



МОСКОВСКИЙ АВТОМОБИЛЬНО-ДОРОЖНЫЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ (МАДИ)

П. А. ФОНАРЁВ

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ МИНЕРАЛОВ И ГОРНЫХ ПОРОД.  
ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА  
ГОРНЫХ ПОРОД**

Учебно-методическое пособие  
по курсу «Инженерная геология»

МОСКОВСКИЙ АВТОМОБИЛЬНО-ДОРОЖНЫЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
(МАДИ)

Кафедра «Аэропорты, инженерная геология и геотехника»

Утверждаю

И.о. зав. кафедрой

\_\_\_\_\_ А.В. Фомин

«    » марта 2022 г.

**П. А. ФОНАРЁВ**

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ МИНЕРАЛОВ И ГОРНЫХ ПОРОД.  
ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА  
ГОРНЫХ ПОРОД**

Учебно-методическое пособие  
по курсу «Инженерная геология»

Москва  
МАДИ  
2022

УДК 624.121:622.02

ББК 26.303.3

Ф771

**Фонарёв, П.А.**

Ф771 Определение минералов и горных пород. Инженерно-геологические свойства горных пород: учебно-метод. пособие / П. А. Фонарёв. – М.: МАДИ, 2022. – 68 с.

Учебно-методическое пособие предназначено для студентов по направлению подготовки 08.03.01 «Строительство» и 08.05.01 «Строительство уникальных зданий и сооружений» и служит вспомогательным материалом при выполнении лабораторных работ и самостоятельных занятий по изучению основных порообразующих минералов, магматических, метаморфических и осадочных горных пород и их инженерно-геологических свойств.

В пособии изложены основные сведения о минералах, их физических свойствах, даны классификация и описание порообразующих минералов, приведена таблица, пользуясь которой студенты смогут самостоятельно определить названия минералов, основываясь на их наиболее характерных признаках. Также приведена инженерно-геологическая характеристика горных пород по условиям образования и их строительным свойствам.

УДК 624.121:622.02

ББК 26.303.3

© МАДИ, 2022

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Пособие предназначено для студентов строительных специальностей МАДИ и служит вспомогательным материалом при выполнении курсовой и лабораторных работ, а также самостоятельных занятий по изучению основных породообразующих минералов и магматических, метаморфических и осадочных горных пород.

В пособии изложены основные сведения о минералах, их физических свойствах, даны классификация и описание породообразующих минералов, приведена таблица, пользуясь которой студенты могут самостоятельно определить названия минералов, основываясь на их наиболее характерных признаках.

Для каждой разновидности горных пород дается общая характеристика условий образования и формирования основных структурно-текстурных особенностей, а также инженерно-геологическая характеристика горных пород и их строительные свойства.

### 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О МИНЕРАЛАХ

В состав земной коры входят все известные нам химические элементы. Однако преимущественно распространены в ней: кислород – 47% (от общей массы пород), кремний – 26%, алюминий – 8%, железо – 5%, кальций, натрий, калий и магний — в сумме 11%. Таким образом, эти элементы составляют 97% всей массы земной коры. На долю остальных химических элементов приходится всего лишь около 3% этой массы.

Земная кора (наружная оболочка литосферы) состоит из различных горных пород, которые в свою очередь состоят из минералов.

**Минералами** называются природные химические соединения или самородные элементы, возникшие в результате разнообразных физико-химических процессов, происходящих внутри земной коры или на ее поверхности.

подавляющее большинство известных минералов находится в кристаллическом состоянии, и лишь незначительная их часть в

аморфном. Различие заключается в том, что в первом случае мельчайшие частицы – молекулы, атомы или ионы располагаются в строго определенном для данного минерала порядке, образуя кристаллическую решетку; во втором случае закономерность в распределении частиц отсутствует. Минералы, находящиеся в кристаллическом состоянии, встречаются в виде зерен неправильной формы и значительно реже в виде правильных многогранников-кристаллов.

Аморфные минералы в большинстве случаев представлены стекловатыми или землистыми массами.

Из общего числа минералов (свыше 3000), известных в настоящее время, очень немногие имеют массовое распространение в природе. Существенную роль в сложении горных пород играют только около 50 минералов, которые называются *породообразующими*.

Каждый минерал обладает более или менее постоянным химическим составом и определенным внутренним строением. Эти две важные особенности обуславливают довольно индивидуальные постоянные внешние признаки, так называемые **физические свойства минералов**, по которым эти минералы различают.

## 2. ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МИНЕРАЛОВ

Главнейшими физическими свойствами минералов являются: *твердость, спайность, блеск, излом, цвет, цвет черты, плотность, реакция с кислотой, иризация.*

**Твердость** – это способность минерала сопротивляться внешним механическим воздействиям (царапанию, резанию, истиранию). Относительная твердость минерала определяется сопоставлением его с другими минералами, твердость которых заранее известна. Для определения твердости по свежей поверхности испытуемого минерала проводят, слегка надавливая, острым краем другого минерала (эталоны). Оставшийся порошок надо удалить, чтобы можно было хорошо рассмотреть царапину или увидеть, что она отсутствует. В первом случае минерал будет мягче, а во втором будет тверже эталона шкалы твердости. Твердость минералов в известной степени является показателем их прочности и способности к истиранию.

Твердость минералов классифицируется по особой **шкале твердости Мооса** (табл. 1.). Эта шкала построена по принципу, что каждый последующий минерал острым углом царапает предыдущий.

Таблица 1

Шкала твердости Мооса

Минералы	Твердость	Полевой признак твердости	
Тальк	1	Легко царапается ногтем	
Гипс	2	Царапается ногтем	
Кальцит	3	Легко царапается стеклом	
Флюорит	4	Царапается стеклом	
Апатит	5	Царапается стальным ножом или иголкой	
Полевые	6	Царапают стекло	
Кварц	7	Легко царапает стекло и стальной нож	
Топаз	8	Легко царапает кварц	Режут стекло
Корунд	9	Легко царапает топаз	
Алмаз	10	Не царапается ничем	

Твердость чрезвычайно важный диагностический признак. Она более или менее одинаковая у одного и того же минерала.

Применение шкалы Мооса к горным породам в общем случае невозможно вследствие их гетерогенности – присутствия разных минералов в общей массе образца горной породы.

**Спайность** – способность минерала раскалываться (расщепляться) по определенным направлениям с образованием ровных, гладких и блестящих поверхностей. Спайность зависит от строения кристаллической решетки минерала. Спайность, как и твердость, является основным свойством минералов при определении их по внешним признакам. Чтобы установить наличие спайности, надо внимательно осмотреть поверхность излома минерала при отраженном свете, поворачивая минерал в разные стороны.

В зависимости от того, насколько резко выражена спайность, выделяют следующие её степени:

– *весьма совершенная*, когда минерал очень легко, пальцами,

расщепляется на отдельные пластинки, разделенные гладкими блестящими параллельными поверхностями (например, слюда);

- *совершенная*, когда при ударе минерал раскалывается по определенным плоскостям (кальцит, галит);

- *средняя*, когда минерал при ударе одинаково часто раскалывается и по плоскостям спайности, и с образованием неровных изломов (полевые шпаты);

- *несовершенная* обнаруживается с трудом в виде небольших площадок на общем фоне неровного излома (апатит, самородная сера);

- *весьма несовершенная* практически означает отсутствие спайности. На изломе минералов, не обладающих спайностью, никогда нельзя обнаружить ровных плоскостей (кварц).

Спайность может проявляться в одном (слюда), двух (полевые шпаты) и трех (галит, кальцит) направлениях. За плоскости спайности иногда можно принять грани кристалла. Во избежание этого следует помнить, что на плоскостях спайности минералы обладают обычно более сильным блеском, чем на гранях кристаллов.

Характер спайности – весьма важный и постоянный признак минералов.

**Блеск** – это способность минералов отражать свет от своей поверхности. Блеск не зависит от цвета минерала. Различают следующие виды блеска, характерные для минералов, наименования которых приведены в скобках:

- *стеклянный* (кварц, полевые шпаты);

- *шелковистый*, обусловленный волокнистым строением минерала (волокнистый гипс-селенит);

- *перламутровый*, обусловленный отражением света внутри минерала от плоскостей спайности (слюда, кальцит);

- *металлический* (пирит);

- *алмазный* (алмаз, сера);

- *жирный* (тальк);

- *матовый*, когда свет отражается слабо (каолинит, лимонит).

**Излом** – это характер поверхности, получаемой при раскалывании минерала не по плоскости спайности. Различают изломы следующего вида:

– *раковистый* – похож на внутреннюю поверхность или отпечаток раковин (кварц, кремень);

– *занолистый* – напоминает неостроганную доску с мелкими занозами, наблюдается у минералов, имевших волокнистое, длинно-столбчатое строение (роговая обманка, гипс-селенит);

– *зернистый* – имеет зернистый характер, наблюдается у таких минералов, как ангидрит, мелкокристаллический гипс;

– *землистый матовый шероховатый излом, покрытый «пылью»* (каолинит, лимонит, гематит).

**Цвет минералов** обусловлен их химическим составом и присутствием каких-либо примесей. Цвет минералов нельзя считать основным признаком при их определении. Многие минералы имеют различные цвета и оттенки. Так, кварц может быть бесцветным (горный хрусталь) или белым, желтым (цитрин), фиолетовым (аметист), дымчатым (раухтопаз), черным (морион). Гипс также может быть бесцветным, белым, розовым, красным, синим. Некоторые минералы меняют окраску в зависимости от освещения. Так, почти черный минерал лабрадор может приобретать в зависимости от освещения синюю или зеленую окраску. Однако для некоторых минералов окраска является постоянным признаком, так, например, пирит – золотисто-желтый, ангидрит – серовато-голубоватый.

Условно все минералы делят на две группы:

– *светлые*, к которым относятся бесцветные и окрашенные в белый, серый, желтый, красный или розовый цвет (кварц, гипс, кальцит);

– *темные* – обычно малопрозрачные, имеющие черный, зеленый, коричнево-бурый (роговая обманка, оливин) и другие цвета.

**Цвет черты** (цвет минерала в порошке). Более надежным диагностическим признаком минералов, чем цвет, является так называемый цвет черты (или, как часто говорят, просто черта). Цвет черты выявляется, если уголком испытуемого образца потереть пластинку неглазурованного фарфора – «бисквита». Если минерал окажется твердым, рекомендуется прежде соскрести напильником немного порошка, а потом уже растереть его на пластинке.

Черта отражает собственный цвет минерала, ее окраска более постоянна и в меньшей мере зависит от цветовых разновидностей минерала.



Так, цвет черты гематита – вишнево-красный, золотисто-желтого пирита – черный с зеленоватым оттенком, а флюорита – независимо от его желтой, зеленой или фиолетовой окраски – всегда белый.

Для некоторых минералов характерен цвет черты, часто отличный от цвета в куске. Чаще всего данное свойство минералов используется при диагностике рудных минералов.

**Плотность.** Под плотностью понимается масса единицы объема минеральной части вещества. Плотность минералов, горных пород и руд колеблется в широких пределах от 0,9 до 23 г/см<sup>3</sup>. Наиболее многочисленны минералы с плотностью от 2,5 до 4 г/см<sup>3</sup>.

По плотности все минералы можно разделить на три группы:

- *легкие* – с плотностью до 2,5 г/см<sup>3</sup> (галит, гипс);
- *средние* – от 2,5 до 4,0 г/см<sup>3</sup> (кварц, полевые шпаты, слюда);
- *тяжелые* – с плотностью более 4,0 г/см<sup>3</sup> (рудные минералы).

### **ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ПРИЗНАКИ**

К ним могут быть отнесены:

- **реакция с кислотой** – чаще всего с 10%-ным раствором соляной кислоты, является характерным диагностическим признаком для определения минералов группы карбонатов, которые «вскипают» при взаимодействии с ней;

- **иризация** – способность минерала в отраженном свете изменять свой цвет. Так, лабрадор почти черного цвета под определенными углами освещения приобретает синюю, голубоватую или зеленую окраску;

- **магнитность** – характерна для некоторых металлических минералов (магнетит), определяется при помощи магнитной стрелки;

- **двойное лучепреломление** – наиболее характерно для чистой прозрачной разновидности минерала кальцита – исландского шпата, что выражается в раздвоении надписей, рассматриваемых через его кристалл;

- **вкус** – им обладают некоторые галогениды (галит, сильвин – последний в отличие от галита имеет горько-соленый вкус);

- **запах** – появляется у некоторых сульфидов при трении их друг с другом.

### 3. КЛАССИФИКАЦИЯ МИНЕРАЛОВ

Современная наука при изучении минералов базируется на двух основных принципах: 1) кристаллохимическом и 2) генетическом.

Исходя из этих принципов, принято классифицировать минералы, учитывая их строение и химический состав. С этой точки зрения, наиболее рациональной и распространенной является классификация минералов С. Д. Четверикова с разделением их на 10 классов. В строительной практике представляют интерес только 8 классов минералов, входящих в наиболее распространенные горные породы. Это классы: *окислы и гидроокислы, силикаты, карбонаты, сульфиды, галоиды, глинистые минералы и органические соединения*.

По генетической классификации выделяются:

- ***минералы магматических пород*** – полевые шпаты, кварц, слюды, роговая обманка, оливин;
- ***минералы осадочных пород*** – кварц, опал, кремний, лимонит, кальцит, доломит, ангидрит, гипс, пирит, галит, сильвин, монтмориллонит, каолинит;
- ***минералы метаморфических пород*** – кварц, пирит, кальцит, слюды, доломит, роговая обманка, оливин.

### 4. ПОРОДООБРАЗУЮЩИЕ МИНЕРАЛЫ

Из большого числа минералов, слагающих верхнюю часть литосферы, наиболее распространены следующие породообразующие минералы: ***кварц, полевые шпаты, роговая обманка, слюды, оливин, тальк, кальцит, доломит, гипс, каолинит*** и др.

Основные представители породообразующих минералов приведены в табл. 2.

