

# ПЕТРОГРАФИЯ

## Лекция 1.

. ПЕТРОГРАФИЯ И ЕЕ ПОЛОЖЕНИЕ СРЕДИ  
ДРУГИХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ НАУК



- **Петрография** [греч. *петра* - скала, камень, *графо* - пишу] - это наука о горных породах, слагающих в земной коре тела, различные по форме и размерам. Предметом петрографии является всестороннее изучение эндогенных горных пород: их химического и минерального состава, условий залегания, времени (возраста) формирования, генезиса, принадлежности к той или иной фации, формации, комплексу или ассоциации.
- Как наука, петрография выделилась в самостоятельную геологическую дисциплину в 50-ые годы прошлого столетия, когда английский естествоиспытатель Г.К. Сорби (G.Sorby) использовал микроскоп для изучения породообразующих минералов в проходящем свете в тонких срезах горных пород, называемых *шлифами*. Он применял плоско- и циркулярно-поляризованный, параллельный и сходящийся (конический) свет. Им была также показана возможность изучения жидких включений в минералах для определения температуры их кристаллизации, что положило начало термометрии. Г.К.Сорби изучал травленную поверхность стали и железных метеоритов, а также закристаллизованную после плавления породу (сиенит). Им же был приспособлен спектроскоп к микроскопу для изучения окраски прозрачных минералов и драгоценных камней.
- Применение микроскопа позволило установить полный минеральный состав, структуру и текстуру горных пород, оптические свойства породообразующих и рудных минералов, их внутреннее строение. За прошедший период микроскоп был значительно усовершенствован и оснащен многими дополнительными приспособлениями

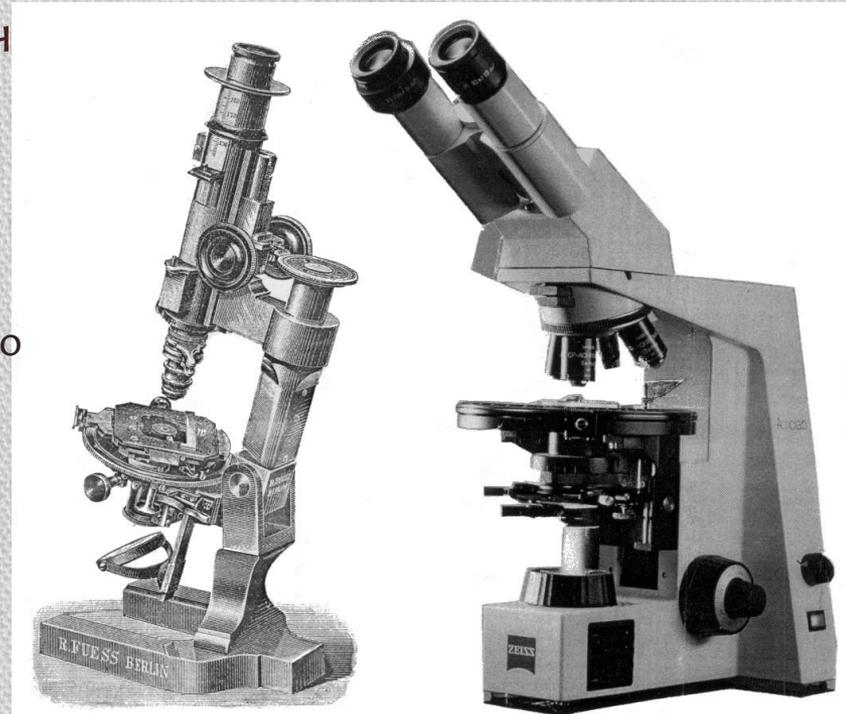
# История развития петрографии

- История развития петрографии условно разделяется на три периода:
- 1. Домикроскопический или геологический период.
- 2. Период описательной или физиографической петрографии.
- 3. Период аналитического направления в петрографии или петрологии.

**1. Домикроскопический или геологический период.** В этот период петрография как научное направление еще не обособилась, и входила в состав геологии. Для изучения горных пород применялись преимущественно натуралистические методы – лупа и паяльная лампа, определение твердости и удельного веса, а также содержание химич

Основоположником российской геологии, а также минералогии и петрографии является русский ученый М.В. Ломоносов. Им были высказаны идеи о длительности развития геологического времени, различном происхождении горных пород, связи вулканизма с горообразованием. В середине прошлого столетия уже были разработаны первые классификации горных пород (Coquand, 1857 и др.), которые в общих чертах сохранили свое значение до настоящего времени.

