

Физика горных пород

Лекция 1 – Классификация горных
пород

Лектор: Шульгин Павел Николаевич

<http://do.dstu.education>

<http://sggs-donstu.ucoz.ru/>

Структура курса

- Лекции: 24 часа (12 лекций)
- Практика: 16 часов (8 занятий)
- Лабораторные работы: 16 часов (8 занятий)
- Самостоятельная работа: 88 часов
- 1 модуль: Строение и механические свойства горных пород
- 2 модуль: Физические свойства и горно-геологические показатели горных пород

Практические занятия

- **Горные породы**

Строение горных пород. Горно-технологические показатели горных пород.

- **Прочность горных пород**

Прочность горных пород. Реологические свойства горных пород.

- **Тепловые свойства горных пород**

Тепловые свойства горных пород.

- **Акустические свойства горных пород**

Акустические свойства горных пород



Лабораторные работы

- Лабораторная работа № 1 «Определение плотностных параметров горных пород».
- Лабораторная работа № 2 «Исследование зависимости угла естественного откоса разрыхленных пород от гранулометрического состава»
- Лабораторная работа № 3 «Исследование зависимости насыпного веса разрыхленной породы от гранулометрического состава»
- Лабораторная работа № 4 «Построение паспорта прочности горной породы по пределам прочности на сжатие и растяжение»
- Лабораторная работа № 8 «Определение коэффициента прочности горных пород по удельному энергии разрушения на приборе ПГК»
- Лабораторная работа № 5 «Определение абразивности горных пород»
- Лабораторная работа № 12 «Определение высоты капиллярного поднятия воды в сыпучих горных породах»

Рекомендуемая литература

1. Ржевский В.В, Новик Г.Я. Основы физики горных пород. -М.: Недра, 1984. - 395 с.
2. Методические указания к выполнению контрольной работы по дисциплине «Физика горных пород» / Сост. В.А. Касьянов - Алчевск: ДонГТУ, 2009 – 18 с. (**БИ69**).
3. Инструкции к лабораторным работам по курсу "Основы физики горных пород" (**№ 231**).
4. Механические свойства и паспорт прочности горных пород / Методические указания к выполнению курсовой работы на ЭВМ по дисциплине «Физика горных пород» (для студентов горных специальностей дневной и заочной формы обучения) / Сост .: Литвинский Г.Г., Касьянов В.А . - Алчевск: ДГМИ, 2002. - 28 с. (**№ 1735**).

Общие сведения о предмете

- **Физика горных пород** — это учение о физических, технологических свойствах, и физических процессах в горных породах.
- Место физики горных пород и процессов среди других наук определяется объектами, методами и направленностью исследований.
- По **объектам исследований** физика горных пород близка к геологическим наукам, а именно кристаллографии, минералогии, петрографии.
- По **методам исследований** физика горных пород близка к физике твердого тела: явления и свойства изучаются и объясняются с позиций современной физики твердого тела, используются ее математический аппарат и экспериментальные методы.