Таблица 2

### ОСНОВНЫЕ ПОРОДООБРАЗУЮЩИЕ МИНЕРАЛЫ

Группы		Наименование минерала, его химический состав	Твердость	Блеск	Цвет	Излом, спайность	Примечание
1		2	3	4	5	6	7
Окислы и гидроокислы	группа кварца	КВАРЦ $\text{SiO}_2$	7	Стеклянный, жирный	Белый, бесцветный, серый	Несовершенный раковистый	
		КРЕМЕНЬ	6...7	Жирный	Серый, желтый, черный	Раковистый	
		ЛИМОНИТ (бурый железняк) $2\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$	1...5	Тусклый, матовый	Ржаво-желтый, желто-бурый	Землистый излом	Цвет черты желтый
Силикаты		ПОЛЕВЫЕ ШПАТЫ	6	Стеклянный	Кремевый, розовый, буровато-желтый	Спайность совершенная	Сильный блеск по плоскости спайности
		ЛАБРАДОР	6...6,5	Стеклянный, перламутровый	Темно-серый, серый, голубой, синий	Спайность совершенная	Свойство иризации

Продолжение табл. 2

1	2	3	4	5	6	7	
Силикаты		ОЛИВИН (перидот) $[Mg,Fe]_2SiO_4$	6,5...7	Стеклянный, жир- ный	Оливково- зеленый, буроватый	Неровный, несовершенная	Встречается в виде зернистых агрегатов
		РОГОВАЯ ОБМАНКА	5,5...6	Шелковистый, стеклянный	Темно-зеле- ный, черный	Занозистый, совершенная	
	Слюды	МУСКОВИТ $KAl_2(OH)_2[AlSi_3O_{10}]$	2...3	Стеклянный, перламутровый	Бесцветный, желтоватый	Весьма совершенная	
		БИОТИТ $K[Mg,Fe]_3[Si_3AlO_{10}]$	2...3	Стеклянный, перламутровый	Черный, зеленовато- черный	Весьма совершенная	
Карбонаты	КАЛЬЦИТ $CaCO_3$	3	Стеклянный, перламутровый	Бесцветный, белый	Совершенная	Бурно реагирует с соляной кислотой	
	ДОЛОМИТ $CaMg(CO_3)_2$	3,5...4	Стеклянный, перламутровый	Белый, желтый, серый	Совершенная	Реагирует с соляной кислотой только в порошке	
Сульфаты	ГИПС $CaSO_4 \cdot 2H_2O$	2	Стеклянный, перламутровый, шелковистый	Белый, желтый, серый, розовый	Весьма совершенная	Ухудшает строительные свойства пород	
	АНГИДРИТ $CaSO_4$	3...3,5	Стеклянный, пер- ламутровый, шелковистый	Голубоватый, сероватый	Совершенная	Ухудшает строи- тельные свой- ства пород, гидратизируется	

Окончание табл. 2

1	2	3	4	5	6	7
Сульфиды	ПИРИТ (серный колчедан) $\text{FeS}_2$	6...6,5	Металлический	Латунно-желтый, золотистый	Неровный, раковистый, несовершенная	При выветривании образуют $\text{H}_2\text{SO}_4$
Галоиды	ГАЛИТ (каменная соль) $\text{NaCl}$	2,0	Жирный, стеклянный	Белый, серый, розоватый, синий, бесцветный	Совершенная	Вкус соленый, ухудшает строительные свойства грунтов
	СИЛЬВИН $\text{KCl}$	2,0	Жирный, стеклянный	Бесцветный, молочно-белый, желтовато-красный, синий	Совершенная	Вкус горько-соленый ухудшает строительные свойства грунтов
Глинистые грунты	КАОЛИНИТ $\text{Al}_4[\text{Si}_4\text{O}_{10}](\text{OH})_8$	1,0	Матовый	Белый, сероватый	Излом землистый	Продукт разрушения силикатов
	МОНТМОРИЛЛОНИТ $\text{AlMg}_2(\text{OH})_2[\text{Si}_4\text{O}_{10}] \cdot n\text{H}_2\text{O}$	1,0	Жирный, матовый	Белый, светло-зеленый	Излом землистый	Набухает, увеличиваясь в объеме в 18 раз
Органические соединения	АСФАЛЬТ БИТУМ ОЗОКЕРИТ (горный воск)	2,0		Темно-бурый, черный		

## **ОКИСЛЫ И ГИДРООКИСЛЫ**

К этому классу относятся минералы, представляющие собой соединения различных элементов с кислородом и гидроксильной группой *ОН*. По количеству минералов этот класс стоит на одном из первых мест, по весу же на его долю падает около 17% массы всей литосферы.

**КВАРЦ** ( $\text{SiO}_2$ ) – твердость 7,0. Спайности нет. Блеск стеклянный на гранях, жирный на изломе. Излом раковистый. Цвет белый, молочный, дымчатый, желтоватый, розоватый, бесцветный. Черты не дает. Кристаллы удлиненной призматической формы с пирамидальными окончаниями. На гранях поперечная штриховка. Плотность 2,65 г/см<sup>3</sup>.

Бесцветные кристаллы кварца называются *горным хрусталем*, белого – *молочным кварцем*, фиолетового – *аметистом*, дымчатого – *раухтопазом*, черного – *морионом*.

**КРЕМЕНЬ** (халцедон) ( $\text{SiO}_2$ ) – твердость 6...7. Спайности нет. Блеск мутно-жирный. Излом занозисто-раковистый, скорлуповато-раковистый. Цвет: светло-серый, желтый, голубоватый, черный. Черты не дает. Кристаллов не образует. Плотность 2,6 г/см<sup>3</sup>. При ударе о сталь искрит и издает характерный запах.

Кремень – тонкозернистый пятнистый или полосчатый агрегат халцедона, скрытокристаллической разновидности кварца. Образуется из распавшихся скелетных остатков кремневых организмов, то есть из геля кремнезема, который, постепенно теряя воду и уплотняясь, превращается в опал и затем в халцедон. Часто содержит включения органических остатков. Встречается в виде желваков (конкреций), главным образом в меловых известняках, никогда не образуя связных пластов. Характерна белая пористая поверхностная корка (но это – не известняк!).

**ОПАЛ** ( $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ ) – аморфная масса, состоящая из кремнезема и воды и образовавшаяся из геля кремнезема. Встречается в виде прожилков, гнезд и корок. Выполняет трещины и пустоты в горных породах, образуя натечные формы.

Твердость 5...5,5. Спайности нет. Блеск слабый стеклянный или жирный, матовый до воскового и перламутрового. Излом раковистый, неровный. Цвет белый, желтый, серый, синий, бурый. Просвечивает в краях. Черта светлая (белая). Кристаллов не дает. Плотность 1,9...2,5 г/см<sup>3</sup>.

ЛИМОНИТ (бурый железняк). Твердость 5...5,5, в выветрелых разностях до 1,0. Блеск матовый, тускло-металлический. Излом раковистый, занозистый или землистый. Цвет ржаво-желтый, желто-бурый, темно-бурый. Спайность отсутствует. Черта желтовато-бурая и бурая. Кристаллы не встречаются. Плотность 3...4 г/см<sup>3</sup>.

Лимонит – минерал поверхностного происхождения и образуется за счет выветривания всех других железосодержащих минералов или выпадения из грунтовых вод в местах выхода их на дневную поверхность (болотная руда). Формы выделения могут быть землистыми, волокнистыми, оолитовыми, плотными, натечными. Присутствие лимонита придает характерную красновато-бурую или желтую окраску глинам, пескам и другим горным породам.

### **СИЛИКАТЫ**

Силикаты представляют собой наиболее многочисленный класс, включающий примерно около трети всех известных минералов. Они составляют около 85% массы земной коры. Горные породы, содержащие минералы класса силикатов, широко используются в строительстве дорог и аэродромов.

ПОЛЕВЫЕ ШПАТЫ. К ним относятся многочисленные виды и разновидности минералов, широко распространенных в земной коре. Вероятно, отсюда и их название «полевые», то есть встречающиеся на каждом поле.

Общими свойствами этой группы минералов являются: твердость 6,0. Спайность совершенная в двух направлениях под углом, близким к 90°. Блеск сильный стеклянный по плоскостям спайности. Излом неровный. Цвет белый, кремоватый, розовый, зеленый, желтый. Черта бесцветная или белая. Кристаллы призматические или таблитчатые. Плотность 2,6...2,7 г/см<sup>3</sup>.

Полевые шпаты делятся на две группы: *калиевые полевые шпаты*, к которым относятся ортоклаз, адуляр, санидин и микроклин, и *известково-натровые полевые шпаты (плагиоклазы)*, к которым относятся альбит (100% Ab), олигоклаз (80% Ab), андезин (60% Ab), лабрадор (40% Ab), битовнит (20% Ab) и анортит (10% Ab). Визуально различить все вышеуказанные разновидности полевых шпатов трудно, различают их в шлифах под микроскопом.

**ЛАБРАДОР.** Твердость 6...6,5. Спайность совершенная в двух направлениях. Блеск стеклянный, перламутровый. Излом неровный. Цвет серый до черного с голубоватыми, зеленоватыми и синими переливами (иризация). Черта бесцветная или белая. Плотность 2,6...2,76 г/см<sup>3</sup>. Мелкие и крупные таблитчатые кристаллы с заметной штриховкой на плоскостях спайности.

Лабрадор является породообразующим минералом основных магматических горных пород, например, лабрадоритов.

**ОЛИВИН (перидот).**  $(Mg, Fe)_2 [SiO_4]$  – силикат магния и железа. Твердость 6,5...7,0. Блеск стеклянный и жирный. Спайность средняя или несовершенная. Излом неровный, у агрегатов – зернистый. Цвет оливково-зеленый до черного. Черта бесцветная. Плотность 3,2...4,3 г/см<sup>3</sup>.

Кристаллы редки, встречается чаще всего в виде зернистых агрегатов или желваков округлой формы. Является породообразующим минералом ультраосновных и основных магматических пород (пироксенитов, базальтов, габбро).

**РОГОВАЯ ОБМАНКА** – сложный алюмосиликат кальция, магния и железа. Твердость 5,5...6,0. Спайность, совершенная в двух направлениях. Блеск на плоскостях спайности шелковистый, стеклянный. Излом занозистый, ступенчато-неровный. Цвет зеленовато-черный и черный. Черта светлая, серо-зеленая. Плотность 3,1...3,3 г/см<sup>3</sup>. Кристаллы в виде сильно вытянутых призм или столбиков, обычно шестиугольного сечения, имеют длинноволокнистую, игольчатую форму.



## СЛЮДЫ

Целый ряд минералов класса силикатов имеет слоистое строение кристаллической решетки, вследствие чего им присуща листоватая форма кристаллов, весьма совершенная спайность в одном направлении и низкая твердость. К слоистым силикатам следует отнести *минералы группы слюд*, характерные для магматических и метаморфических горных пород. Слюды легко расщепляются по спайности на тонкие упругие листочки.

**МУСКОВИТ** – калиевая слюда. В старину был известен как «стекло из Московии».  $KAl_2(OH,F)_2 [AlSi_3O_{10}]$  – алюмосиликат. Твердость 2,0...3,0. Спайность, весьма совершенная в одном направлении. Блеск стеклянный, перламутровый, иногда серебристый, металловидный (в просторечье «кошачье серебро»). Излом неровный. В тонких чешуйках прозрачен. Цвета: слегка желтоватый, розоватый или зеленоватый до бесцветного. Черта белая, бесцветная, иногда слегка коричневатая. Плотность 2,7...3,0 г/см<sup>3</sup>. Расщепляется легко на тонкие упругие листочки и чешуйки. Легко гнется, эластичен.

**БИОТИТ** – магнезиально-железистая слюда. Это самая распространенная из слюд:  $K(Mg,Fe)_3(OH,F)_2 [AlSi_3O_{10}]$  – алюмосиликат. Твердость 2,0...3,0. Плотность 3,0...3,1 г/см<sup>3</sup>. Блеск стеклянный, перламутровый, на выветрелой поверхности имеет золотисто-желтый цвет и металловидный блеск (в просторечье «кошачье золото»). Прозрачен. Цвета: темно-зеленый, темно-бурый, черный. Черта белая. Спайность весьма совершенная в одном направлении.

Эластичен, гибок и расщепляется на тонкие упругие листочки. Обычно представлен пластинчатыми агрегатами. *Флогопит* – магнезиальная слюда, очень похожая внешне на биотит. *Рубеллан* – коричневатого или кирпично-красная разновидность биотита. Встречается в эффузивных породах. *Глауконит* – зеленая гидрослюда, мельчайшие темно-зеленые чешуйки. Продукт преобразования биотита в морской воде. Распространен в осадочных породах морского происхождения. *Бауэрит* («кошачье золото») – камень с бронзовым отливом.

Биотит отличается от мусковита цветом, меньшей прозрачностью (он только просвечивает) и несколько большей плотностью.

### **КАРБОНАТЫ**

Минералы этого класса представляют собой соли угольной кислоты, широко распространены в земной коре, слагают массивы известняков, доломитов, мела, мрамора и мергелей. Эти минералы преимущественно осадочного происхождения и являются породообразующими для осадочных и метаморфических горных пород. Для карбонатов характерна способность вступать в реакцию с соляной кислотой; при этом происходит выделение пузырьков углекислого газа, что создает впечатление «вскипания» минерала.

**КАЛЬЦИТ** ( $\text{CaCO}_3$ ) (известковый или исландский шпат). Кристаллы весьма распространены. Крупные кристаллы образуются в трещинах и друзовых полостях. Твердость 3,0. Спайность весьма совершенная в трех направлениях. Раскалывается на косые параллелепипеды (ромбоэдры). Блеск стеклянный до перламутрового и жирного. Излом ступенчатый. Цвет белый, сероватый, голубой, розовый, иногда совершенно бесцветен и прозрачен. Черта белая до сероватой. Плотность 2,7 г/см<sup>3</sup>. Бурно реагирует со слабой соляной кислотой.

Кальцит – наиболее распространенный минерал класса карбонатов, встречается в виде друз или отдельных кристаллов; часто дает натечные образования в виде сталактитов и сталагмитов. Примесями может быть окрашен в различные цвета. Бесцветная прозрачная разновидность кальцита называется *исландским шпатом*, последний обладает свойством двойного лучепреломления.

**ДОЛОМИТ** ( $\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$ ). Твердость 3,5...4,0. Спайность совершенная в трех направлениях. Блеск стеклянный или перламутровый. Излом ступенчатый. Цвет белый, желтый, серый; случайными примесями может быть окрашен в различные цвета сероватых и черных тонов. Черта белая. Плотность 1,8...2,9 г/см<sup>3</sup>.

Кристаллы образует редко, чаще встречается в виде плотных мраморовидных масс и в пластах, нередко большой мощности.

Внешне очень похож на полевые шпаты, но имеет, в отличие от последних, меньшую твердость – царапается стеклом – и реакцию с соляной кислотой только в порошке.

### **СУЛЬФАТЫ**

Минералы этого класса в большинстве своем являются породообразующими для осадочных горных пород. Они образуются в результате осаждения солей серной кислоты из поверхностных вод (химические осадки морских, лагунных или озерных соленых водоемов) или являются продуктами окисления сульфидов. При разложении ухудшают строительные свойства грунтов.