**Рис. Поляризационный микроскоп конца XIX века и современный поляризационный микроскоп фирмы “Zeiss”.**



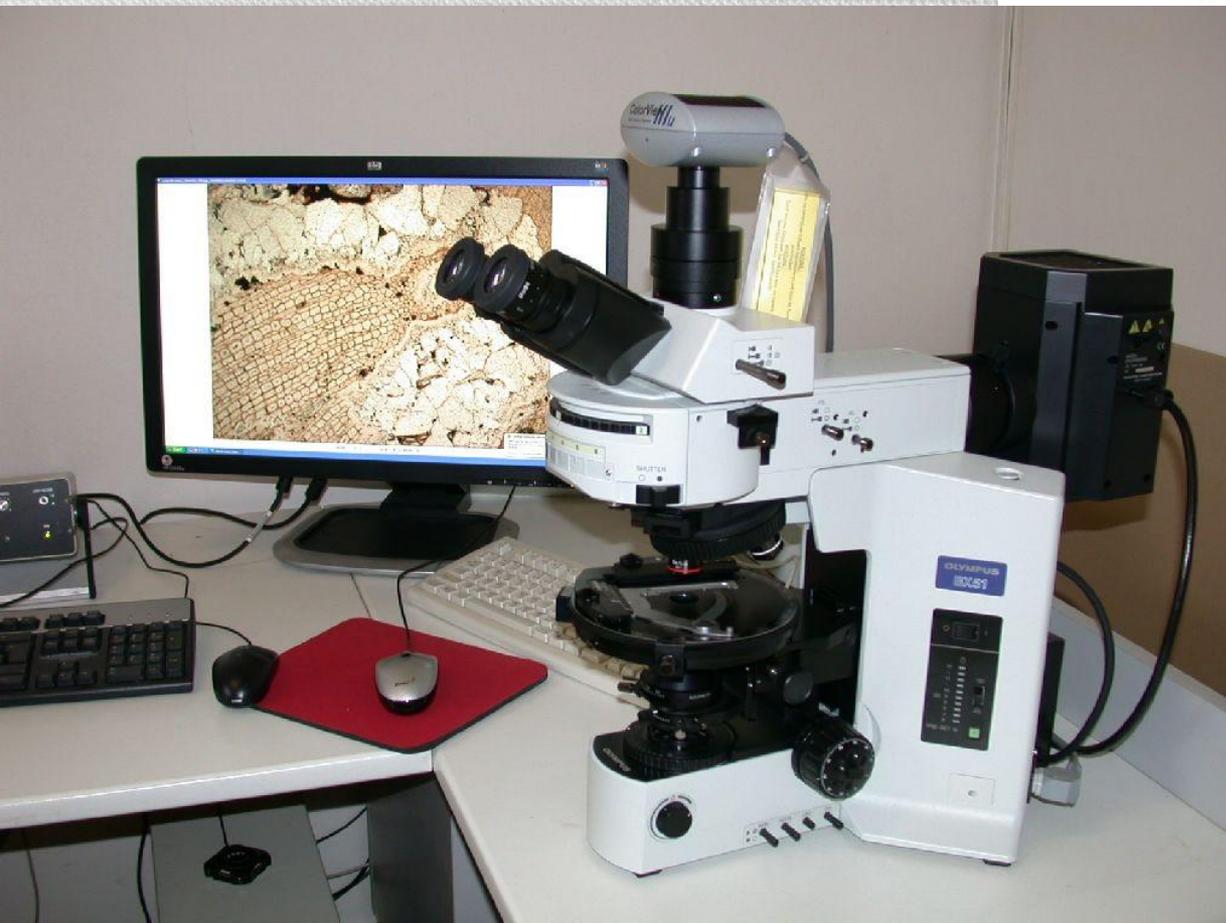
# Микроскоп Olympus BX51

Микроскоп Olympus BX51 идеально подходит для установки в центрах коллективного пользования, научно-исследовательских и диагностических лабораториях.



