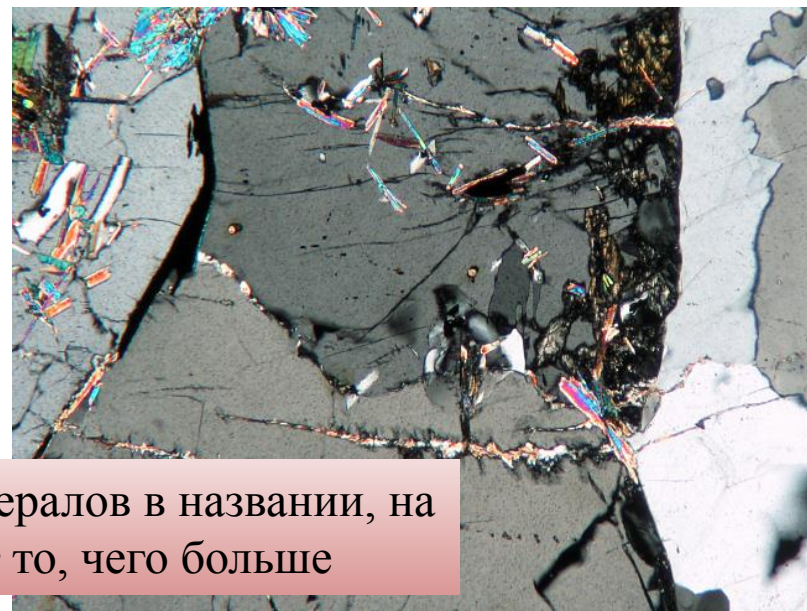
**Акцессорным** называется минерал, который имеет экономическое значение при значительном содержании в породе. Обычно акцессорного минерала  $<< 5\%$ .

Если его в породе  $> 5\%$ , то эта порода становится рудой. Примеры: циркон, монацит, апатит, ильменит и т.д.

При повышенном содержании или необычном распределении второстепенных и акцессорных минералов, к названию породы добавляют модификатор:  $\langle \text{минерал} \rangle$ -содержащий

Титанит-биотит-содержащий сиенит

кордиерит-содержащий гранит



При перечислении минералов в названии, на последнее место ставят то, чего больше

# Пример классификации породы

## Шаг 1. Определяем семейство и базовое название



	06.%
Биотит	13.7
Кварц	15.9
К-Na п.ш.	70.4
<b>Total</b>	<b>100.0</b>

Была в немецкой и российской петрографической школе



Кварца > 15% - это гранитоид

$$Q = 100 * \frac{15.9}{70.4 + 15.9} = 18.4 \text{ об. \%}$$

В К-Na п.ш. отношение  
K/Na – 2:1

Кварц-полевошпатовые породы

# Пример классификации породы

Шаг 1. Определяем семейство и базовое название



	Об.%
Биотит	13.7
Кварц	15.9
К-На п.ш.	70.4
Total	100.0

Стало основой международной классификации:



Кварца <20% - это не гранитоид

$$Q = 100 * \frac{15.9}{70.4 + 15.9} = 18.4 \text{ об. \%}$$

В К-На п.ш. отношение К/Na – 2:1

Базовое название – кварцевый сиенит

# Пример классификации породы

## Шаг 2. Формируем полное название породы

Породообразующие минералы:

Кварц

К-Na п.ш.

Биотит > 5%

Граносиенит (классич. школа)

или

кварцевый сиенит (IUGS)

биотитовый граносиенит или

биотитовый кварцевый сиенит

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

Детальность названия породы определяется

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