ГИПС ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ). Твердость 2,0. Спайность весьма совершенная в одном направлении. Блеск стеклянный с перламутровым отливом, в волокнистых разновидностях – шелковистый. Цвет белый, желтый, серый, розовый. Встречается бесцветный или прозрачный гипс. Черта белая. Плотность 2,0...2,3 г/см<sup>3</sup>. Кристаллы столбчатые или таблитчатые. Листочки гибкие, но не упругие.

Кристаллы чаще всего таблитчатые, вытянутые или же игольчатые (волокнистые). Излом у волокнистых разновидностей занозистый. Обычны крестовидные двойники прорастания или же двойниковые сростки в виде «ласточкина хвоста». В областях с засушливым климатом встречаются сростки, собранные розеткой – «розы пустыни».

Легко царапается (чертится) ногтем. Кристаллы гипса волокнистого строения носят название *селенита*. *Алебастр* – плотная белая или мрамороподобная разновидность гипса.

АНГИДРИТ ( $\text{CaSO}_4$ ) (по-гречески «безводный»). Твердость 3,0...3,5. Спайность совершенная по трем взаимно перпендикулярным направлениям. Блеск стеклянный до жирного, иногда с перламутровым отливом. Цвет белый, иногда минерал слабо окрашен в голубоватые и сероватые тона. Черта белая или светло-серая. Излом в сплошных массах зернистый, а в крупных зернах – ступенчатый. Обычно встречается в виде плотных мелкозернистых масс серовато-голубоватой или голубовато-сероватой окраски. Плотность 2,8...3,0 г/см<sup>3</sup>.

Внешне он напоминает мрамор. При длительном контакте с водой ангидрит переходит в гипс, увеличиваясь при этом в объеме до 30%.

## **СУЛЬФИДЫ**

Этот класс по количеству минералов занимает второе место после силикатов, но по распространенности в земной коре минералы класса сульфидов занимают одно из последних мест и не являются породообразующими. Вместе с тем многие из этих минералов имеют большое практическое значение. Происхождение сульфидов связано главным образом с выпадением из горячих водных растворов, реже с застыванием магмы и холодными растворами.

ПИРИТ (серный или железный колчедан) ( $\text{FeS}_2$ ). Твердость 6,0...6,5. Спайности нет. Блеск сильный металлический. Излом неровный до раковистого, у агрегатов – зернистый. Цвет латунно-желтый, золотистый. Черта зеленовато-черная. Плотность 4,9...5,2 г/см<sup>3</sup>.

Пирит один из наиболее распространенных минералов этого класса, часто встречается в виде хорошо выраженных кристаллов кубической формы, часто с параллельной штриховкой на гранях, реже в виде зернистых или плотных агрегатов и округлых конкреций, имеющих радиально-лучистое строение.

Пирит нередко образует большие скопления, которые разрабатываются с целью получения из него серной кислоты.

При воздействии кислорода воздуха и воды пирит разрушается с образованием серной кислоты, которая, в свою очередь, разрушает горную породу, содержащую пирит. Поэтому применение горных пород, содержащих пирит, в качестве материала для возведения сооружений или основания, рассчитанных на длительный срок службы, нежелательно. В рассеянном виде пирит встречается в осадочных, магматических и метаморфических горных породах.

## **ГАЛОИДЫ**

К этому классу относится большое количество минералов, представляющих собой соли галоидных кислот, выпадающие из водных растворов. Только немногие минералы этого класса, главным образом хлориды, имеют породообразующее значение для осадочных

горных пород. При разложении (выветривании) галоидов с образованием кислот строительные свойства грунтов ухудшаются.

ГАЛИТ (каменная соль) ( $\text{NaCl}$ ). Твердость 2,5. Спайность совершенная в трех направлениях. Раскалывается на кубики. Блеск стеклянный, жирный. Излом ступенчатый до ровного. Цвет белый; иногда синеватый, желтоватый, розоватый, сероватый. Кристаллы имеют форму куба. Чистый галит бесцветен и прозрачный. Черта белая. Плотность 2,0...2,2 г/см<sup>3</sup>. Имеет соленый вкус.

Галит наиболее распространенный минерал этого класса, встречается обычно в виде кристаллических агрегатов и редко в виде отдельных бесцветных и прозрачных кристаллов кубической формы. Цвет галита зависит от примеси посторонних веществ. Является лагунно-морским химическим осадком или отложением соленых озер.

СИЛЬВИН (хлористый калий) ( $\text{KCl}$ ). Твердость 2,0. Спайность совершенная в трех направлениях, параллельно граням куба. Блеск стеклянный, жирный. Излом ступенчатый до ровного. Цвет пестрый – белый, красноватый, голубоватый, кирпично-красный; бесцветный прозрачный. Плотность 2,0...2,2 г/см<sup>3</sup>. Имеет жгучий горько-соленый вкус.

Сильвин и галит хорошо растворяются в воде.

### **ГЛИНИСТЫЕ МИНЕРАЛЫ**

По химическому составу глинистые минералы относятся к силикатам, но по своим свойствам они резко отличаются от них, что и вызвало необходимость выделить их в отдельный класс. Отличительными чертами глинистых минералов являются микроскопический размер кристаллов (1...2 мк), способность к набуханию в воде, наличие поглотительной способности и электрического заряда, усадка при высыхании, пластичность, липкость и изменение физико-механических свойств в присутствии воды, возможность образования коллоидных систем, обладающих явлением тиксотропии (разжижения). Глинистые минералы являются составной частью глинистых осадочных горных пород.

КАОЛИНИТ представляет собой главную составную часть фарфоровой белой глины – каолина. Твердость 1,0. Блеск тусклый, матовый, жирный. Излом землистый. Цвет белый, слегка желтоватый или сероватый. Плотность 2,6 г/см<sup>3</sup>.

Встречается в виде плотных и землистых масс, часто похожих на мел, но в отличие от него с соляной кислотой не реагирует. На ощупь пыльный, пачкает руку, пишет слабо, гигроскопичен, липнет к языку. При взаимодействии с водой набухает незначительно, увеличиваясь в объеме всего в 1,5 раза.

МОНТМОРИЛЛОНИТ. Твердость 1,0. Блеск жирный, матовый. Излом землистый. Цвет светло-зеленый, белый и в большой степени зависит от примесей. Плотность 2,0...2,5 г/см<sup>3</sup>.

На ощупь жирный, скользкий. Встречается в виде землистых масс. Внутренняя структура образована сочетанием слоев-пакетов, сложенных в стопку, которые способны раздвигаться при поглощении минералом воды или сужаться при ее удалении. При взаимодействии с водой монтмориллонитовые глины способны увеличивать первоначальный объем при набухании в 18 раз!

### **ОРГАНИЧЕСКИЕ СОЕДИНЕНИЯ**

Минералы данного класса представляют собой преимущественно соединения углеводородного состава. По своему происхождению они связаны либо с накоплением остатков растительных организмов и последующим их изменением, либо с кристаллизацией высокомолекулярных углеводородов при охлаждении нефти (асфальт, озокерит).

Органические соединения носят общее название *каустобиолиты* и имеют огромное практическое применение в строительстве. Жидкие производные каустобиолитов (битумы, деготь и др.) отличаются резко выраженными гидрофобными свойствами.

АСФАЛЬТ. Твердость 2,0. Плотность 1,0...1,2 г/см<sup>3</sup>. Представляет собой продукт окисления нефти. Цвет коричнево-черный и черный. Блеск смолистый. Запах битуминозный. Мягок, легок, легко плавится. В бензине растворяется, окрашивая его в бурый цвет. Залегает в форме жил.

БИТУМ. Твердость 2,0. Блеск матовый, стеклянный. Цвет темно-бурый, черный. Плотность 1,0...1,2 г/см<sup>3</sup>. Легко плавится, растворяется в бензине, окрашивая его в бурый цвет. Запах битуминозный.

ОЗОКЕРИТ (горный воск). Твердый воскоподобный продукт от светло-желтого до черного цвета, нефтяного происхождения. Легко плавится. Плотность 0,91...0,97 г/см<sup>3</sup>. В мелких кусочках мнется в руке. Просвечивает, жирный на ощупь. По внешнему виду сходен с воском.

## 5. ОПРЕДЕЛЕНИЕ МИНЕРАЛОВ

Для определения минералов существуют лабораторные и полевые методы. Лабораторные методы: кристаллографический, оптический, рентгеноскопический, химический и др., требуют специального, часто довольно сложного оборудования.

Полевой метод основан на определении физических свойств минералов. Для определения минералов этим методом применяется простейшее оборудование и реактивы: молоток, перочинный нож, стекло и флакон с 10%-ным раствором соляной кислоты, матовая фарфоровая пластинка (бисквит).

С помощью молотка обкалывают края образцов, если необходимо получить свежий излом.

Ноготь, нож и стекло необходимы для определения твердости минерала. Соляная кислота – для выявления карбонатов, а бисквит – для определения цвета минерала в порошке или цвета черты.

Определение физических свойств минералов ведут в следующем порядке: твердость, спайность, блеск, излом, цвет и дополнительные признаки.

Твердость минерала определяют царапанием его ногтем, стеклом или ножом, или наоборот (см. табл. 1).

Далее определяют характер спайности по наличию ровных, гладких и блестящих поверхностей.

Затем устанавливают вид блеска и характер излома.

После чего определяют цвет минерала, наличие реакции с соляной кислотой, иризации и прочих дополнительных признаков.

Для облегчения определения минералов при самостоятельной работе с коллекцией минералов предлагается табл. 3, в которой минералы сгруппированы по твердости и указаны их наиболее характерные диагностические признаки.

Более полные характеристики минералов даны выше.

Таблица 3

Название минералов	Наиболее характерные (диагностические) признаки
1	2
<b>Минералы с твердостью до 2</b> (легко царапаются ногтем)	
КАОЛИНИТ	похож на мел, пачкает руки, пишет плохо, с соляной кислотой не реагирует
МОНТМОРИЛЛОНИТ	скользкий, жирный на ощупь
<b>Минералы с твердостью от 2 до 3</b> (царапаются ногтем или легко царапаются стеклом)	
МУСКОВИТ	бесцветная или слабоокрашенная слюда, легко расщепляется на тонкие гибкие и упругие прозрачные листочки (чешуйки)
БИОТИТ	темноцветная слюда, легко расщепляется на тонкие, гибкие и упругие непрозрачные темного, почти черного цвета листочки (чешуйки)
ГИПС	прозрачные кристаллы расщепляются на тонкие пластинки, зернистый белого и розоватого цвета, волокнистый с шелковистым блеском и занозистым изломом
ГАЛИТ	солёный на вкус, бесцветный, белый или светлосерый
СИЛЬВИН	пестроокрашенный, горько-солёный на вкус
АСФАЛЬТ, БИТУМ	битуминозный запах
ОЗОКЕРИТ	похож на воск
<b>Минералы с твердостью от 3 до 4</b> (легко царапаются стеклом или стальным ножом, иголкой)	
КАЛЬЦИТ	форма кристаллов - параллелепипеды (ромбоэдри) со скошенными гранями, хорошо реагирует с соляной кислотой



Продолжение табл. 3

1	2
ДОЛОМИТ	похож на полевые шпаты, но твердость меньше, с соляной кислотой реагирует только в порошке
АНГИДРИТ	голубовато-сероватый цвет, с соляной кислотой не реагирует
<b>Минералы с твердостью от 5 до 6</b> (царапаются стальным ножом, иглой или оставляют царапину на стекле)	
ОПАЛ	встречается в виде натечных форм, раковистый излом, окраска светлая
ЛИМОНИТ	ржаво-желтый цвет, черта желтовато-бурая, обычно имеет натечные формы
РОГОВАЯ ОБМАНКА	черный цвет, занозистый излом и беспорядочное расположение кристаллов с шелковистым блеском вдоль вытянутой стороны кристалла
<b>Минералы с твердостью от 6 до 7</b> (царапают стекло или стальной нож)	
КРЕМЕНЬ	излом раковистый, окраска темная, блеск матовый или мутно-жирный
ПОЛЕВЫЕ ШПАТЫ	сильный стеклянный блеск по плоскостям спайности
ЛАБРАДОР	полевой шпат черного цвета со свойством иризации
ОЛИВИН	оливково-зеленый почти черный цвет, слагает зернистые агрегаты
ПИРИТ	латунно-желтый, золотистый цвет, металлический блеск, черта зеленовато-черная, кристаллы в форме кубиков
<b>Минералы с твердостью от 7 и более</b> (легко царапают стекло или режут его)	
КВАРЦ	отсутствие спайности, стеклянный блеск по излому, раковистый излом

## 6. ГОРНЫЕ ПОРОДЫ

Все горные породы представляют собой агрегаты, сложенные теми или иными минералами или обломками исходных горных пород. Горные породы различаются по своему минералогическому составу, определяющему их химический или солевой составы, и по состоянию (плотность сложения, влажность, степень выветрелости и т.д.), а также структурно-текстурным особенностям.

По своему происхождению (генезису) они делятся на три класса: *магматические, осадочные и метаморфические*. Принцип такой генетической классификации был предложен в 1763 году М.В. Ломоносовым, и в дальнейшем, по мере развития геологии, эта классификация была доработана академиками Ф.Р. Левинсоном-Лессингом, А.П. Карпинским и другими учеными.

Генетическая классификация горных пород учитывает условия их образования, которые определяют общий характер строения пород данной группы и, соответственно, ряд важнейших свойств горных пород, и, следовательно, области и условия применения природных каменных материалов в строительстве.

Наибольший интерес представляют ***горные породы магматического, осадочного и метаморфического происхождения***.

Ниже в табл. 4 представлены наиболее распространенные в природе магматические горные породы.