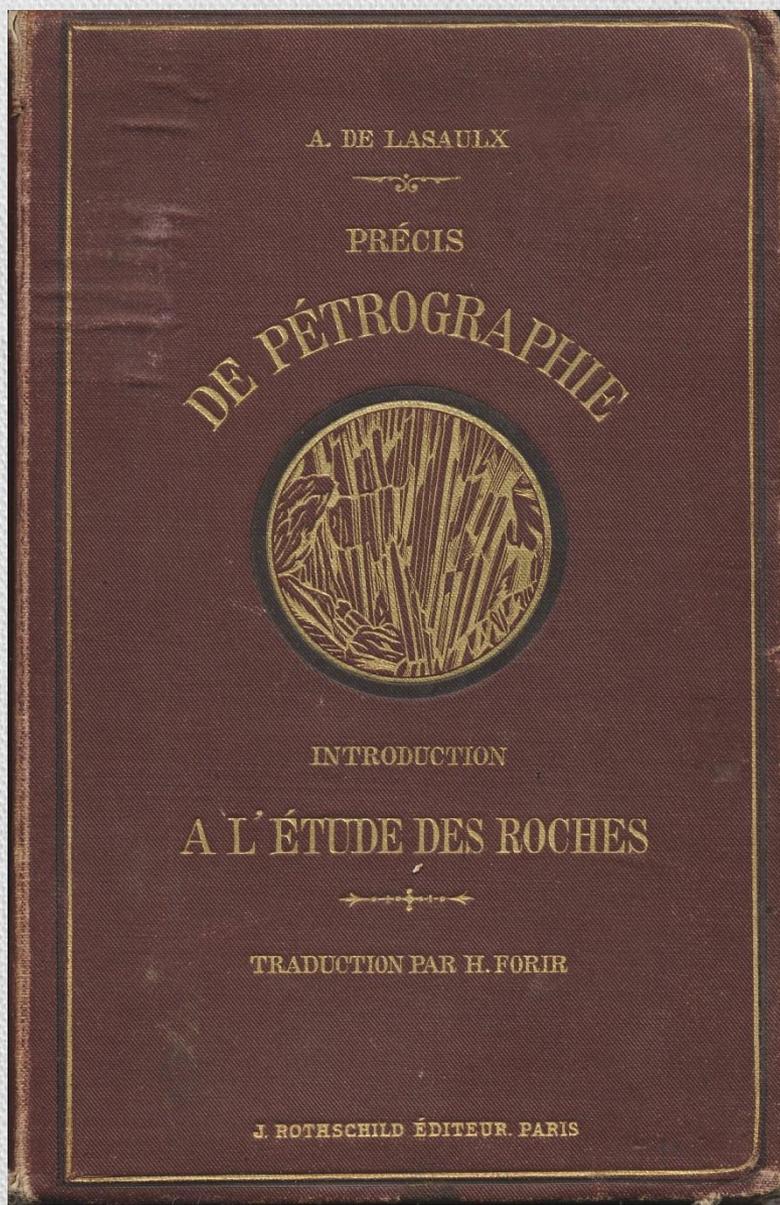
Этот универсальный исследовательский микроскоп предназначен для решения наукоемких задач, требующих нестандартных подходов и применения новейших достижений в оптической и электронно-механической индустрии.

Модульная компоновка микроскопа Olympus BX51 позволяет использовать значительный ассортимент вспомогательных устройств, расширяющих возможности микроскопического исследования. Благодаря универсальному креплению, на микроскоп могут быть установлены различные наблюдательные тубусы, мультипорты для видео- и фото-регистрации, разнообразные столики и препаратодатели, в том числе сканирующие, пьезоподвижки объективов, моторизованные шторки и турели и многое другое. Устойчивая запатентованная Y-образная рама микроскопа предотвращает вибрации и обеспечивает высокий уровень комфорта при работе.