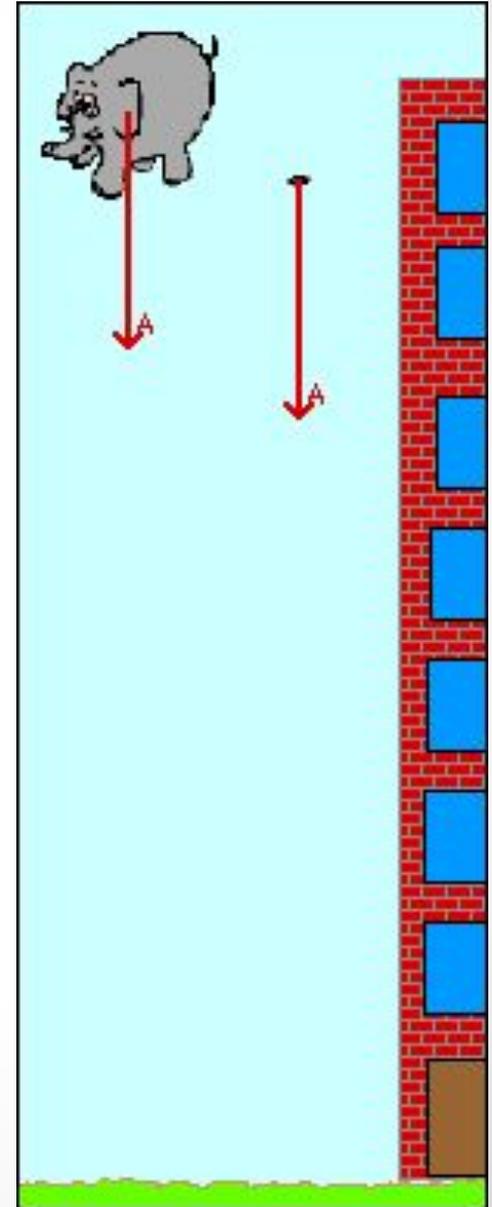
История развития ФГП

- Исторические сведения позволяют считать, что одними из первых физических параметров, изученных в естественных телах, были магнитные. Они были известны еще в древней Греции, **Египте и Китае**. А в **1640 г. в Швеции** впервые был использован компас для получения информации о массивах при поиске магнетитовых руд.



История развития ФГП

- **Изучение Галилеем (1590 г.)** законов падения твердых тел под действием силы тяжести положило начало исследованиям плотностных свойств горных пород.
- **Фундаментом**, на котором начали развиваться исследования **механических свойств** пород применительно к механике грунтов, явились работы французского ученого **XVIII в. Ш. Кулона**.



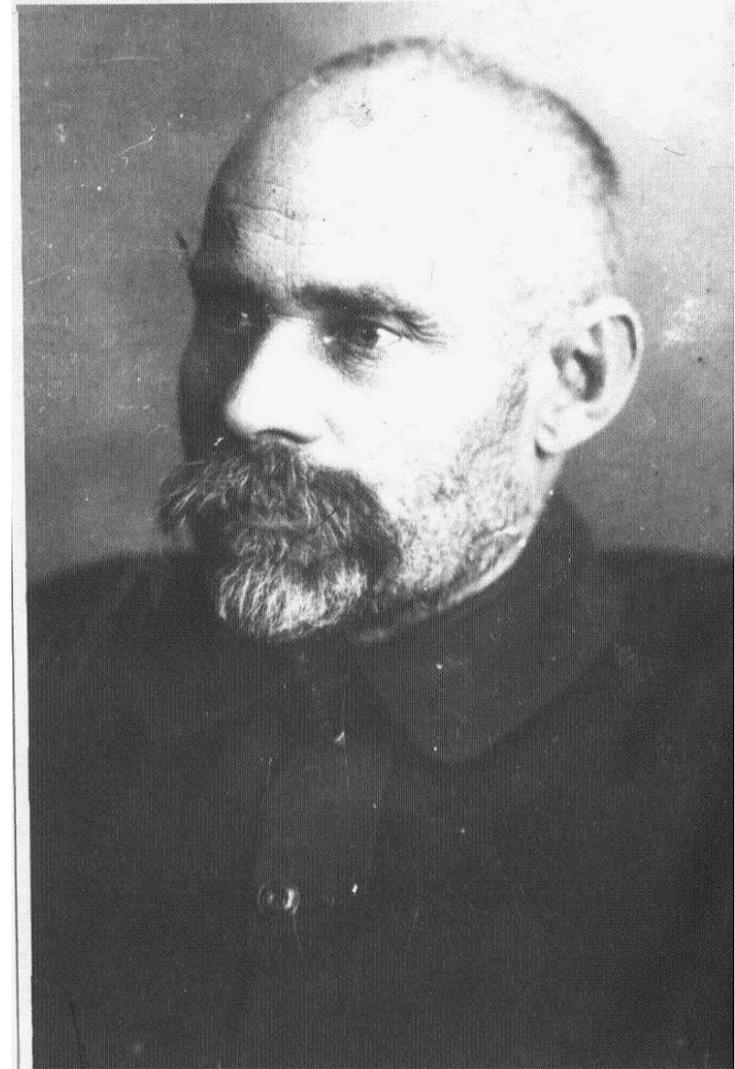
История развития ФГП

- Попытки прогнозировать землетрясения привели к изучению законов распространения **упругих волн** в земной коре — возникновению сейсмологии (Малле, 1854 г.), а затем и сейсмического метода разведки (Шмидт, 1888 г.).
- В горном производстве практически до середины XX в. горняки пользовались лишь весьма ограниченным количеством физико-механических свойств.
- Начало изучению их было положено в России в XIX в. В. И. Курдюмовым и П. А. Миняевым. В это же время акад. В. М. Севергин впервые ввел в обиход термин **«горные породы»**.