Таблица 4

**ГЛАВНЕЙШИЕ МАГМАТИЧЕСКИЕ ПОРОДЫ**

Степень кислотности (содержание SiO <sub>2</sub> , %)	Порода по условиям образования		Преобладающие цвета	Минералогический состав, %			Удельный вес, кН/м <sup>3</sup>
	Интрузивная (глубинная)	Эффузивная (излившаяся)		Кварц	Полевые шпаты	Цветные минералы	
Кислые (65...75)	<b>ГРАНИТ</b>	<b>КВАРЦЕВЫЙ</b>	Светлые (белые, розовые, красные)	15...40	Светлые 40...60	Слюда, роговая обманка (5-10)	Легкие (26,0...27,0)
		<b>ПОРФИР</b>					
		<b>ОБСИДИАН</b>					
		<b>ПЕМЗА</b>					
Средние (55...65)	<b>СИЕНИТ</b>	<b>ТРАХИТ</b>	Розоватые, светло-серые, зеленовато-серые	Нет	Светлые 85...90	Роговая обманка, авгит, биотит (10-30)	Средние (27,0...29,5)
	<b>ДИОРИТ</b>	<b>ПОРФИРИТ</b>					
		<b>АНДЕЗИТ</b>			70		
Основные (45...55)	<b>ГАББРО</b>	<b>ДИАБАЗ</b>	Темно-серые, черные	Нет	50 Лабрадор	Роговая обманка, оливин (50)	Тяжелые (28,0...31,0)
Ультраосновные (35...45)	<b>ПИРОКСЕНИТ</b>	-	Черные, зеленовато-черные	Нет	Нет	Оливин, роговая обманка, (до 100)	Ультратяжелые (>32,0)
<b>ВУЛКАНИЧЕСКИЙ ТУФ</b>							

## 7. МАГМАТИЧЕСКИЕ ГОРНЫЕ ПОРОДЫ

Магматические горные породы образуются в результате остывания и кристаллизации природных силикатных расплавов или магмы, возникающих в глубинных зонах земной коры. В зависимости от условий, в которых происходит превращение расплава в твердое тело, различают *интрузивные* (затвердевшие на глубине) и *эффузивные* (затвердевшие на поверхности земли) породы.

Поскольку в глубинных условиях снижение температуры и давления происходит медленно, то магма застывает постепенно, образуя равномерно-крупнозернистую породу. Благодаря весьма медленному охлаждению под покровом вышележащих слоев мощностью несколько километров минералы хорошо выкристаллизовываются; зерна становятся различимыми невооруженным глазом. Кристаллы минералов располагаются в породе без какой-либо ориентировки. Породы очень плотные и имеют незначительный объем пор.

При излиянии магмы на поверхность температура и давление снижаются чрезвычайно быстро и из магмы, называемой уже лавой, быстро улетучивается большая часть газообразных компонентов (пары воды, газы). Поэтому эффузивные породы даже внешне довольно легко отличаются от интрузивных магматических пород.

Существенное различие между интрузивными и эффузивными магматическими породами заключается в их структуре. Лавы, из которых образовались эффузивные магматические породы, остывали намного быстрее, чем интрузивные, поэтому в них кристаллы минералов в основном весьма мелкие, микроскопических размеров. Невооруженным глазом их не разглядишь. Лишь отдельные более крупные кристаллы бывают хорошо образованы; они имеют резкие контуры и свою собственную, типичную для них форму. Такая структура называется *порфировой*, а эти кристаллы *порфировыми* *вкрапленниками*. Порфировая структура – характерная особенность эффузивных магматических пород.

Если магма остывает очень быстро, то кристаллы вообще не успевают появиться, и вся масса породы оказывается *аморфной*, *стекловатой*. Подобные породы называют *вулканическими* *стеклами*. К ним принадлежат обсидиан и пемза.

## ХИМИКО-МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЙ СОСТАВ

Химический состав магматических пород довольно разнообразный и состоит преимущественно из окислов кремния, алюминия, железа, магния, кальция, натрия и калия, на долю которых приходится 96,88 % весового состава пород. Среди них наибольшую роль играет кремнезем ( $\text{SiO}_2$ ), поэтому магматические породы можно назвать силикатными.

В основу химической классификации магматических горных пород положено содержание  $\text{SiO}_2$ , как главного окисла, в соответствии с чем они подразделяются на следующие группы: *кислые* – от 75 до 65%  $\text{SiO}_2$ , *средние* – 65...55%, *основные* – 55...45%, *ультраосновные* – менее 45%.

Минералогический состав пород тесно связан с их химическим составом и условиями кристаллизации. В магматических горных породах содержится довольно большое число породообразующих минералов, главными из которых являются: кварц, полевые шпаты, мусковит, биотит, роговая обманка, оливин. Породообразующие минералы обычно составляют 90...95% породы и определяют ее структуру, состав и физические свойства.

## СТРУКТУРА И ТЕКСТУРА

Структура и текстура магматических горных пород относятся к числу основных генетических и диагностических признаков пород. Они определяются составом магмы и условиями ее кристаллизации.

**Структура** – это совокупность признаков, характеризующих особенности внутреннего строения породы, обусловленные формой и величиной слагающих породу минералов, а также степенью их кристаллизации.

По степени кристаллизации выделяются следующие структуры:

- *полнокристаллическая* структура, когда магма полностью раскристаллизована и все минералы в породе представлены хорошо видимыми кристаллами;
- *порфировая* структура, когда в основную тонкозернистую или аморфную массу включены крупные и обычно хорошо ограненные кристаллы. Иногда основная масса породы может быть также

раскристаллизована и состоять из очень мелких кристалликов различных минералов;

- *стекловатая* структура, когда вся масса породы целиком сложена вулканическим стеклом.

По абсолютному размеру кристаллов выделяются структуры:

- *гигантозернистая* с размером кристаллов более 50 мм;
- *крупнозернистая* – 50...5 мм;
- *среднезернистая* – 5...1 мм;
- *мелкозернистая* – менее 1 мм;
- *скрытокристаллическая* – кристаллы различимы лишь под микроскопом.

**Текстура** – комплекс особенностей, характеризующих внешний вид породы, т.е. относительное расположение составных частей породы, способ заполнения пространства и степень компактности породы.

По расположению в породе кристаллов различных минералов выделяют:

- *массивную* текстуру, которая отличается беспорядочным расположением минералов разного цвета в массе породы;
- *пятнистую* текстуру, которая возникает при неравномерном распределении темных и светлых минералов в массе породы.

По степени компактности породы или по способу заполнения пространства массой горной породы выделяют текстуры:

- *плотную*, когда все пространство породы заполнено минеральной массой и пустоты или поры в породе отсутствуют;
- *пористую*, когда порода имеет поры или пустоты различной величины (макропористая и микропористая текстуры);
- *пемзовая (шлаковая)*, когда объем пустот превышает объем твердого материала породы.

Пористая и пемзовая текстуры образуются у излившихся пород из магм, насыщенных большим количеством паров воды и газов.

## **КЛАССИФИКАЦИЯ МАГМАТИЧЕСКИХ ГОРНЫХ ПОРОД**

Для глубинных магматических пород характерны полнокристаллическая структура и массивная, пятнистая, плотная текстура.

Излившиеся магматические породы, как правило, имеют скрытокристаллическую, порфиоровую, стекловатую структуру и массивную, пористую, пемзовую текстуру.

Помимо условий образования, структурных и текстурных признаков для классификации магматических горных пород используется их химический состав, а точнее содержание окиси кремния.

**Кислые** горные породы наиболее широко распространены среди магматических пород. Наиболее характерной их особенностью является перенасыщенность кремнеземом, благодаря чему в них всегда присутствует кварц.

**Средние** горные породы наиболее широко представлены в природе эффузивными разностями. Основными породообразующими минералами являются полевые шпаты (до 70%) и роговая обманка (до 30%), кварц отсутствует.

**Основные** горные породы распространены довольно широко. По минералогическому составу они представлены преимущественно темноцветными минералами, отсутствием кварца и светлых полевых шпатов.

**Ультраосновные** горные породы встречаются очень редко и преимущественно в виде глубинных пород. Породообразующими являются железо-, магнийсодержащие темноцветные минералы: оливин, реже роговая обманка. Полевые шпаты и кварц отсутствуют полностью.

## ОПИСАНИЕ ОТДЕЛЬНЫХ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ МАГМАТИЧЕСКИХ ГОРНЫХ ПОРОД

### **КИСЛЫЕ ПОРОДЫ**

Для всех кислых пород характерно присутствие кварца и значительного количества светлых полевых шпатов, что придает породам светлую окраску и обуславливает их низкую плотность (около 2,7 г/см<sup>3</sup>).

ГРАНИТ – глубинная порода, обладающая полнокристаллической, обычно среднезернистой, реже крупно- и мелкозернистой структурой. Текстура плотная, массивная. Окраска гранитов преимуще-

ственно светлая – серая, розовато- и красновато-серая (реже встречаются зеленоватые граниты), определяется цветом полевых шпатов и количественным соотношением светлых и черных минералов.

Минералогический состав: полевые шпаты (легко определяются по спайности, стеклянному блеску и окраске, обычной красной, белой и серовато-желтой); кварц (присутствует в виде бесцветных или дымчато-серых до черных зерен неправильной формы с жирным блеском на неровном или раковистом изломе); темноцветные минералы – биотит и реже роговая обманка.

Отдельные переходные разновидности гранита обладают порфировидной структурой, в которой более крупные кристаллы (например, ортоклаз) вкраплены на общем равномерном мелкокристаллическом фоне. К этой разновидности относится финляндский гранит – *рапакиви* (по-фински – гнилой, крошащийся камень), широко распространенный в Карелии и Финляндии. Характерным признаком рапакиви служит яйцевидная форма кристаллов ортоклаза розового и красного цветов, окруженных зеленоватой или серой тонкой каемкой олигоклаза (из группы плагиоклазов). Рапакиви по сравнению с другими разновидностями гранитов легче выветривается вследствие разрушения олигоклаза и выпадения кристаллов ортоклаза.

ПЕГМАТИТ (письменный гранит) – жильная порода глубинного происхождения. Структура полнокристаллическая, гигантозернистая и крупнозернистая. Состоит из светлых полевых шпатов и ориентированных вростков кристаллов кварца, имеющих форму узких клиньев или вытянутых капель. На поперечном срезе породы получается рисунок, напоминающий древние письмена или иероглифы, поэтому пегматиты часто называют письменным гранитом. Темно-серые «скелетные» вростки кварца на фоне светлого полевого шпата образуют рисунок, напоминающий еврейские письмена (отсюда еще одно название – «еврейский камень»). Окраска светлая (желтая, кремовая, белая), темноокрашенные минералы отсутствуют.

Известностью пользуются карельские пегматиты, содержащие «лунный камень» – беломорит (олигоглаз, иризирующий в голубых тонах) с побережья и островов Белого моря.



КВАРЦЕВЫЙ ПОРФИР является эффузивным аналогом гранита. Структура порфиристая, текстура плотная массивная. Кварцевый порфир имеет светлую, почти белую окраску основной скрытокристаллической массы, которая свойственна сильно разрушенным кристаллам светлых полевых шпатов и блестящим кристаллам кварца. Вкрапления темноцветных минералов присутствуют редко. Окраска светлая (серая, желтая, розовая).

ОБСИДИАН или ВУЛКАНИЧЕСКОЕ СТЕКЛО. Образуется при излиянии вязкой кислой магмы на поверхность земли и ее быстром остывании. *Вулканическое стекло* – термин, обозначающий не какую-либо определенную породу, а скорее структуру, свойственную целой группе излившихся пород. Их химизм может быть различным, но физическое состояние главным образом аморфное, как у обычных искусственных стекол; кристаллы могут присутствовать лишь в виде единичных включений. Текстура плотная, иногда с заметными полосами темного цвета. Темная, часто черная, красно-коричневая или темно-зеленая окраска вызвана тонкорассеянными оксидами железа. Черный обсидиан в тонких краях просвечивает серым; мелкие осколки обсидиана светлые и прозрачные. Характерны раковистый излом и острые режущие края обломков.

ПЕМЗА – высокопористая скрытокристаллическая порода, образовавшаяся при вулканических извержениях богатой газами магмы. Структура стекловатая, текстура высокопористая и может быть слоистой.

Вся масса пемзы, подобно губке, пронизана порами неправильной формы, которые ранее представляли собой газонаполненные полости. Окраска пемзы чаще всего светлая (белая, желтая, кремовая или розовая). Благодаря большой пористости пемза обладает очень малой плотностью – плавает в воде.

### **СРЕДНИЕ ПОРОДЫ**

Средние породы характеризуются большим содержанием темноцветных минералов, чем светлых. Из темных силикатов наиболее широко представлены биотит и роговая обманка. Такое соотношение

минералов определяет светлую окраску средних пород, на общем фоне которых выделяются темноцветные вкрапленники.

СИЕНИТ – глубинная порода, обладающая полнокристаллической, обычно среднезернистой структурой, текстура плотная массивная. Очень похож на гранит, но отличается по минералогическому составу – кварц отсутствует. Окраска обычно пестрая, серая или розовая, что зависит от цвета полевых шпатов, а также желтоватая или красноватая.

ТРАХИТ – излившийся аналог сиенита. Структура скрытокристаллическая с небольшим количеством мелких кристалликов – вкрапленников полевых шпатов и роговой обманки. Текстура массивная, может быть мелкопористой или плотной. Окраска светло-серая, серая.

ДИОРИТ – глубинная порода, обладающая полнокристаллической, средне- и мелкозернистой структурой, текстура плотная массивная. Светлые минералы представлены полевыми шпатами, придающими породе светло-серую или зеленовато-серую окраску, на фоне которой резко выделяются кристаллы темноцветных минералов, преимущественно роговой обманки. От гранитов отличается более темной окраской и отсутствием кристаллов кварца.

АНДЕЗИТ – излившийся аналог диорита. Структура скрытокристаллическая с небольшим количеством вкрапленников роговой обманки, биотита. Текстура плотная массивная. Окраска темно-серого, зеленовато-серого, иногда светло-серого, светло-бурого цвета.

ПОРФИРИТ – излившийся аналог диорита. Структура порфировая, основная масса скрытокристаллическая, текстура плотная массивная. Окраска темно-серая до черной, с вкрапленниками светлых полевых шпатов, часто теряющих свойственный им стеклянный блеск и приобретающих землистый излом.

## **ОСНОВНЫЕ ПОРОДЫ**

Для основных пород главными породообразующими минералами являются темные полевые шпаты, кроме того, могут присутствовать роговая обманка и, реже, оливин. Большое количество темноцветных минералов придает породе темную, зеленоватую, почти черную окраску и значительную плотность (2,8...3,1 г/см<sup>3</sup>).

ГАББРО – глубинная полнокристаллическая порода, состоящая из лабрадора, иногда в довольно большом количестве присутствуют оливин и роговая обманка. Структура преимущественно среднезернистая, текстура плотная массивная. Окраска черная, зеленоваточерная. Разновидность габбро, состоящая почти целиком из лабрадора, называется лабрадоритом. Окраска лабрадорита черная, темно-серая с голубовато-синими переливами.