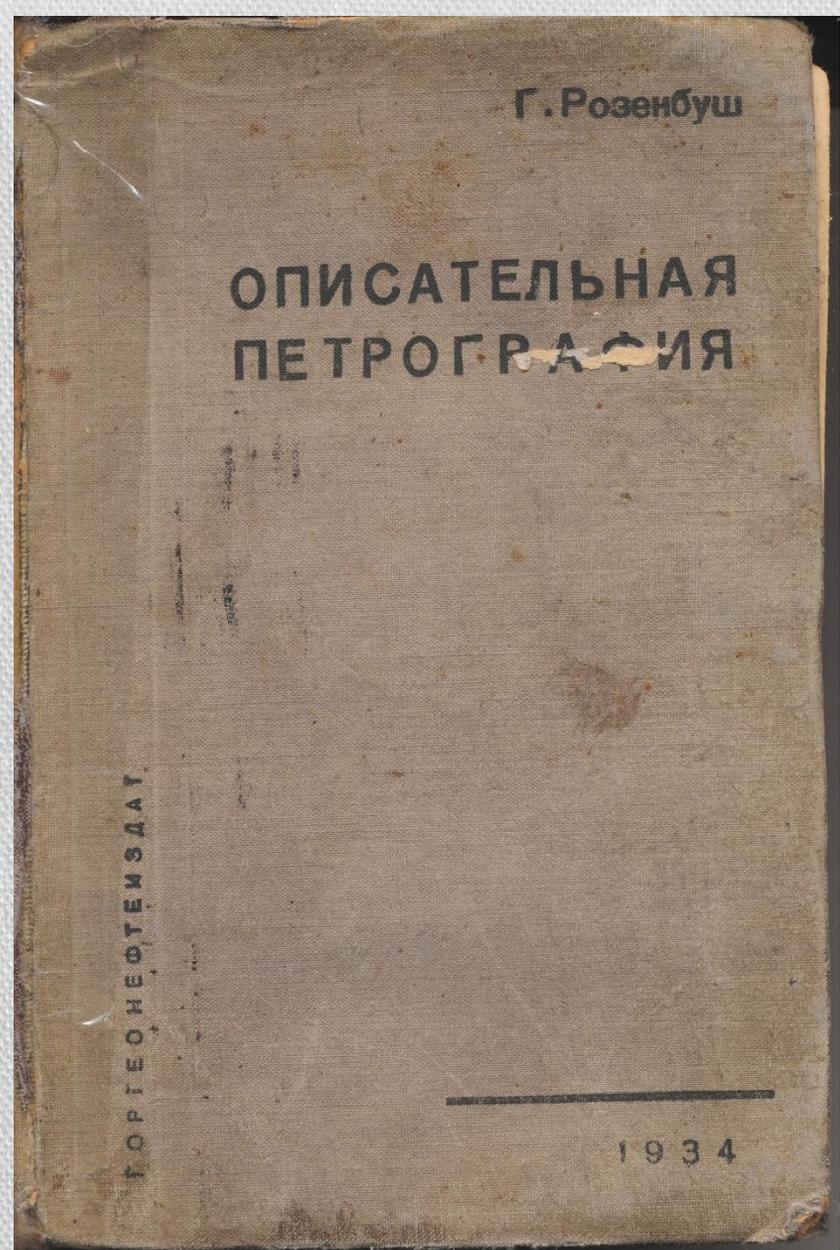


**2. Период описательной или физиографической петрографии** связан с введением в петрографию микроскопического метода исследований минералов и горных пород. Поляризационный микроскоп получил признание после выхода классической работы Ф.Циркеля (Zirkel, 1870) о составе и структуре базальтов, которая наглядно показала все преимущества микроскопического метода перед изучением с помощью лупы. В России первые учебники по петрографии были опубликованы А.П.Карпинским и И.В.Мушкетовым в 70-ые годы прошлого столетия. В эти же годы вышли капитальные труды в Германии Ф.Циркеля (Zirkel, 1873) и Х.Розенбуша (Rosenbusch, 1873, 1877), а во Франции Фуке и А.Мишель-Леви (1879).

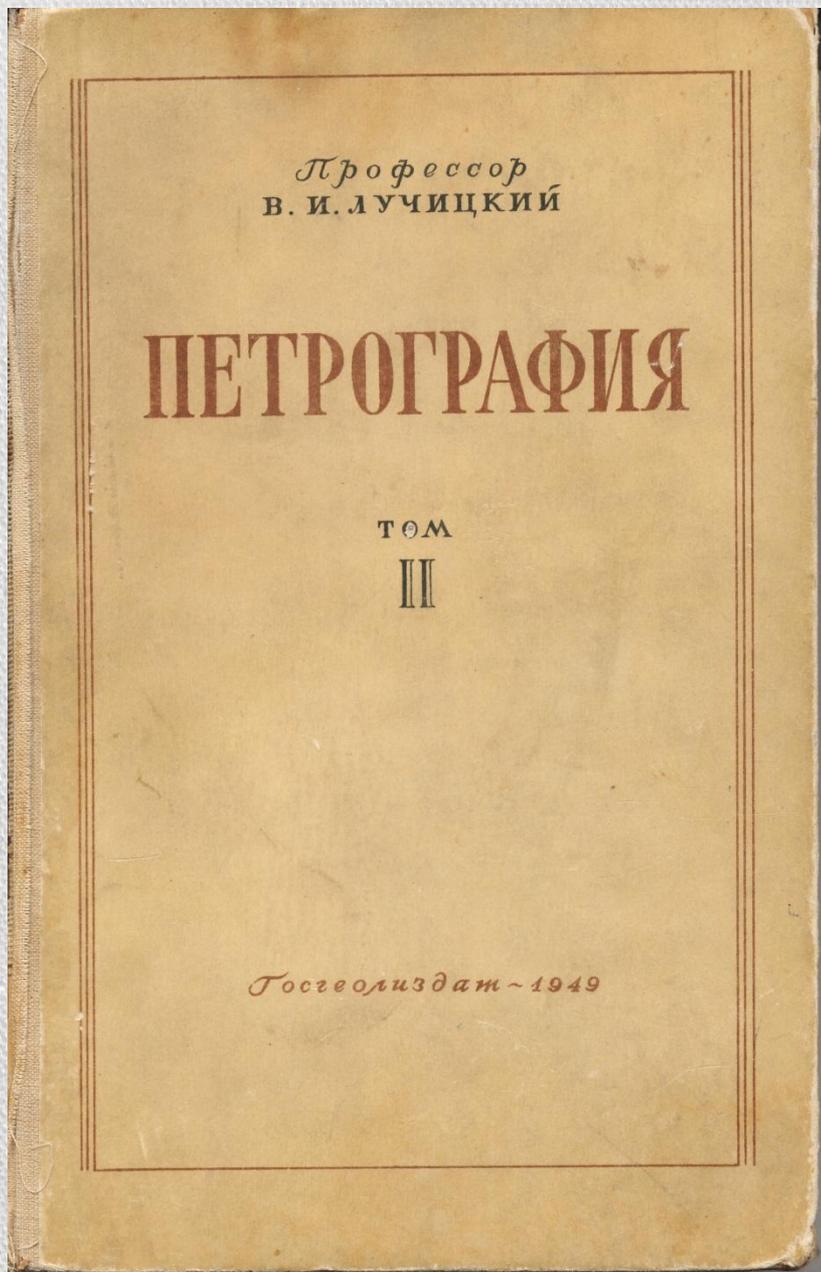
- В 90-ые годы прошлого столетия Е.С.Федоровым был разработан новый метод микроскопического исследования, названный в последующем “федоровским”, который позволяет определить химический состав породообразующих минералов на основе измерения точных кристаллооптических их констант.
- Практически к концу прошлого столетия была окончательно сформирована русская петрографическая школа, что связано с публикацией трудов и учебников А.П.Карпинского, Ф.Ю.Левинсон-Лессинга, А.А.Иностранцева, Е.С.Федорова и В.И.Вернадского.