История развития ФГП

- Развитие подземных горных работ потребовало изучения **деформаций и напряжений** в породах при проведении в них горных выработок.
- Проф. М. М. **Протодяконов** (старший) впервые разработал теорию горного давления. С его именем связано также начало систематического изучения прочностных свойств пород. **В 1926 г. он создал первую классификацию горных пород по крепости, широко применяемую в горном деле и в настоящее время.**



История развития ФГП

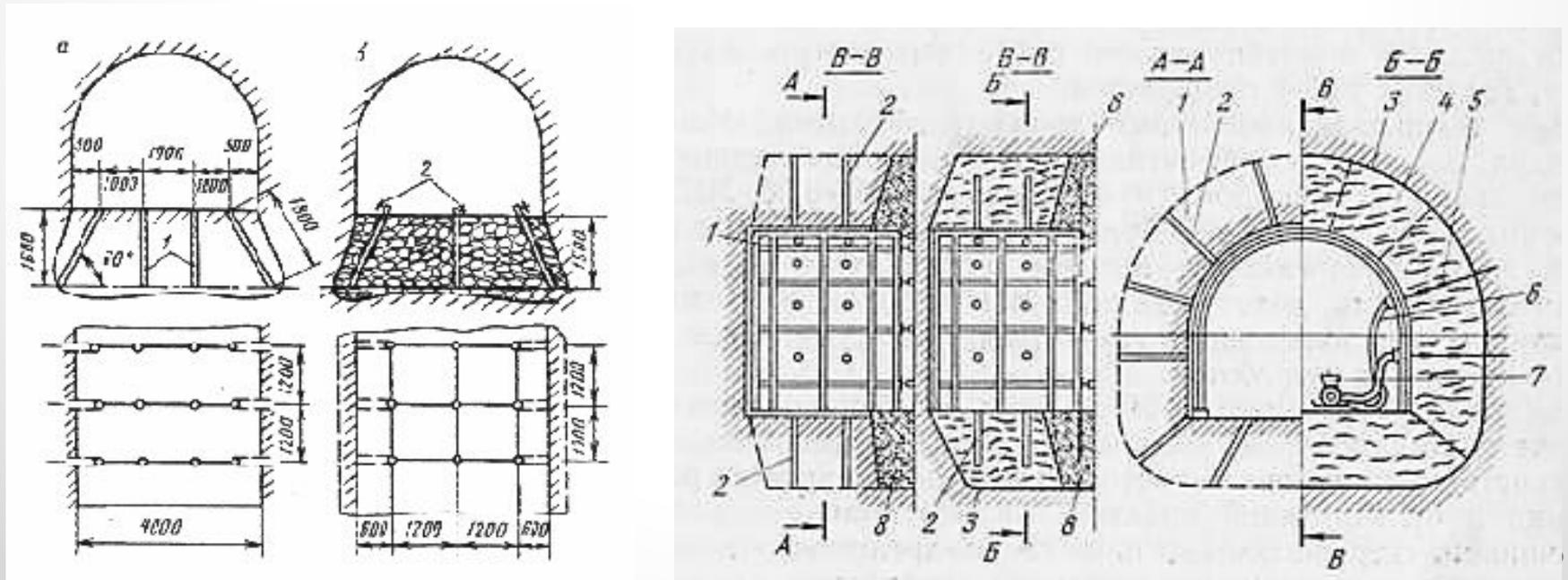
Категория	Степень крепости породы	Породы	Коэффициент крепости $f = 0,01G_{сж}$
I	В высшей степени крепкие	Наиболее крепкие, плотные и вязкие кварциты и базальты. Исключительные по крепости другие породы	20
II	Очень крепкие	Очень крепкие гранитовые породы. Кварцевый порфир, кремнистый сланец, менее крепкие кварциты. Самые крепкие песчаники и известняки	15
III	Крепкие	Гранит (плотный) и гранитовые породы. Очень крепкие песчаники и известняки. Кварцевые рудные жилы. Крепкий конгломерат. Очень крепкие железные руды	10
III _A	Крепкие	Известняки (крепкие). Некрепкий гранит. Крепкие песчаники, крепкий мрамор, доломит, колчеданы	8
IV	Довольно крепкие	Обыкновенный песчаник. Железные руды	6
IV _A	Довольно крепкие	Песчанистые сланцы. Сланцевые песчаники	5
V	Средние	Крепкий глинистый сланец. Некрепкий песчаник и известняк, мягкий конгломерат	4
V _A	Средние	Некрепкий глинистый сланец, разнообразный сланец. Плотный мергель	3
VI	Довольно мягкие	Мягкий сланец. Очень мягкий известняк, мел, каменная соль, гипс, мерзлый грунт, антрацит. Обыкновенный мергель. Разрушенный песчаник, цементированная галька, каменистый грунт	2
VI _A	Довольно мягкие	Щебенистый грунт. Разрушенный сланец, слежавшаяся галька и щебень, крепкий каменный уголь, отвердевшая глина	1,5
VII	Мягкие	Глина (плотная). Мягкий каменный уголь, крепкий насос, глинистый грунт	1
VII _A	Мягкие	Мягкая песчанистая глина, лесс, гравий	0,8
VIII	Землистые	Растительная земля, торф, мягкий суглинок, сырой песок	0,6
IX	Сыпучие	Песок, осыпи, мягкий гравий, насыпная земля, добытый уголь	0,5
X	Плывучие	Плывуны, болотистый грунт, разжиженный лесс и др. разжиженные грунты	0,3