БАЗАЛЬТ – излившийся аналог габбро. Обладает скрытокристаллической или стекловатой структурой, текстура плотная пористая с мелкими округлыми пустотками (на месте газовых пузырей). Окраска породы темно-серая, черная или зеленоваточерная. В общей нераскристаллизовавшейся массе присутствуют мелкие кристаллы плагиоклаза и оливина в виде тонких, часто точечных, блестящих вкраплений. Базальты – наиболее широко известные вулканические породы, имеющие в естественном залегании характерную шестигранную столбчатую отдельность.

ДИАБАЗ – излившийся аналог габбро. Структура скрытокристаллическая, текстура плотная массивная. Окраска темная, черная, темно-серая, часто с зеленоватым оттенком, однотонная без вкрапленников.

## **УЛЬТРАОСНОВНЫЕ ПОРОДЫ**

Ультраосновные породы являются интрузивными полнокристаллическими образованиями. Они обладают большой плотностью (более 3,2 г/см<sup>3</sup>), обусловленной их минералогическим составом. Породообразующими минералами ультраосновных пород являются

оливины и пироксены. Другие минералы класса силикатов практически отсутствуют.

**ПИРОКСЕНИТ** – глубинная полнокристаллическая порода, средне- и мелкозернистая структура, текстура плотная массивная. Окраска черная, зеленовато-черная при значительном содержании оливина. Порода, нацело состоящая из оливина, называется перидотитом и имеет зеленовато-черный цвет. Излившиеся аналоги в России не известны.

**ВУЛКАНИЧЕСКИЙ ТУФ** – магматическая порода, которая не входит ни в одну из вышеназванных групп ни по условиям образования, ни по степени кислотности. Образование вулканического туфа связано с вулканическим извержением.

Вулканические выбросы в виде мелкозернистых рыхлых масс называют вулканическими пеплами, а самые тонкие из них вулканической пылью. Уплотненные пеплы носят название *пепловых туфов* или просто *туфов*. Выбрасываемые при извержениях вулканов мелкие камешки (размером с боб или орех) называются *лапилли*. Самые крупные выбросы – *вулканические бомбы*, это сгустки лавы, принявшие определенную форму. Как правило, они бывают величиной с кулак, а то и с голову. Вращение во время полета придает им округлую, витую или веретенообразную форму. Смеси туфов с веществом осадочных пород называют *туффитами*.

Порода характеризуется разнозернистой структурой (аморфная, стекловатая, мелкозернистая или порфирировая) и пористой текстурой, а также светлой, розовой, красноватой окраской.

## **8. ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МАГМАТИЧЕСКИХ ГОРНЫХ ПОРОД**

Магматические горные породы в соответствии с ГОСТ 25100-2020 относят к классу скальных грунтов, у которых преобладают химические структурные связи, образующие два основных типа структур, выделенных в два подкласса – кристаллизационные и цементационные.

Отличительной особенностью магматических горных пород является их повышенная прочность и, как следствие этого (при отсутствии трещиноватости), малая сжимаемость и малая водопроницаемость в массиве. Прочность скальной породы в куске, лишенном трещин и не затронутом процессами выветривания, зависит от вида и генезиса (условий образования) породы.

Разновидности скальных грунтов по пределу прочности на одноосное сжатие в водонасыщенном состоянии  $R_c$  выделяют в соответствии с табл. 5.

Таблица 5

Разновидность грунтов	Предел прочности на одноосное сжатие $R_c$ , МПа
Скальные: - очень прочные - прочные - средней прочности - малопрочные	$R_c \geq 120$ $120 > R_c \geq 50$ $50 > R_c \geq 15$ $15 > R_c \geq 5$
Полускальные: - пониженной прочности - низкой прочности - очень низкой прочности	$5 > R_c \geq 3$ $3 > R_c \geq 1$ $R_c < 1$

В массиве скальные породы, как правило, рассечены системой трещин, которые резко снижают их прочность и устойчивость. Трещиноватость массива скальных пород является основным фактором, определяющим особенность механических свойств массива горных пород. Наличие трещиноватости, в особенности, когда она осложнена процессами выветривания, сильно ухудшает деформативные и прочностные характеристики скальных массивов.

Водоносность и водопроницаемость скальных пород определяется их трещиноватостью, а для некоторых разновидностей эффузивных пород – наличием в них значительного количества сообщающихся пустот, полостей, каналов и т.д.

Из всех магматических горных пород наиболее интенсивно процесс выветривания проходит в гранитах и эффузивных породах, обладающих столбчатой отдельностью, как, например, диабазах, базальтах, отчасти трахитах.

В то же время скорость выветривания магматических пород зависит от условий образования, минералогического состава и структурно-текстурных особенностей горных пород. Интрузивные магматические породы, попадая на поверхность земли – в обстановку, резко отличающуюся от условий их образования, выветриваются значительно быстрее, чем эффузивные магматические горные породы, которые образуются на поверхности земли. Кроме того, плотные, скрытокристаллические и мелкозернистые породы выветриваются медленнее пористых, крупно- и неравномернозернистых горных пород. Таким образом, наиболее устойчивы к выветриванию эффузивные магматические породы.

Большая прочность магматических пород, водостойкость и слабая водопроницаемость обеспечивают им широкое использование как оснований сооружений, так и среды для транспортного и гидротехнического строительства, а также как строительный и отделочный материал.

## **9. ОСАДОЧНЫЕ ГОРНЫЕ ПОРОДЫ**

Осадочные горные породы образуются при осаждении и накоплении в водной или воздушной среде продуктов физического и химического разрушения (выветривания) исходных пород с последующим уплотнением и нередко цементацией осадка.

Образование осадочных пород в общем случае проходит четыре стадии:

1) физическое и химическое разрушение (выветривание) исходных горных пород;

2) перенос водой или воздухом продуктов разрушения в виде обломков пород различной крупности или в виде раствора;

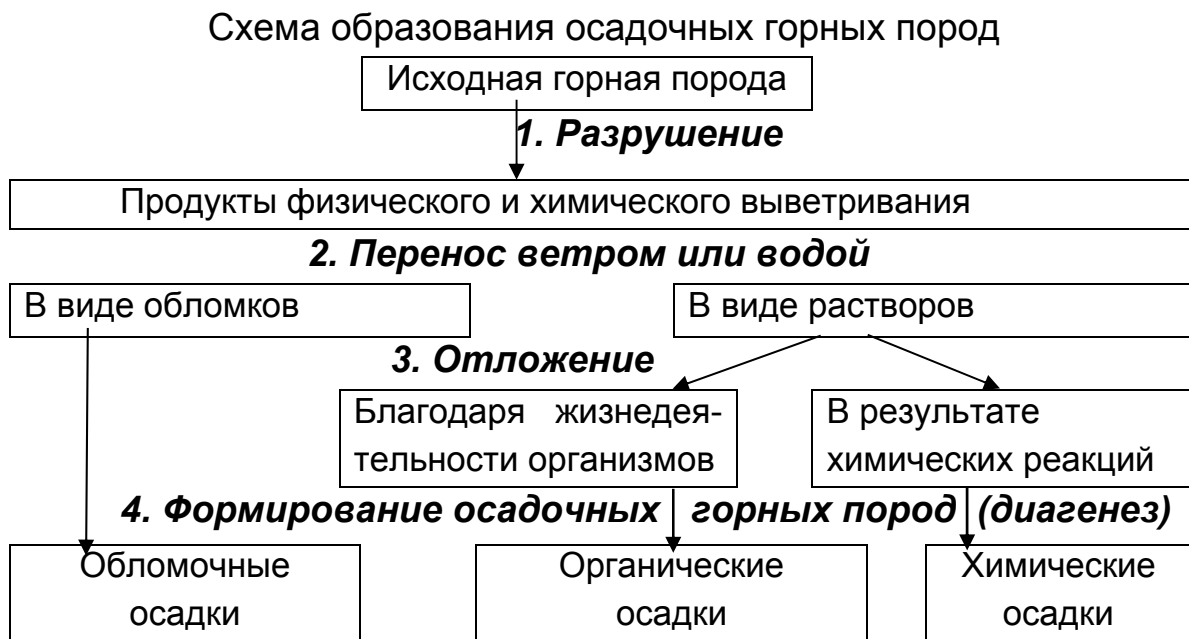
3) отложение продуктов разрушения в виде продуктов физического разрушения (обломки пород различной крупности и окатанности), в результате выпадения солей из морской воды, солей озерных водоемов и т.п., в результате жизнедеятельности различных животных и растений, а также вследствие накопления органических остатков после отмирания животных и растений;

4) формирование пород из рыхлого осадка (диагенез) под дей-

ствием уплотнения от веса образовавшихся позднее и перекрывающих их осадков, и различных физико-химических процессов, приводящих либо к цементации пород, либо к выщелачиванию грунтовыми водами.

Совокупность природных условий, характеризующих обстановку, в которой происходило образование породы, определяется той или иной фацией (морской, лагунной, континентальной и пр.).

Это можно представить в виде нижеприведенной схемы:



Осадочные горные породы по своему происхождению делятся на три группы (табл. 6):

1. *Обломочные* или *кластические* осадочные породы, образующиеся благодаря механическому разрушению пород и накоплению их обломков.

2. *Химические* осадочные породы, образующиеся благодаря выпадению веществ из растворов.

3. *Органогенные* осадочные породы, образующиеся в результате жизнедеятельности различных организмов.

### ХИМИКО-МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЙ СОСТАВ

Средний химический состав осадочных пород в общих чертах сходен со средним составом магматических пород, т.е. в их состав входят окислы кремния, алюминия, железа, магния, кальция, натрия и калия.

Таблица 6

## ОСНОВНЫЕ ПРЕДСТАВИТЕЛИ ОСАДОЧНЫХ ГОРНЫХ ПОРОД

ОБЛОМОЧНЫЕ		ОРГАНОГЕННЫЕ	ХИМИЧЕСКИЕ
рыхлые	сцементированные		
<i>Сыпучие</i>	Конгломерат, Брекчия	<i>Карбонатные</i>	Каменная соль Сильвин Гипс Ангидрит
Валуны, глыбы		Известняк	
Галька, щебень		Мел	
Гравий, дресва		<i>Кремнистые</i>	
Песок	Песчаник	Трепел Опока	
<i>Связные</i>	Алевролит, Аргиллит	<i>Горючие</i>	
Супесь		Торф	
Суглинок		Каменный уголь	
Глина		Асфальт	
Лёсс			

Мергель – порода смешанного происхождения.

В осадочных породах значительно больше, чем в магматических, минералов, устойчивых в условиях дневной поверхности (кварц, мусковит). Менее устойчивые минералы, такие как полевые шпаты, в значительной мере разрушаются при поверхностном выветривании магматических пород, и в осадочные образования переходит лишь их небольшая часть.

Продукты химического разложения различных типов горных пород, взаимодействуя между собой с углекислотой и кислородом атмосферы, а также с водой, дают начало новым группам минералов, устойчивых в условиях поверхности: карбонатам, сульфатам, глинистым образованиям и другим соединениям. Органическое вещество – продукт жизнедеятельности организмов, накапливается в осадке и, естественно, входит в состав осадочных пород.

Минералогический состав является определяющим признаком только для химических и органогенных пород, в обломочных породах могут присутствовать обломки различных минералов и горных пород.



## СТРУКТУРА И ТЕКСТУРА

Строение осадочных горных пород, так же как и других типов горных пород, характеризуется структурой и текстурой.

Под **структурой** осадочной породы понимают особенности ее строения, определяемые размерами, формой, степенью однородности обломочных и химических компонентов, а также количеством, размером и степенью сохранности органических остатков. Структуры осадочных горных пород изучаются преимущественно под микроскопом. В зависимости от состава пород, условий их образования и вторичных изменений они обладает специфическими особенностями. Так, например, структуры обломочных пород определяются главным образом размером и формой слагающих их частиц. Для химических пород характерно кристаллически-зернистое строение. Структура органогенных пород определяется степенью сохранности остатков организмов и их количеством.

**Текстура** – это черты строения осадочной горной породы, определяемые способом выполнения пространства, расположением составных частей и ориентировкой их относительно друг друга. Текстуры осадочных горных пород весьма многообразны, но наиболее распространены среди них слоистые и массивные.

**Массивная** (беспорядочная или неслоистая) текстура характеризуется беспорядочным расположением в породе ее составных частей.

**Слоистая** текстура обусловлена чередованием слоев нескольких разностей осадочных пород. Слоистость может быть горизонтальной, косой и т.д.

## ОКРАСКА (ЦВЕТ)

Одним из важнейших диагностических и генетических признаков осадочных горных пород является их окраска. В природе встречаются породы разной окраски, но, как правило, тусклых тонов. Это объясняется смешением различных цветов и главным образом примесью серого компонента.

Цвет обломочных пород в ряде случаев определяется наличием окрашенных обломочных минералов и обломков пород.

Окраска большей части обломочных и глинистых пород определяется наличием той или иной примеси цветных компонентов.

Окраска осадочных пород часто позволяет установить некоторые особенности их генезиса и состав.

Белый и светло-серый цвета обычно обусловлены окраской главных минералов осадочных пород: кварца, каолинита, монтмориллонита, кальцита. Темно-серый и черный цвета чаще всего появляются в результате примесей органического вещества и реже солей марганца и сернистого железа. Желтый, желто-бурый и бурый цвета обусловлены присутствием в породе окислов железа, в основном лимонита (бурый железняк). Зеленый цвет свидетельствует о примеси закисного железа и присутствии зеленых минералов: глауконита, хлорита, оливина. Красный цвет обычно связан с примесями окислов железа и алюминия.

## **ОПИСАНИЕ ОТДЕЛЬНЫХ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ ОСАДОЧНЫХ ГОРНЫХ ПОРОД**

### ***ОБЛОМОЧНЫЕ ПОРОДЫ***

***Рыхлые обломочные осадочные горные породы*** относятся к дисперсным грунтам, в которых преобладают механические, физические и физико-химические структурные связи и представляют собой скопление продуктов выветривания скальных горных пород. Вследствие этого их петрографический и минералогический составы аналогичны исходным материнским породам.

По происхождению (генезису) рыхлые обломочные горные породы могут быть: речные или аллювиальные (русловые, пойменные и дельтовые осадки), водно-ледниковые или флювиогляциальные (зандровые, озово-камовые и моренные), озерные и морские (прибрежные и глубинные), ветровые или эоловые (дюнные, барханные, грядовые).