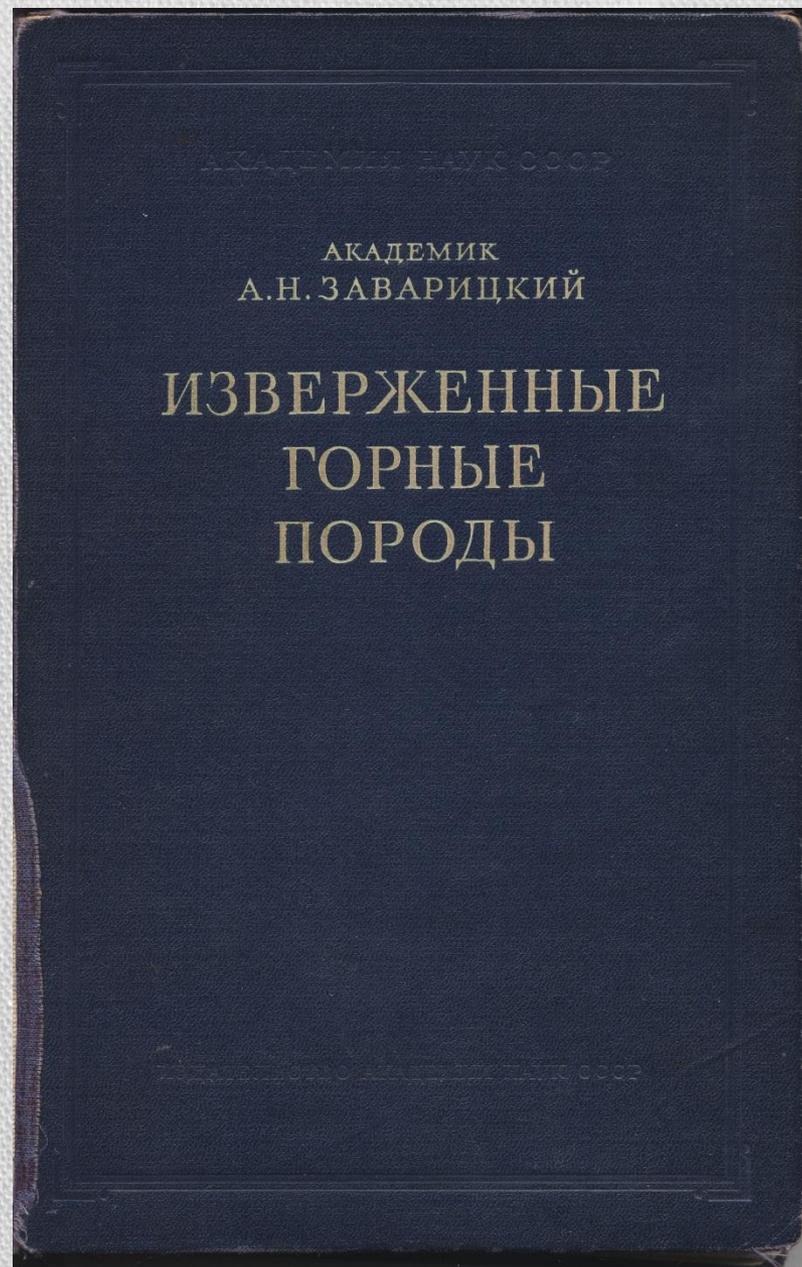
Французский учебник по  
петрографии  
1887 г



Учебник петрографии Г.  
Розенбуша  
1808 -1033 гг



Учебник В.И.Лучицкого  
1949 г



Учебник А.Н.Заварицкого  
1956 г.

552

П 305



ФЕДЕРАЛЬНАЯ ЦЕЛЕВАЯ ПРОГРАММА  
«ГОСУДАРСТВЕННАЯ ПОДДЕРЖКА  
ИНТЕГРАЦИИ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
И ФУНДАМЕНТАЛЬНОЙ НАУКИ НА 1997-2000 ГОДЫ»

А.А. МАРАКУШЕВ, А.В. БОБРОВ, Н.Н. ПЕРЦЕВ,  
А.Н. ФЕНОГЕНОВ

Петрология. I.

ОСНОВЫ КРИСТАЛЛООПТИКИ  
И ПОРОДООБРАЗУЮЩИЕ  
МИНЕРАЛЫ

Учебник МГУ- 2000 г

КЛАССИФИКАЦИЯ  
МАГМАТИЧЕСКИХ  
(ИЗВЕРЖЕННЫХ) ПОРОД  
И СЛОВАРЬ ТЕРМИНОВ



Рекомендации  
Подкомиссии  
по систематике  
изверженных пород  
Международного союза  
геологических наук

·НЕДРА·

Международная классификация  
1997 г.