История развития ФГП

- До 60-х годов исследования были недостаточно полными как по количеству изучаемых типов пород и полезных ископаемых, так и по числу определяемых физических параметров, в них отсутствовало обобщение данных по свойствам.
- **Физика горных пород** оформилась в самостоятельный раздел горной науки в 60-х годах 20 века.
- Она положила начало новому подходу к породе как геологическому телу, объекту физических исследований и горных разработок одновременно.

Строение и механические свойства горных пород

- Роль физики горных пород в развитии технологий горного производства:
- **Физика горных пород** — это учение о физических, технологических свойствах, и физических процессах в горных породах.



Горные породы

- **Минерáл** (нем. *Mineral* или фр. *minéral*, от позднелат. (*aes*) *minerale* — руда^{III}) — однородное природное твёрдое тело, находящееся или бывшее в кристаллическом состоянии. Минералы являются составной частью горных пород (породообразующие минералы).
- Под минералом понимают любое химическое соединение, образованное естественным путем и входящее в состав земной коры.

Горная порода

- **Горная порода** — любая масса или агрегат одного или нескольких минеральных видов или органического вещества, являющихся продуктами природных процессов. Вещество может быть твёрдым и консолидированным или мягким и рыхлым.
- **Горная порода** - это агрегаты минералов более или менее постоянного состава, образующие самостоятельные геологические тела.

Классификация по характеру связей между их твердыми минеральными частицами

- Характер связей
 - Твердые
 - Скальные
 - граниты, диабазы, базальты, гнейсы, диориты
 - Полускальные
 - известняки, песчаники, доломиты, мергели, аргиллиты и алевролиты
 - Пластичные
 - глины, глинистые сланцы, суглинки, бокситы
 - Рыхлые
 - пески, гравийно-галечные отложения, отвалы пород
 - Текучие
 - насыщенные водой пески (пывуны) насыщенные водой глины и суглинки

Классификация по характеру связей

- 1. **Твердые** (жесткие) - слагающие породы твердые минеральные частицы связаны между собой жесткой связью, обеспечивающей сохранение формы под нагрузкой. В этом классе выделяют *скальные* и *полускальные* породы.
- К **скальным** относятся кристаллические породы со структурными кристаллическими или аморфными связями. При насыщении водой сцепление у таких пород не изменяется. Примером скальных пород могут служить граниты, диабазы, базальты, гнейсы, диориты.
- К **полускальным** относятся сцементированные породы, у которых наряду с жесткими проявляются и пластические связи. При превышении нагрузок до определенных значений деформирование пород происходит по закону пластических деформаций, так же как и у мягких, рыхлых пород. При насыщении водой силы сцепления у полускальных пород резко снижаются или исчезают совсем. Примером таких пород являются сцементированные известняки, песчаники, доломиты, мергели, аргиллиты и алевролиты.