Дисперсные грунты образуются из твердых продуктов физического и химического выветривания (разрушения) исходных горных пород, оставшихся на месте или отложившихся в результате последующего переноса. В зависимости от структурных связей дисперсные грунты делятся на:

- **несвязный грунт** с преобладанием механических структурных связей и сыпучий в сухом состоянии (например, пески, гравийно-галечниковые породы);
- **связный грунт** с преобладанием физических и физико-химических структурных связей (разнообразные глинистые породы – супеси, суглинки, глины, и цементированные – песчаники, аргиллиты и т.д.).

Наиболее прочным цементом является кремнистый, менее прочным – железистый, затем известковистый и наиболее слабым – глинистый цемент.

По гранулометрическому составу и степени окатанности слагающих породу элементов различают следующие разновидности **сыпучих** (зернистых) обломочных осадочных пород (табл. 7).

Таблица 7

## ОБЛОМОЧНЫЕ ПОРОДЫ

Размер обломков, мм	Наименование пород			
	Окатанные		Неокатанные	
	Рыхлые	Цементированные	Рыхлые	Цементированные
200 и более	Валуны	Конгломераты	Глыбы	Брекчии
10...200	Галька		Щебень	
2...10	Гравий		Дресва	

**ГЛЫБЫ, ЩЕБЕНЬ, ДРЕСВА** представляют собой остроугольные неокатанные обломки – продукты физического выветривания, накапливающиеся в непосредственной близости от места их первоначального коренного залегания.

**ВАЛУНЫ** – округлые, окатанные обломки горных пород диаметром более 200 мм, образуются в результате переноса глыб, разрушенных горных пород реками, ледником и т.п. В верховьях горных рек русла потоков нередко переполнены хорошо окатанными, крупными валунами, которые под воздействием живой силы воды медленно перемещаются вниз по течению.

ГАЛЬКА – округлые, окатанные обломки горных пород диаметром 10...200 мм и ГРАВИЙ – округлые, окатанные обломки исходных пород размером 2...10 мм, образуются также при переносе различных обломков реками и при движении морен. При этом острые углы и грани быстро стачиваются и сглаживаются от трения их о дно водного потока и друг о друга, и крупные обломки постепенно измельчаются. На берегах морей и в руслах рек часто наблюдается значительное скопление галечников и гравия. По характеру окатанности гальки можно судить о дальности и путях переноса обломков от мест их коренного залегания, что имеет иногда значение при поисках полезных ископаемых.

ЩЕБЕНЬ – рыхлая горная порода, в которой преобладают угловатые, не окатанные обломки размером от 10 до 200 мм. По происхождению щебень бывает делювиальный и пролювиальный, то есть представляет собой продукты физического выветривания коренных пород, смещенные вниз с вершин гор и возвышенностей на их склоны и подножия гор дождевыми и снеговыми водами, временными потоками. Скопления такого материала характеризуются плохой сортированностью и слабой окатанностью обломков. Эти материалы содержат значительное количество примесей в виде суглинков и глин.

ДРЕСВА – угловатые обломки того же размера, что и гравий.

ПЕСКИ представляют собой рыхлую или плотную породу, состоящую из частиц диаметром от 2 до 0,05 мм. В зависимости от размера преобладающих частиц пески могут быть **крупнозернистые, среднезернистые, мелкозернистые** и **тонкозернистые**. По минералогическому составу чаще всего встречаются кварцевые пески (до 95% зерен кварца), реже глауконитовые и так называемые полимиктовые пески, состоящие из различных минералов (кварца, полевых шпатов, слюды и др.). Цвет песка зависит от примесей: кварцевые пески – белые, сероватые; окрашенные окислами железа – желтые, бурые, вишнево-красные; глауконитовые – зеленые, зеленовато-черные.

К подгруппе *связных грунтов* относят глинистые осадочные породы – различные по составу и происхождению *супеси, суглинки,*

*глины* и *лѣссы*, обладающие свойством пластичности за счет содержания минеральных частиц глинистой и пылеватой фракций и имеющие очень большое распространение.

СУПЕСИ, СУГЛИНКИ, ГЛИНЫ – рыхлые обломочные породы с различным содержанием глинистых частиц (диаметром  $<0,002$  мм) объединяются в группу глинистых грунтов и различаются в соответствии с ГОСТ 25100 – 2020 только процентным содержанием глинистых частиц и числом пластичности.

Так, *супеси* содержат от 3 до 12% глинистых частиц, имеют число пластичности от 0,01 до 0,07 и по своим свойствам близки к пескам; *суглинки* – от 12 до 25% глинистых частиц, число пластичности от 0,07 до 0,17 и по своим свойствам ближе к глинам; а *глины* содержат более 25% глинистых частиц и число пластичности более 0,17.

Состоят эти породы из так называемых первичных: (кварца, полевых шпатов, слюды) и вторичных глинистых минералов (каолинита, монтмориллонита и др.), присутствием которых и обуславливаются все специфические особенности глин: набухание при увлажнении, усадка при высыхании, пластичность, липкость. Цвет глинистых пород может быть от белого до черного и зависит в основном от примесей. Обычно в глинах присутствуют многие минералы: глинистые минералы – каолинит, монтмориллонит, бейделит, гидрослюды и др., слагающие наиболее тонкозернистые части глин; обломочные зерна кварца, полевых шпатов, слюд и неглинистые минералы, возникающие одновременно с глинистыми осадками или же после, при его преобразовании (гидроокислы железа, карбонаты, сульфаты и др.), которые часто образуют вторичные скопления в глинах. Глины образуются в различных генетических условиях: морских, озерных, речных и др. и имеют большое значение в строении наружной части земной коры, составляя около 60% от общего объема осадочных горных пород.

ЛѢСС – светло- или палево-желтая порода, состоящая главным образом из частиц кварца и полевых шпатов размером 0,05...0,01 мм с примесью глинистых частиц и карбонатного цемента, что легко об-

наруживается при помощи соляной кислоты, от которой лёсс вскипает. Порода пылеватая, текстура макропористая однородная, не слоистая. Поры имеют вертикальную направленность, пористость достигает 40...60%. В сухом состоянии лёсс прочен и выдерживает большие нагрузки, способен держать вертикальные откосы большой высоты. При взаимодействии с водой резко теряет свою прочность и уплотняется, т.е. обладает свойством *просадочности* при замачивании под действием собственного веса породы.

Из *цементированных* обломочных осадочных пород наиболее известны конгломераты и брекчии, которые отличаются лишь формой обломков цементированных горных пород, а также песчаники.

КОНГЛОМЕРАТ – это цементированные в результате процессов диагенеза рыхлые окатанные обломочные породы – валуны, галечники, гравий – и в большинстве случаев содержат разнохарактерный по составу пород обломочный материал. При далеком их переносе вследствие разрушения более мягких компонентов происходит отбор в пользу самых устойчивых пород, таких, например, как кварцит, гранит, окремненный известняк, амфиболит или диабаз.

Окатанные, округлые обломки пород связаны в прочную породу глинистым, известковым, железистым или кремнистым цементом. Конгломераты бывают более или менее прочными и крепкими в зависимости от прочности цемента. Прочнее всего кремнистый цемент, но самый распространенный – карбонатный (известковый). Известковистый цемент при взаимодействии с соляной кислотой вскипает. По своему сложению конгломераты напоминают бетон с гравийным заполнителем. Однако в конгломератах всегда обнаруживаются округлые пустоты на местах выбитых галек.

БРЕКЧИЯ – это цементированные обломки горных пород (щебня, глыб, дресвы). Несортированные угловатые, часто остроугольные, произвольно расположенные обломки связаны воедино глинистым, известковым (карбонатным) или кремнистым цементом, образуя крепкую прочную породу. В зависимости от состава, количества и характера цемента брекчии бывают различной плотности и прочности. Самой низкой прочностью обладают брекчии с глинистым цементом, легко размокающим в водной среде. По своему сложению

брекчия похожа на бетон с заполнителем из мелкого щебня, отличается, правда, наличием многочисленных пустот угловатой формы.

**ПЕСЧАНИКИ** – наиболее широко распространенная осадочная порода, обычно отчетливо слоистая. Образуется в результате цементации зерен песка различными веществами (глиной, карбонатами, кремнием или железом). В составе песчаников преобладает кварц. По величине зерен, соотношению фракций и минералогическому составу песчаники различаются так же, как и пески. Прочностные характеристики песчаников зависят от типа цемента и его количественных соотношений с песчинками, а также от формы и распределения пор. Пористость песчаников варьирует от 1 до 25%. Цвет песчаников может изменяться от белого до черного.

В основу многочисленных названий различных песчаников положены размер песчаных частиц (мелкозернистый песчаник), их цвет (зеленый песчаник) и внешний облик (тигровый песчаник), местонахождение и применение (крепостной песчаник), примеси (железистый песчаник), цемент (известковистый песчаник) и органические остатки (спириферовый песчаник), а также геологический возраст (меловой песчаник). *Аркоз* – обычно грубозернистый песчаник с высоким содержанием полевых шпатов, он почти лишен слоистости. *Граувакка (серая вакка)* – темно-серый до бурого песчаник палеозойского возраста, содержащий наряду с зернами кварца обломки различных пород.

**АЛЕВРОЛИТ** – сильно уплотненная и сцементированная мелкозернистая порода, состоящая из пылеватых частиц размером от 0,002 до 0,05 мм и занимает как бы промежуточное положение между песками и глинами. Текстура плотная. По минералогическому составу аналогичен суглинку. Цвет такой же, как и у глинистых пород, т.е. зависит от примесей. Цемент самый разнообразный.

**АРГИЛЛИТ** – сильно уплотненная и сцементированная кремнеземом порода, состоящая из глинистых частиц размером менее 0,002 мм. Текстура плотная сланцеватая. По минералогическому составу аналогичен глинам. Цвет может изменяться также от белого до черного.

## ОРГАНОГЕННЫЕ ГОРНЫЕ ПОРОДЫ

Органогенные горные породы делятся на **зоогенные**, происхождение которых связано с деятельностью организмов (большинство известняков, мел и др.), и **фитогенные**, образованные растительным веществом (торф, каменный уголь и др.), то есть образуются вследствие накопления минеральных и органических остатков после отмирания растительных и животных организмов.

Среди органогенных пород выделяются **карбонатные, кремнистые** и **горючие породы**.

**КАРБОНАТНЫЕ ПОРОДЫ** – собирательный термин, применимый к любым горным породам, сложенным карбонатами кальция и магния: известковым туфам, органогенным известнякам, доломитам, метаморфическим породам – мраморам и др.

**ИЗВЕСТНЯК** мономинеральная порода, состоящая из кальцита. Образуется при участии организмов в морских бассейнах. Водоросли, брахиоподы, фораминиферы, кораллы, двустворчатые моллюски и улитки строят из растворенной в воде углекислой извести свои скелеты, панцири, раковины, которые после отмирания организмов целиком или их скелетные остатки, или, наконец, продукты полного распада – известковый ил – опускаются на морское дно, где и происходит образование породы. В одних известняках присутствие окаменелых твердых частей организмов устанавливается непосредственно, в других остатки раковин целиком разрушены и, кроме того, слегка перекристаллизованы в результате диагенеза. В качестве примеси присутствует преимущественно глинистый материал и карбонат магния. Известняки, состоящие из раковин моллюсков, носят название *ракушечники*.

Для известняков характерна массивная и слоистая текстура, структура кристаллическая. Окраска известняков может быть различной. Наиболее обычны светло-серые, серые и светлые, серовато-желтые, также встречаются темно-серые, черные и бурые. Характерной особенностью известняков является их бурное взаимодействие с соляной кислотой, сопровождающееся интенсивным выделением углекислого газа.



МЕЛ является разновидностью органогенного известняка, состоящего главным образом из мельчайших раковин и их обломков, а также известковых скелетов микроскопических водорослей. Он имеет белую окраску, иногда с сероватым или желтоватым оттенком, пачкает руки, пишет на доске, интенсивно «вскипает» при взаимодействии даже со слабой соляной кислотой.

МЕРГЕЛЬ – порода промежуточного состава в ряду глина-известняк. Среди карбонатных пород мергели составляют большую группу и являются как бы переходной породой от известняков и доломитов к глинистым породам. Строение имеют от землистого до плотного, прочность небольшую, легко выветриваются. При содержании  $\text{CaCO}_3$  не менее 75% мергели называют *известняковыми*, не менее 40% – просто *мергелями* и не менее 10% – *глинистыми мергелями*. Мергель состоит на 50...70% из кальцита, а остальные 50...30% падают на глинистые частицы. В зависимости от количества глинистого и песчаного материала различают: *песчаные, глинистые и известковистые мергели*. При значительном содержании окиси магния мергели называют доломитовыми. Главным признаком мергелей является реакция с соляной кислотой, после которой на поверхности мергеля остается темное «мокрое» пятно, образование которого связано с концентрацией на места реакции глинистых частиц. Текстура породы чаще всего массивная или тонкослоистая. Окраска серая, синевато-серая.

На прочностные свойства мергелей влияет содержание карбонатного материала ( $\text{CaCO}_3$ ), который может служить цементом, а также состав и строение цемента и текстура. С увеличением карбонатности увеличивается предел прочности при сжатии и улучшаются другие механические свойства.

**КРЕМНИСТЫЕ ПОРОДЫ** – собирательное название кремнистых биогенных осадочных пород. Кремнистые породы образуются в озерах или в море из скелетов преимущественно одноклеточных организмов, таких, как кремневые водоросли (диатомеи), кремневые губки и радиолярии. Кремнистые осадочные породы представляют

собой образования, полностью или частично состоящие из кремнезема (опала, халцедона).

**ТРЕПЕЛ** – рыхлая, землистая или слабосцементированная горная порода желтоватого или светло-серого цвета, состоящая из скопления скелетных остатков, сложенных водным кремнеземом (опалом) или принадлежащих микроскопическим диатомовым водорослям. Характерным признакам трепела является низкий удельный вес (легко определяется при взвешивании куска породы на руке) и способность жадно впитывать влагу (прилипает к языку).

**ОПОКА** – твердая, плотная порода серого, голубовато-серого до черного цвета, состоящая из опала (до 90%) и остатков кремневых скелетов организмов, сцементированных кремнистым веществом, излом раковистый. Опока при ударе издает характерный звенящий звук и внешне похожа на трепел, но обладает большей плотностью, твердостью.

**ГОРЮЧИЕ ПОРОДЫ** – ископаемые угли (твердые каустобиолиты) имеют органическое происхождение и потому, согласно строгому определению, не являются настоящими горными породами. Однако, с другой стороны, они представляют собой составную часть твердой земной коры и частично бывают изменены в такой степени, что их органическую природу уже невозможно установить, а потому эти образования причисляют к осадочным породам и рассматривают обычно совместно с ними. Каустобиолиты возникают путем так называемой углефикации скоплений растительного материала. Процесс углефикации состоит в постепенном повышении относительного содержания углерода в органическом веществе вследствие его обеднения кислородом (и в меньшей мере водородом). Сравнительная характеристика этих пород приведена в табл. 8. Повышенные давления и температуры, связанные с горообразующими и вулканическими процессами, вызывают диагенетические и метаморфические преобразования углей.