## **XIX век**

- **Российская петрографическая школа:**
- А.А.Иностранцев, А.П.Карпинский, И.В.Мушкетов;
- **Германская петрографическая школа:**
- Розенбуш, Циркель;
- **Французская петрографическая школа:**
- Фуке, Мишель-Леви, Лакруа;
- **Английская петрографическая школа:**
- Тилль

# XX век

- **Российская петрографическая школа:**
- Ф.Ю.Левинсон-Лессинг, Е.С. Федоров, В.И. Лучицкий, А.Н. Заварицкий, В.Н. Лодочников, Д.С. Коржинский В.С.Соболев,
- **Германская петрографическая школа:**
- Г.Розенбуш, Ниггли, Гольдшмидт
- **Американская петрографическая школа:**
- Боуэн, Вашингтон, Кросс, Иддингтон, Пирсон
- **Французкая петрографическая школа:**
- Лакруа, Дьюпарк, Ле Ба;
- **Английская петрографическая школа:**
- Харкер,

**3. Период аналитического направления в петрографии - петрология.** Начало этого периода относится к 20-ым г. XX в., когда появился целый ряд новых методов, названных аналитическими.

- При полевых исследованиях стали широко применяться методы структурного и микроструктурного анализа. Метод структурного анализа был разработан в Германии Х.Клоосом в 1918-1919 г. и впервые применен для изучения гранитов. В России же структурные исследования стали широко применяться после опубликования трудов А.А.Полканова и Н.А.Елисеева и их последователей. Немецкие петрографы Б. Зандер (1911) и В.Шмидт (1932) разработали метод микроструктурного анализа, внедрив их в практику геологических и петрографических работ. Этот метод позволяет изучать деформации в горных породах и реконструировать напряжения, существующие в кристаллизующемся расплаве. В это период значительно усовершенствуется методика лабораторных исследований и широко применяются иммерсионный и федоровский методы, химический, рентгено-структурный, термический и др. виды.
- Широкое распространение приобретают экспериментальные исследования, что связано с усовершенствованием техники и успешным развитием физической химии. За рубежом экспериментальные исследования проводились Т.Бартом, Н.Боуэном, К.Феннером, Ю.Шерером, О.Таттлом, Г.Йодером, К. Тилли, Е.Осборном и другими. Значительный объем был выполнен сотрудниками лаборатории Карнеги в Вашингтоне. Полевые наблюдения и экспериментальные исследования позволили создать теорию кристаллизации магматических расплавов. Фундаментальным трудом в данной области является работа Н. Боуэна (Bowen, 1928).
- Финский геолог П.Эскола (Eskola, 1915, 1920) впервые сформулировал принцип метаморфических фаций, который широко используется с небольшими уточнениями до настоящего времени.
- Существенный вклад в развитие петрологии внесли работы Н.Боуэна по проблеме эволюции изверженных пород, Н.Боуэна и О.Таттла по проблеме генезиса гранитов, Е.Осборна, о роли кислорода в характере процессов дифференциации магм, Г.Йодера и К.Тилли (1965) по проблеме происхождения основных магм и Д.С.Коржинского (1957), который разработал физико-химические основы парагенетического анализа.
- Во второй половине XX в. широкое применение в петрологии получили изотопные методы изучения минералов и горных пород. Изучение стабильных и радиоактивных изотопов позволяет решить вопросы времени формирования горных пород и связанных с ними руд, длительность развития геологических процессов, установить источники магматических расплавов, и реконструировать процессы взаимодействия расплавов с вмещающими породами.

- **Основными задачами современной петрографии или петрологии** является всестороннее изучение горных пород: формы их залегания, взаимоотношения с другими породами, минерального, химического и фазового состава, взаимоотношения породообразующих и рудных минералов, слагающих горную породу, их химического состава и разнообразных физических, в том числе оптических свойств.
- **Основные цели петрографического изучения горных пород** - это классификация горных пород, выявление их индивидуальных особенностей и установление генезиса. Последнее включает в себя как реконструкцию процессов формирования горных пород в пределах конкретных геологических тел, так и выявление особенностей образования глубинных материнских магматических расплавов или магм.