Классификация по характеру связей

- **2. Пластичные** или связные породы - минеральные частицы связаны водно-коллоидной связью, преимущественно через тонкие пленки воды, обволакивающей частицы. В зависимости от степени насыщения этих пород водой меняется степень их пластичности. Примером таких пород являются глины, глинистые сланцы, суглинки, бокситы.
- **3. Раздельно-зернистые или рыхлые сыпучие породы** - связи между минеральными частицами отсутствуют или ничтожно малы, породы представляют собой простые механические смеси частиц одного или нескольких минералов либо обломков твердых пород. Пример - пески, гравийно-галечные отложения, искусственные отвалы пород. В этом классе выделяют песчаные и грубообломочные породы.
- **4. Текучие** - в этих породах минеральные частицы разобщены водой, т. е. способны различным образом перемещаться вместе с насыщающей их водой. Пример - насыщенные водой пески (пывуны), насыщенные водой глины и суглинки.

Классификация по характеру связей

- 2. **Пластичные** или связные породы - минеральные частицы связаны водно-коллоидной связью, преимущественно через тонкие пленки воды, обволакивающей частицы. В зависимости от степени насыщения этих пород водой меняется степень их пластичности. Примером таких пород являются глины, глинистые сланцы, суглинки, бокситы.
- 3. Раздельно-зернистые или рыхлые сыпучие породы - связи между минеральными частицами отсутствуют или ничтожно малы, породы представляют собой простые механические смеси частиц одного или нескольких минералов либо обломков твердых пород. Пример - пески, гравийно-галечные отложения, искусственные отвалы пород. В этом классе выделяют песчаные и грубообломочные породы.
- 4. Текучие - в этих породах минеральные частицы разобщены водой, т. е. способны различным образом перемещаться вместе с насыщающей их водой. Пример - насыщенные водой пески (пывуны), насыщенные водой глины и суглинки.

Структура горных пород

- Под **структурой** понимают степень кристаллизации пород (кристаллического или аморфного их строения), размеры, форму минеральных частиц и характер связи между ними.
- **По степени кристаллизации**, пород выделяют полнокристаллические, неполнокристаллические, стекловидные, порфирировые и обломочные структуры.
- 1) Монокристаллические породы характеризуются полной кристаллизацией всех слагающих минералов.
- 2) Неполнокристаллические породы состоят частично из кристаллических зерен, частично из аморфной, стекловидной сцементированной массы.

Структура горных пород

- 3) Стекловидные породы полностью состоят из стекловидной массы.
- 4) В породах порфириковой структуры в общую стекловидную или кристаллическую массу вкраплены крупные зерна минералов.
- 5) Породы обломочной структуры состоят из сцементированных обломков первичных пород, из которых они образованы.
- С увеличением степени раскристаллизации пород их прочность обычно снижается.
- По мере уменьшения размера зерен, как правило, повышается прочность, плотность и упругость горных пород.

Структура горных пород

- Различают также породы равномерной структуры, состоящие из кристаллов одинаковых размеров, и неравномерно-зернистой структуры, слагаемые кристаллами, существенно различающимися по размерам.
- В породах неполнокристаллической, порфирировой и обломочной структуры механические свойства существенно зависят от характера цементации и состава цементирующего вещества.



Структура горных пород

- Различают следующие основные типы цементации:
- **1) базальтовый** - зерна минералов не соприкасаются друг с другом и погружены в стекловатую массу, степень цементации очень высока и прочность зависит от характера цементирующего вещества;
- **2) контактный** - цементирующее вещество присутствует только по контактам зерен, прочность невысокая;
- **3) поровый** - минеральные зерна непосредственно соприкасаются друг с другом, а поры между ними заполнены цементирующим веществом, прочность более высокая, чем в породах контактной структуры, но ниже, чем в базальтовой;
- **4) коррозионный** - цементирующее вещество внедряется в минеральные зерна и заполняет все промежутки, прочность очень высокая.
- Состав цемента может быть *кремнистым, железистым, известковым, глинистым, мергелистым, гипсовым*. Наибольшей прочностью обладают породы с кремнистой и железистой цементацией.