*Горючие горные породы* – природные образования органического происхождения. Их основными составными частями являются

различные органические углеродистые соединения. Окраска пород преимущественно темная – черная, темно-серая, коричневая, серая.

ТОРФ представляет собой более или менее рыхлую, желтую, бурую или черную породу, состоящую из видимых невооруженным глазом остатков разложившейся растительности. Разложение происходило в воде болот или озер при участии различных микроорганизмов и при недостаточном притоке кислорода. Растительные остатки узнаваемы вплоть до деталей их строения.

КАМЕННЫЙ УГОЛЬ представляет собой более высокую степень разложения древесной растительности, однако в нем обнаруживаются ещё отдельные отпечатки растений. Порода черного цвета, содержит до 82% углерода, с землистым или раковистым изломом, обычно с матовым блеском и черной чертой (пачкает руки). Каменный уголь встречается нескольких разновидностей.

БУРЫЙ УГОЛЬ также является продуктом разложения растительности без доступа воздуха, что приводит к скоплению углерода до 70%. Практически это торф диагенетически измененный в такой степени, что в нем сохранились и различимы лишь отдельные части растений. Бурый уголь плотная темно-бурая или черная масса с землистым, редко раковистым изломом, обычно с матовым блеском. Черта темно-бурая. Представляет собой переходную породу от торфа к каменному углю.

АНТРАЦИТ образуется в результате глубокого изменения каменных углей под влиянием высоких температур и давления и содержит до 95% углерода. Продукт столь сильной углефикации, что части растений в нем уже не распознаются. Это очень твердая порода серовато-черного цвета с сильным полуметаллическим или алмазным блеском. Излом неровный, раковистый. Порода плотная (рук не пачкает).

Таблица 8

Сравнительная характеристика горючих осадочных горных пород

Каустобиолиты	Цвет	Блеск	Плотность, г/см <sup>3</sup>	Содержание углерода, %
Торф	Бурый	Матовый (без блеска)	1,0	55...65
Бурый уголь	Буровато-черный	Тусклый	1,2	65...80
Каменный уголь	Черный	Жирный	1,3	80...93
Антрацит	Черный	Сильный металловидный, алмазный	1,5	93...98

АСФАЛЬТ является продуктом изменения нефти и представляет собой смесь углеводородов. Он имеет бурую или черно-бурую окраску, жирный блеск и битуминозный запах.

### ***ХИМИЧЕСКИЕ ОСАДОЧНЫЕ ПОРОДЫ***

Химические осадочные горные породы возникают преимущественно в потерявших гидравлическую связь морских бухтах (лагунах) в условиях сухого климата с высокими температурами воздуха, с большими суточными колебаниями. Вследствие непрерывного испарения морской воды концентрация растворенных в ней солей постепенно повышается, пока, наконец, не наступит перенасыщение растворов, и соли не выпадут в осадок. Соответствующие условия возникают также в некоторых озерах и морских лагунах при понижении температуры (например, при охлаждении воды в зимнее время). При этом соли осаждаются в определенной последовательности, обратной их растворимости. Сначала выпадают сульфаты (гипс, ангидрит), затем хлориды натрия (каменная соль) и в заключение калийные соли. Большинство соляных пород мономинеральны, то есть это скопления какого-либо одного из минералов солей.

Для этих пород характерны светлая окраска (белая, светло-серая, желтовато-серая, бесцветная, голубовато-серая) и кристаллическая структура, текстура плотная массивная.

КАМЕННАЯ СОЛЬ, в просторечии называемая *поваренной солью*, состоит в основном из минерала галита. Порода может быть бесцветной, прозрачной или же иметь белую, светло-серую, иногда розовато-красную и синюю окраску. Отличительными признаками являются соленый вкус и низкая механическая прочность – легко разделяется на мелкие кусочки.

СИЛЬВИН состоит в основном из минерала сильвина (15...40%) и галита (25...60%). Порода имеет горько-соленый вкус. Окраска пестрая – белая, красновато-бурая, красная с пятнами синего цвета и бесцветная.

ГИПС состоит преимущественно из минерала гипс. Он бывает крупнозернистым, мелкозернистым, иногда волокнистым (селенит), чаще белого цвета, но иногда может иметь розовую, голубую или другую светлую окраску. Твердость невысокая, легко царапается ногтем.

АНГИДРИТ состоит в основном из минерала ангидрита. Окраска породы чаще всего голубовато-серая, светлая. Более прочный, чем гипс, ногтем не царапается.

## **10. ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ОСАДОЧНЫХ ГОРНЫХ ПОРОД**

Осадочные породы почти повсюду залегают на поверхности земли. Поэтому в большинстве случаев они являются основанием различных инженерных сооружений, что и определяет их большое значение в строительной практике. Значительное различие осадочных пород по условиям образования и составу предопределяет и большое разнообразие их прочностных характеристик.

### **Общая характеристика дисперсных сыпучих (зернистых) грунтов**

Для рассматриваемого типа дисперсных грунтов характерны следующие общие свойства.

Высокая пористость (до 40%) и отсутствие в грунте в сухом состоянии сцепления между отдельными составляющими ее зернами (обломками). Лишь в тонко- и мелкозернистых пылеватых и глинистых песках сцепление связности водно-коллоидной природы начинает играть некоторую роль, но его действие резко падает по мере увлажнения грунта.

Прочность грунта обуславливается силами трения между отдельными обломками и сцеплением-зацеплением между ними, причем оба указанных параметра практически не зависят от изменения влажности, а зависят только от плотности и степени окатанности обломков горных пород или зерен. Исключение составляют лишь мелко- и тонкозернистые пылеватые и глинистые пески, прочность которых, как это уже было отмечено выше, снижается по мере повышения их влажности.

Водопроницаемость сыпучих грунтов очень высокая, поэтому уплотнение в водонасыщенных песках происходит практически мгновенно вслед за приложением нагрузки.

Сжимаемость сыпучих грунтов, как правило, незначительна и не имеет практического значения, но при определенной интенсивности динамического воздействия грунты склонны к уплотнению и, как следствие этого, к осадке. Если толща песков водонасыщенная, то динамическое воздействие может привести их в разжиженное состояние, т.е. грунт полностью потеряет свою прочность и несущую способность.

### **Общие свойства связных (глинистых) грунтов**

Глинистые грунты являются наиболее распространенным типом осадочных горных пород. Они входят в состав не только морских осадков, но и всех генетических типов континентальных отложений.

Физико-механические характеристики глинистых грунтов определяются не только типом грунта (супесь, суглинок, глина), но и условиями его образования (генезисом). Глинистые грунты объединяют следующие общие признаки (исключая алевролиты и аргиллиты).

Первичные внутренние связи, имеющие водно-коллоидное происхождение, могут быть подавлены в результате образования жестких структурных связей при коллоидных превращениях или цемента-

ции, но при нарушении жестких связей водно-коллоидные связи проявляются вновь в полной мере.

Все глинистые грунты в той или иной мере обладают сжимаемостью, которая прямым образом связана со степенью их увлажнения: чем выше влажность, тем более они сжимаемы и соответственно больше осадка.

Глинистые грунты обладают пластичностью, свойством набухания при увлажнении, усадки при высыхании и липкостью, практически водонепроницаемы или слабо водопроницаемы.

С инженерно-геологической точки зрения все глинистые грунты по условиям образования (генезису) целесообразно разбить на две основные группы: морского происхождения и континентального происхождения. В общем случае различие между ними сводится к следующему.

**Морские отложения** обладают закономерной сменой грунтов в вертикальном направлении и имеют очень большое площадное распространение (тысячи квадратных метров). Мощность их пластов в ряде случаев достигает нескольких сотен метров и остается практически постоянной на всем протяжении пластов, состав грунтов любого пласта не изменяется по простиранию. Для них характерна очень выдержанная слоистость. Глинистые грунты морского происхождения до четвертичного возраста обычно очень плотные и имеют твердую или полутвердую консистенцию. Современные морские осадки имеют пластичную и даже текучепластичную консистенцию. Морские глинистые грунты в откосах выемок и в строительных котлованах разуплотняются и сравнительно быстро выветриваются (исключая современные отложения). Глинистые грунты дочетвертичного возраста очень часто трещиноваты.

**Континентальные отложения** обычно приурочены к различным формам рельефа местности, и поэтому их площадное распространение ограничено, за исключением эоловых и водно-ледниковых отложений. Закономерная смена грунтов в вертикальном направлении отсутствует, мощность их крайне непостоянна и находится практически в пределах одного-двух десятков метров и менее. Состав континентальных отложений не остается постоянным и меняется от

места к месту. Им свойственна косая слоистость и линзовидное залегание или отсутствие слоистости вообще. Континентальные глинистые грунты (преимущественно четвертичного возраста) обычно не сцементированы, слабо уплотнены и имеют пластичную консистенцию, за исключением морены (ледниковых отложений), имеющей большую плотность. Континентальные отложения, как правило, устойчивы против выветривания в откосах выемок и в сухих строительных котлованах, редко изменяют свою плотность. Их разуплотнение идет лишь за счет набухания при водонасыщении; они не имеют трещин, за исключением особых случаев (трещины усадки, морозные, оползневые трещины и т.п.).

Все это заставляет рассматривать отдельно глинистые грунты морского и континентального происхождения.

### **Характеристика скальных грунтов осадочного происхождения**

Скальные грунты осадочного происхождения по типам, составу и свойствам более разнообразны, чем магматические и метаморфические. Общим для этих пород свойством является их отношение к воде: за исключением кремнистых разностей известняков, конгломератов и песчаников с кварцевым цементом, все они в той или иной мере растворимы в воде и способны снижать свою прочность при водонасыщении.

Осадочные скальные грунты имеют преимущественно морское и реже озерное образование. Поэтому им свойственны все признаки морских отложений. Песчаники и конгломераты могут иметь и континентальное происхождение, но в этом случае площадь их распространения и мощность невелики, вследствие чего с этими образованиями приходится встречаться крайне редко.

Скальные грунты осадочного происхождения распространены очень широко. Они слагают значительную часть поверхности земной коры всех платформенных областей и широко развиты в складчатых областях. Прочность и устойчивость осадочных горных пород зависит от состава слагающих их компонентов, а также от состава цемента, типа цементации, структурных и текстурных особенностей, количества и состава примесей и включений, степени выветрелости и трещиноватости. Монолитные прочные и устойчивые разности таких



пород входят в группу скальных грунтов. Разности этих пород с пониженной прочностью, заметно размягчающиеся при увлажнении, или пород, монолитность которых нарушена выветриванием, сильной трещиноватостью или коррозионными процессами, составляют полускальные грунты.

**Скальные и полускальные грунты** образуются в результате цементации обломочного материала в процессе его накопления, либо после отложения. Важнейшей составной частью рассматриваемого типа пород является цемент, скрепляющий обломочный материал и превращающий рыхлый осадок в сцементированную горную породу. Прочность их, как правило, определяется прочностью цемента, а не прочностью составляющих обломков горных пород.

По минеральному составу различают цемент глинистый, карбонатный, железистый, кремнистый и др. Наиболее прочный цемент – кремнистый, затем железистый, известковистый и наименее прочный – глинистый.

По соотношению цемента и обломочных частиц различают несколько типов цементации пород: *базальный*, когда обломочные частицы погружены в цемент и между собой не соприкасаются; *поровый*, заполняющий свободное пространство (поры) между соприкасающимися обломочными частицами; *контактный*, когда цементирующее вещество находится лишь в местах сближения – соприкосновения обломочных частиц. Таким образом, тип цементации в известной мере также определяет прочность и устойчивость осадочных обломочных пород. Так, наибольшей прочностью будут обладать (при одном и том же цементе) породы с базальным и поровым типом цементации.

Алевролиты и аргиллиты относят к группе полускальных пород, образовавшихся под влиянием значительной гравитационной нагрузки и тектонических давлений, а также цементации. Они, как правило, сильно уплотнены и дегидратированы, при естественной влажности в большинстве случаев обладают довольно высокой прочностью и не размокают в воде. Некоторые разности этих пород при увлажнении набухают. На воздухе они чаще всего быстро растрескиваются и рассыпаются на мелкую щебенку неправильной формы.

Из **скальных и полускальных грунтов органического происхождения** наибольший практический интерес представляют карбонатные породы, которые наиболее широко распространены. Их инженерно-геологические особенности в первую очередь определяются наличием у них кристаллизационных структурных связей. Этим объясняется их высокая прочность в воздушно-сухом состоянии. Наиболее прочными являются массивные плотные мелкозернистые породы. По мере увеличения крупности зерен наблюдается уменьшение прочности. Прочность массивов, сложенных карбонатными породами, в основном определяется их трещиноватостью, которая также определяет их водопроницаемость.

Общими инженерно-геологическими особенностями **кремнистых пород** являются их высокая пористость, большая влагоемкость, сравнительно высокая прочность в сухом состоянии и значительное уменьшение ее при водонасыщении.

**Химические осадочные горные породы** могут быть отнесены к полускальным с характерными для них кристаллизационными связями преимущественно ионного характера. Этим объясняется их высокая прочность в воздушно-сухом состоянии и легкая растворимость в воде, а также резко выраженная пластичность под давлением. Поэтому даже в зонах интенсивных тектонических движений пласты никогда не бывают раздроблены. Эти породы весьма редко используются в инженерно-строительных целях в качестве оснований сооружений, так как легко растворяются и способствуют развитию карста.

## **11. МЕТАМОРФИЧЕСКИЕ ГОРНЫЕ ПОРОДЫ**

Метаморфические горные породы образуются в толще земной коры из магматических и осадочных горных пород в результате их глубокого изменения и преобразования под влиянием высокой температуры, давления, горячих растворов и газовых компонентов. При этом происходит сложный процесс перекристаллизации минералов и горных пород, замещение одних веществ другими, разрушение старых структур и образование новых. Процесс превращения пород протекает в твердом состоянии без существенного расплавления. Сами

метаморфические породы также могут быть вновь перекристаллизованы, если они попадут в соответствующие термодинамические условия.

По обстановке, в которой протекают процессы метаморфизма, различают: **контактный, динамометаморфизм** (дислокационный метаморфизм) и **региональный метаморфизм**.