- **Методы петрографических исследований включают:** 1) геологическое изучение горных пород в природных условиях, 2) лабораторное изучение горных пород, 3) экспериментальное изучение природных образцов горных пород и искусственных смесей, и, наконец, 4) анализ и синтез всех знаний, т.е. теоретические обобщения.
- **Геологические методы** включают в себя изучение форм залегания геологических образований, определение возраста их формирования на основе изучения взаимоотношений с вмещающими породами, изучение контактовых воздействий и других особенностей. Помимо макроскопического изучения, широко применяются методы структурного анализа горных пород.
- **Среди методов лабораторного изучения** следует выделить микроскопический метод, основанный на применении поляризационного микроскопа и кристаллооптическом анализе породообразующих минералов, химический анализ, позволяющий получить важнейшие характеристики химического состава пород, а также рентгеноструктурный, спектральный, термический, геохимический и другие методы. К особым методам относится определение физических свойств горных пород - теплопроводности, электропроводности и палеомагнитных характеристик.
- Главной задачей **экспериментальных исследований** является изучение фазовых равновесий минералов в процессе кристаллизации искусственных смесей или природных расплавов и дальнейших превращений при охлаждении, а также поведение паров и газов в присутствии твердых фаз и расплава. Экспериментальные исследования проводятся в специальных устройствах, в которых достигается высокая температура и давление. Высокую температуру и давление можно достичь путем нагревания устройства изнутри, что позволяет получить давление до 0.4 ГПа (бомбы Моррея, Таттла), путем нагревания извне, что позволяет достичь давление 0.5-1 ГПа (бомба Иодера и ее модификации) или при достижении большой нагрузки на капсулу малых размеров (прибор Эдгара) - до 20 ГПа и выше 1500°C. Без эксперимента трудно понять многие проблемы генезиса пород и процессы дифференциации и кристаллизации магматических расплавов. Он часто служит строгим критерием тех или иных научных гипотез и теорий.
- **Теоретические обобщения** и создание предварительных рабочих гипотез являются крайне важными и необходимыми звеньями не только в теоретической петрографии, но и в практике геологических работ, так как они очень часто являются базой для выработки стратегии поисков и разведки полезных ископаемых. Накопление и обобщение фактов, их анализ и синтез новых знаний являются необходимыми звеньями любой науки, включая петрографию.

# ПЕТРОГРАФИЯ – ЗАНИМАЕТСЯ СИСТЕМАТИЧЕСКИМ ОПИСАНИЕМ И ИЗУЧЕНИЕМ ГОРНЫХ ПОРОД

1. Наблюдения в поле;
  2. Изучение штуфов;
  3. Изучение прозрачных шлифов;
  4. Исследование рудных минералов
  5. Анализ химического, состава пород
- Петрография в конечном итоге отвечает на вопросы:
    - Что это за порода?
    - Как ее назвать?

# Петрология – занимается изучением естественной истории горных пород, их генезиса и преобразования

1. Анализ химического, геохимического и изотопного состава пород и минералов
  - Петрология в конечном итоге отвечает на вопросы:
2. Экспериментальные исследования
  - Как образуется горная порода?
  - Почему она образуется?
3. Расчеты физико-химических параметров
  - Как связаны разные горные породы между собой?

В соответствии с петрографическим кодексом (1995):

**Петрография** - наука геологического цикла, занимающаяся изучением, описанием и классификацией магматических, метаморфических горных пород и их природных ассоциаций, образующих геологически самостоятельные части земной коры.

**Петрография** изучает горные породы с точки зрения их минерального и химического состава, текстур, структур и условий их залегания.

**Горная порода** – природный минеральный агрегат или же скопление аморфного вещества (вулканического стекла, содержащего или не содержащего микрокристаллы), характеризующийся определенным составом, структурой и объемом.

Под **магматическими горными породами** предлагается понимать естественные ассоциации минералов, минералов и вулканического стекла или только стекла, образовавшихся при застывании или кристаллизации магматических расплавов

Тип	Магматические					
Класс	Плутонические				Гипабиссальные	Вулканические
Группы	ультраосновные	основные	средние	Кислые		
Ряды	нормальный	умеренно щелочной	щелочной			
Семейства	Базальт					
Виды	Толеитовый базальт					

Розенбуш, 1898

Горная порода - минеральные агрегаты составляющие земную кору

Современное определение – минеральный агрегат, являющийся продуктом естественных процессов

Это определения включает мантийные породы (гранатовые лерцолиты, коэситовые эклогиты); лунные породы (базальты, анортозиты, феррогаббро); метеориты и другие