Текстура горных пород

- **Текстура** характеризует взаимное расположение однотипных частиц породы в занимаемом пространстве. Структура может быть:
 - - **массивная** - частицы плотно примыкают друг к другу, ориентированы произвольно;
 - - **пористая** - частицы породы примыкают друг к другу неплотно, имеется множество микропустот, пор;
 - - **слоистая** - частицы породы чередуются, формируя слои напластования.
- Породы упорядоченной текстуры обладают **анизотропией** свойств, т. е. свойства в разных направлениях различны. Свойства пород упорядоченной текстуры оказываются сходными в различных направлениях, в механике горных пород их называют **квазиизотропными** или просто, изотропными.

Классификация горных пород



- Горные породы
 - Магматические
 - Интрузивные
 - Эффузивные
 - Осадочные
 - Обломочные
 - Хемогенные
 - Органогенные
 - Метаморфические

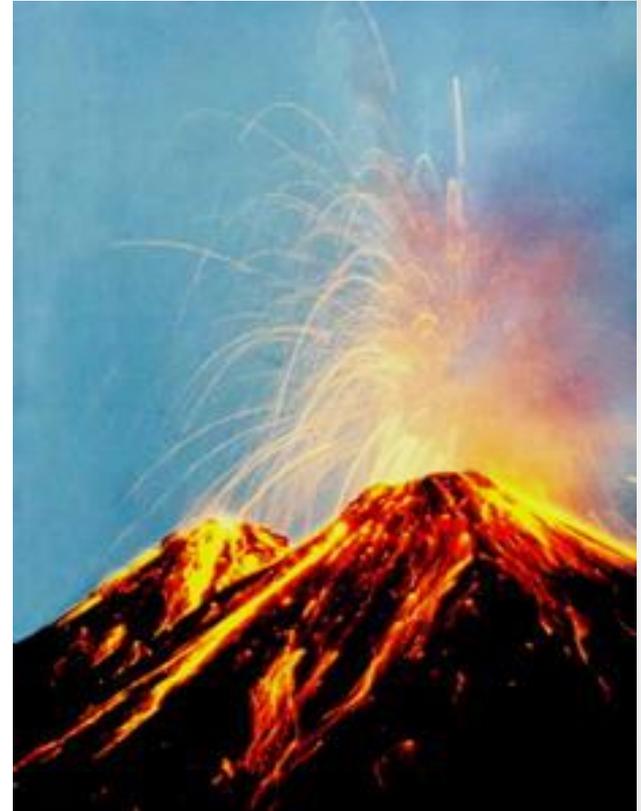
Магматические породы

- **Магматические**
- **горные**
- **породы**
 - Застывание магмы
 - на поверхности
 - земли
 - эффузивные
 - Застывание магмы
 - в глубине земли
 - интрузивные

Магматические породы



Застывшая магма



**Изливающаяся
магма**

Магматические породы

Интрузивные горные породы

- Гранит



- Сиенит



- Габбро



Эффузивные горные породы

- Андезит



- Обсидиан
(вулканическое стекло)



- Базальт



- Вулканический
туф



Классификация магматических пород по содержанию кремнезема SiO_2

Класс	Содержание SiO_2	Интрузивные	Эффузивные
Кислые светлая окраска	Более 65%	Гранит 	Липарит 
Средние серая окраска	55%-65%	Сиенит 	Андезит 
Основные темная и даже черная	45%-55%	Габбро 	Базальт 
Ультраосновные	Менее 45%	Перидотит 	

Интрузивные горные породы характеризуются полнокристаллической структурой и массивной текстурой.



Гранит

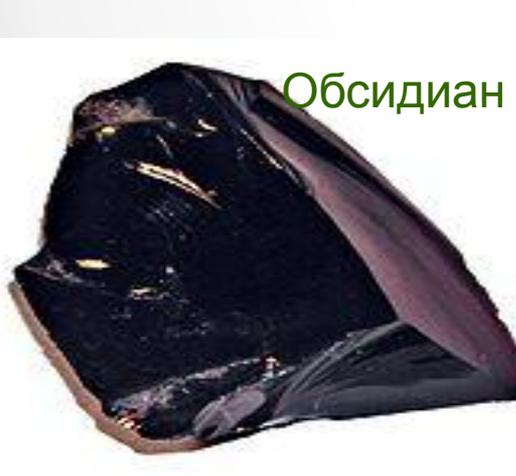


Сиенит



Габбро

Эффузивные горные породы характеризуются стекловатой, скрытокристаллической, порфировой структурой и пористой, миндалекаменной, иногда массивной текстурой.



Обсидиан



Базальт



Андезит

Осадочные горные породы

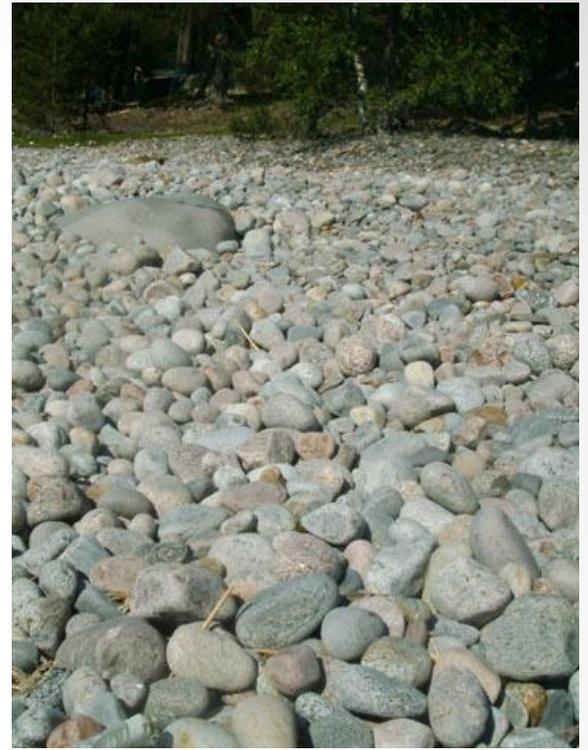
- Формируются на поверхности Земли при разрушении пород и минералов, а также в результате жизнедеятельности или отмирания организмов.

Осадочные горные породы

Обломочные

Группы обломочных пород	Наибольшие поперечные замеры обломков, мм	Рыхлые породы		Сцементированные породы	
		Сложенные обломками			
		Остроугольными и угловатыми	Окатанными	Остроугольным и	Окатанными
Грубообломочные	>100	Глыбы	Валуны	Брекчии	Конгломераты
	100-10	Щебень	Галечник		
	10-1	Дресва	Гравий		Гравелиты
Песчаные	1-0,1	Пески		Песчаники	
Алевритовые	0,1-0,01	Алевриты		Алевролиты	
Пелитовые	<0,01	Глины		Аргиллиты	









Валуны



Галечник



Гравий



Конгломерат



Хемотрогенные- осадочные горные породы, возникающие в результате химического осаждения из водных растворов или при испарении воды

- Каменная соль – NaCl
Гипс - $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
- Ангидрит - CaSO_4
- Известняк - CaCO_3
Доломит - $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$



Органогенные - осадочные горные породы, состоящие из остатков животных и растений и продуктов их жизнедеятельности

- известняк-ракушечник
- мел
- каустобиолиты
 - торф
 - бурый и каменный уголь,
 - горючие сланцы,
 - нефть.





Метаморфические горные породы

- Под действием **метаморфизма** граниты переходят в **гнейсы**, известняки – в **мрамор**, кварцевые пески в **кварцит**, глины в **глинистые сланцы** и далее в **гнейсы**.

Горные породы, образовавшиеся в результате изменения состава или свойств первоначальных пород.

Метаморфические горные пор

Глина



глинистый
сланец

известняк



мрамор

песчаник



кварцит

гранит



гнейс



*Так выглядит
мрамор
в карьере*