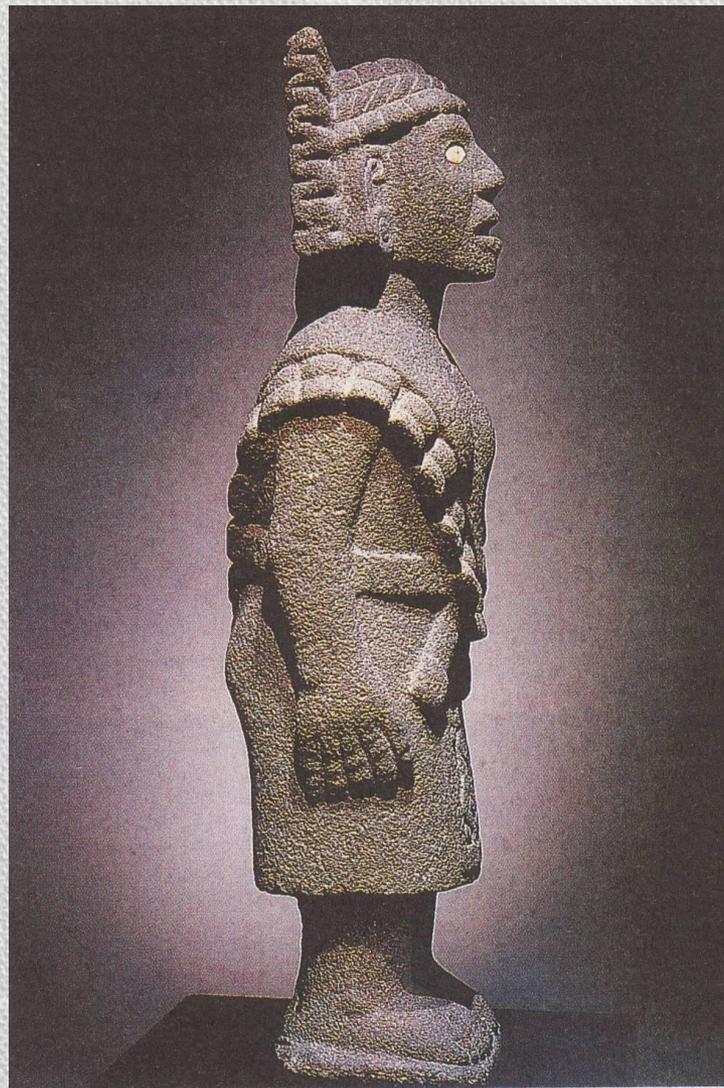
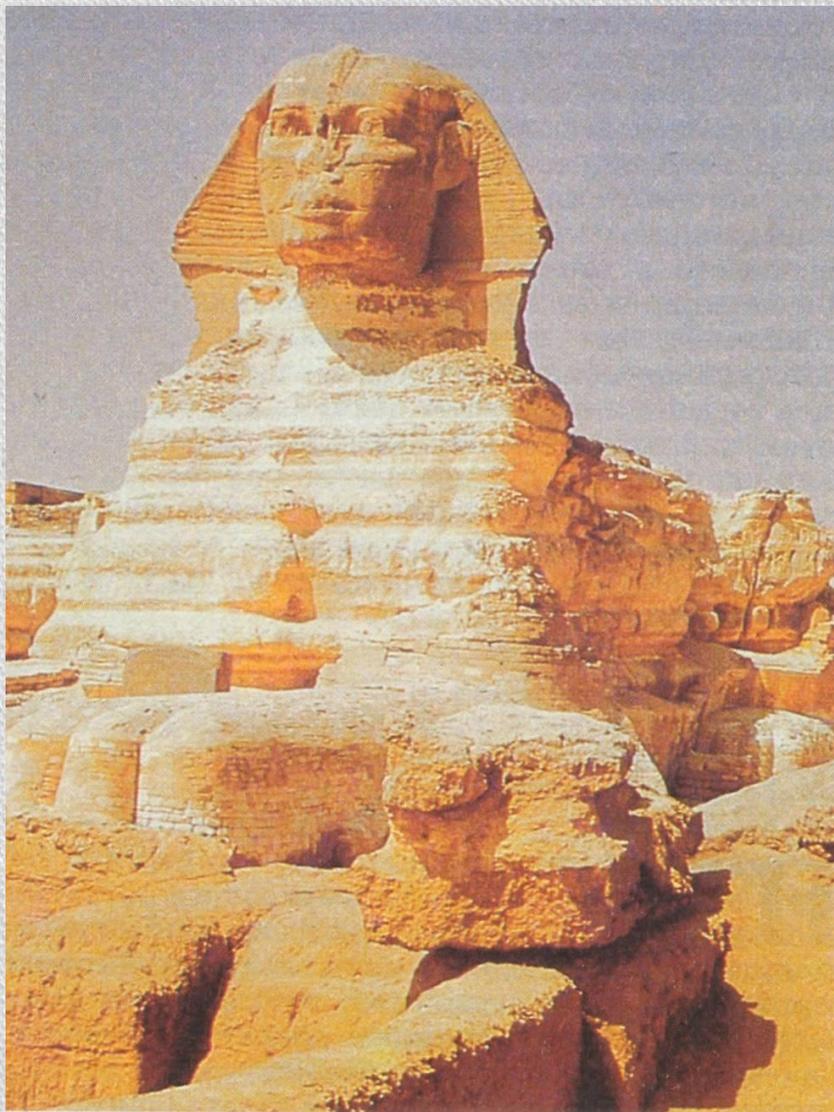


## Горные породы

Тип	Магматические	Метаморфические	Осадочные	Метасоматические
-----	---------------	-----------------	-----------	------------------

Метасоматические





*Статуэтка богини Земли Тетеоиннан, сделанная из базальта (Мексика). Доколумбова эпоха.*

Использование гранита и базальта древними людьми

Стоунхэндж, Англия - гранодиориты





Львиные ворота, Микены  
Диориты

# Афинский акрополь