**Контактный метаморфизм** проявляется на контакте внедрившейся в толщу земной коры магмы с вмещающими ее породами. Непосредственно вблизи контакта породы обжигаются и переплавляются. Контактный метаморфизм проявляется в сравнительно узких зонах (ореолах). В зоне непосредственного соприкосновения (контакта) внедрившегося магматического тела с вмещающими породами они претерпевают наиболее интенсивное изменение. По мере удаления от магматического тела изменения постепенно убывают. Обычно ширина контактового ореола, в пределах которого протекает метаморфизм, составляет 2...3 км. Типичные породы, возникающие при контактном метаморфизме – пятнистые и узловатые («фруктовые») сланцы, гранатовые породы, роговики и мраморы.

**Динамометаморфизм**, или дислокационный метаморфизм, связан с тектоническими движениями земной коры, вызывающими процессы осадкообразования и разрывные нарушения. Изменение горных пород происходит главным образом в верхней части земной коры под влиянием одностороннего давления, определенно ориентированного – так называемого стресса. При этом изменяются структура и текстура горных пород.

При одностороннем давлении (стрессе) возникает сланцеватость. Первоначальный минеральный состав пород при этом сохраняется. Листоватые и чешуйчатые минералы (такие как хлорит, слюда, тальк) своей длинной осью ориентируются нормально к направлению давления и тем придают текстуре породы направленный характер, придавая ей сланцеватость. Наличие кристаллизационной сланцеватости – характерный диагностический признак многих метаморфических пород. Наряду с изменением структуры при мета-

морфизме может также произойти собирательная перекристаллизация пород, делающая их массивными, плотными. Мелкие минеральные зерна при этом исчезают, а крупные еще более увеличиваются в размерах, и вся порода становится крупнозернистой (т.н. гнейс).

**Региональный метаморфизм** проявляется в подвижных зонах земной коры (геосинклиналях), когда пачки осадочных горных пород вследствие тектонического погружения и перекрытия мощными отложениями попадают в область высоких температур и давлений, то преобразование пород охватывает большие территории и многокилометровые толщи пород.

Региональный метаморфизм проявляется в преобразовании структуры пород, их перекристаллизации без изменения химического состава; если же происходит привнос-вынос каких-либо компонентов, то процесс получает название *метасоматоза*. Окаменелости при метаморфизме уничтожаются.

## ТЕКСТУРА

Метаморфические горные породы обладают особыми диагностическими признаками, которые позволяют отличить их от магматических и осадочных пород. Одним из признаков является своеобразная текстура, т.е. особенности внешнего вида породы.

Основными метаморфическими текстурами являются *массивная, сланцевая, полосчатая и волокнистая*.

**Массивная** или однородная текстура характерна для пород, формировавшихся в сравнительно спокойных тектонических условиях, без резкого влияния направленных тектонических движений. Она характеризуется беспорядочным, неориентированным расположением кристаллов в массе породы.

**Сланцевая** текстура присуща многим метаморфическим породам. В них наблюдается однородная субпараллельная ориентировка листоватых, чешуйчатых, длиннопризматических и игольчатых зерен минералов, являющаяся следствием кристаллизации в условиях направленного давления. По плоскостям сланцеватости породы наиболее легко раскалываются, давая иногда очень тонкие плитки или пластинки.

**Полосчатая** текстура характеризуется неравномерным распределением минералов различной окраски в параллельных зонах, т.е. наблюдается чередование темноокрашенных и светлоокрашенных полос.

**Волокнистая** текстура характеризуется строго ориентированным расположением волокнистых или игольчатых зерен минералов по нормали к слоистости породы.

## СТРУКТУРА

Все метаморфические горные породы имеют, как правило, полнокристаллическую структуру, характер которой зависит от степени метаморфизма породы и может изменяться от скрытокристаллической до крупнокристаллической. При этом по величине кристаллов различают структуры:

- *крупнозернистую* – с размером кристаллов более 5 мм;
- *среднезернистую* – с размером кристаллов от 5 до 1 мм;
- *мелкозернистую* – с размером кристаллов менее 1 мм.

Они формируются в процессе перекристаллизации горной породы в твердом состоянии.

## ХИМИКО-МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЙ СОСТАВ

Химический состав для метаморфических горных пород не имеет большого классификационного значения, как для пород магматических, потому что под действием процессов метаморфизма исходная горная порода может сохранить в общих чертах свой валовой химический состав. В то же время процессы превращения приведут к формированию различных новых минералов. Поэтому при классификации метаморфических пород большое значение имеет их минеральный состав.

В метаморфических породах широко распространены многие минералы, типичные для пород магматических: полевые шпаты, кварц, слюда и др. Минералы осадочных пород, за исключением обломочных (кварц, полевые шпаты, биотит), обычно не сохраняются при метаморфизме. Кроме того, в условиях метаморфизма образуются минералы, которые характерны только для метаморфических пород (хлорит, серицит, тальк, гранат, графит и др.).

## КЛАССИФИКАЦИЯ МЕТАМОРФИЧЕСКИХ ГОРНЫХ ПОРОД

Разнообразие геологических процессов, приводящих к метаморфизму исходных горных пород, пестрота химического состава горных пород не позволяют выбрать один или два признака в качестве основы для их классификации. Более простой для определения метаморфических горных пород, на наш взгляд, является классификация по структурно-текстурным признакам, которая приведена в табл. 9.

### ОПИСАНИЕ ОТДЕЛЬНЫХ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ МЕТАМОРФИЧЕСКИХ ГОРНЫХ ПОРОД

#### ГРУППА ГНЕЙСОВ

ГНЕЙСЫ – сланцеватые метаморфические породы с высоким содержанием полевого шпата. Исходными породами для них могут служить как магматические, так и осадочные породы. В первом случае они называются *ортогнейсами*, а во втором – *парагнейсами*.

Таблица 9

#### ОСНОВНЫЕ ПРЕДСТАВИТЕЛИ МЕТАМОРФИЧЕСКИХ ГОРНЫХ ПОРОД

Исходная горная порода	Название породы	Структура	Текстура
Гранит Глины	Ортогнейс Парагнейс	Полнокристаллическая	Полосчатая плотная
Глины	Глинистый сланец Филлит	Скрытокристаллическая	Сланцевая
Глинистый сланец Филлит	Слюдистый сланец	Скрытокристаллическая (мелкозернистая) Полнокристаллическая	Массивная плотная
Известняк	Мрамор	Полнокристаллическая	Массивная плотная
Песок Песчаник	Кварцит		
Роговая обманка	Асбест	Полнокристаллическая	Волокнистая плотная

ОРТОГНЕЙСЫ образуются при метаморфизме чаще всего кислых и реже средних магматических горных пород. Структура пород полнокристаллическая, крупно- и среднезернистая. Текстура полосчатая хорошо выражена, ширина полос от 3...5 мм и больше. По минералогическому составу ортогнейсы аналогичны граниту. Окраска пестрая, от гранита отличается полосчатой текстурой.

По типу исходной породы выделяют гранитогнейс, диоритогнейс, сиенитогнейс и конгломератовый гнейс; по характерным минералам – серицитовый, мусковитовый, биотитовый и роговообманковый гнейс; по внешнему облику и сложению – пятнистый, сланцеватый и очковый гнейс. Окраска гнейсов разнообразная, как у гранитов.

ПАРАГНЕЙСЫ образуются из глинистых и песчано-глинистых осадочных пород при высокой степени метаморфизма. Структура полнокристаллическая, средне- и мелкозернистая. Текстура полосчатая, ширина светлых и темных полос, как правило, не превышает 3 мм, чаще всего – 1...3 мм. Окраска светлая, серая, темно-серая.

### **ГРУППА СЛАНЦЕВ**

СЛАНЦЫ – это бедные полевым шпатом или вовсе лишенные его метаморфические горные породы с отчетливой параллельной или сланцеватой текстурой. В обиходе под сланцами обычно понимают глинистые сланцы. Сланцеватое сложение характерно для многих метаморфических пород, поэтому всю их группу в целом часто называют *метаморфическими* или *кристаллическими сланцами*.

ГЛИНИСТЫЕ СЛАНЦЫ представляют собой начальную стадию изменения глинистых пород. Эти изменения так незначительны, что от осадочных пород они отличаются только наличием хорошо выраженной сланцеватости, параллельно которой глинистые сланцы легко раскалываются на пластины с матовым блеском. Глинистые минералы частично преобразованы в слюды, являющиеся наряду с кварцем и хлоритом главными компонентами породы. Хлориты при-

дают глинистым сланцам зеленоватый цвет, сульфиды железа – голубоватый до черного. В отличие от сланцеватой глины глинистый сланец имеет листоватое сложение и не пластичен. Структура тонкозернистая или скрытокристаллическая, текстура плотная сланцеватая. Окраска различная, зависящая от цвета исходной глинистой породы.

ФИЛЛИТЫ являются следующей за глинистыми сланцами стадией метаморфизма глинистых пород. Филлит – собирательный термин, относящийся к серо-зеленым листоватым метаморфическим сланцам с серебристым блеском и шелковистым отливом. Филлиты характеризуются полнокристаллической структурой, обычно очень мелкозернистой, не различимой невооруженным глазом, но выражающейся в наличии сильного, обычно шелковистого блеска на поверхностях раскола по сланцеватости. Текстура плотная тонкосланцевая. Состоит из тонкочешуйчатых кристаллов глинистых минералов, серицита, хлорита, слюды и кварца. Окраска филлита обусловлена цветом исходных глинистых сланцев.

СЛЮДИСТЫЕ СЛАНЦЫ образуются в результате более высокой степени метаморфизации, чем филлиты. Обладают хорошо выраженной полнокристаллической структурой и плотной сланцеватой текстурой. Крупнозернистая метаморфическая порода содержит ясно различимые чешуйки слюды. Главные минералы кварц и светлая (часто также темная) слюда; полевой шпат. Окраска в основном серая, изменяется в широких пределах в зависимости от соотношения светлой и темной слюды.

### ***ГРУППА ПОРОД С МАССИВНОЙ ТЕКСТУРОЙ***

МРАМОР образуется из известняка путем контактного или регионального метаморфизма. Структура крупно-, средне- и мелкозернистая полнокристаллическая, текстура плотная массивная. Состоит в основном из кальцита, поэтому бурно реагирует с соляной кислотой.

При сильном метаморфическом преобразовании карбонатных отложений породы становятся крупнозернистыми, сахаровидными.



Отдельные кристаллы кальцита укрупнились в результате собирательной перекристаллизации за счет других, так что порода в целом приобрела сахаровидный облик. Этот характерный признак «настоящих» мраморов отчетливо заметен на свежем изломе. Сланцеватость, как и остатки окаменелостей и пустот, у мрамора практически отсутствует. Посторонние примеси изменяют первоначально белоснежный цвет породы, сообщая ей полосатый, муаровый, пятнистый, свилеватый или жилковатый узор, то есть превращая ее в пестрый мрамор. Лишь редко мрамор бывает гладким, однотонным. Оксид железа окрашивает его в красный цвет; высокодисперсный сульфид железа в иссиня-черный; лимонит (гидроксиды железа) и карбонаты железа и марганца в желтые и бурые тона, а железосодержащие силикаты (особенно такие, как хлорит и эпидот) в зеленые. Серые, голубоватые и черные цвета могут быть обусловлены также примесями графита или битумов.

В петрографии такие метаморфизованные известняки называют *мрамором* (или кристаллическим известняком) и относят к группе метаморфических пород. В действительности определенной границы между метаморфическими мраморами, мраморизованными и мраморовидными известняками нет, так что неспециалисту различить их зачастую бывает трудно.

**КВАРЦИТ** – метаморфическая горная порода, состоящая преимущественно из кварца – одного из самых распространенных минералов в земной коре. Кварцит образовался путем метаморфизма (структурного изменения под действием высоких температур и давления) из кремнистых осадков. Чаще всего его образование связано с перекристаллизацией кварцевых песчаников при средней и высокой степени метаморфизма песчаных пород. Состоит целиком из перекристаллизованных зерен кварца. Структура полнокристаллическая, обычно мелкозернистая, текстура массивная плотная. Окраска кварцита в чистых разностях белая, светло-серая, но примеси могут окрасить его в красновато-бурые, малиновые и другие тона. От песчаников отличается более высокой прочностью и характером излома.

АСБЕСТ (горный лен) представляет собой измененные в процессе метаморфизма породы, состоящие из роговой обманки. В процессе изменения под действием высокого давления происходит переориентация кристаллов, ранее беспорядочно расположенных, длинной гранью по нормали к действующему давлению. Структура асбеста полнокристаллическая, текстура волокнистая. Волокна окрашены в белые или зеленоватые цвета и имеют характерный шелковистый блеск вдоль волокон. Легко расщепляются на отдельные волокна.

## **12. ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МЕТАМОРФИЧЕСКИХ ГОРНЫХ ПОРОД**

Метаморфические горные породы по ГОСТ 25100-2020 относятся к скальным водостойким грунтам.

Физико-механические свойства метаморфических пород во многом близки к магматическим, что обусловлено наличием у них жестких, преимущественно кристаллизационных связей. Все метаморфические породы, не измененные процессами выветривания, имеют прочность, значительно превышающую нагрузки, существующие в строительной практике. В пределах реальных строительных нагрузок они деформируются, как упругие тела.

Метаморфические горные породы практически водонепроницаемы и, за исключением карбонатных разновидностей, не растворяются в воде. Деформируемость и фильтрация этих пород возможны только по трещинам, а также в выветрелых зонах. Для большинства метаморфических пород характерна анизотропия свойств, обусловленная их сланцеватостью и полосчатостью. Прочность на сжатие, сопротивление сдвигу, модуль упругости значительно ниже вдоль сланцеватости и полосчатости, чем перпендикулярно им. Сланцеватостью определяется и значительная выветриваемость этих пород, а также сниженная устойчивость на природных склонах и в бортах искусственных выработок. Другой особенностью метаморфических пород является значительно меньшая их устойчивость против выветривания, нежели магматических пород.

Следует отметить также, что в процессе метаморфизма магматические горные породы, как правило, ухудшают свои строительные свойства: появляется трещиноватость, полосчатость, а иногда и рассланцованность. Осадочные же породы в процессе метаморфизма улучшают свои строительные свойства: уплотняются, обжигаются, перекристаллизовываются и переходят в разряд скальных пород.

Наиболее прочными и устойчивыми метаморфическими породами являются кварциты, их сопротивление сжатию превышает 150...200 МПа, они морозоустойчивы и очень слабо выветриваются. Физико-механические свойства гнейсов в зависимости от их структуры и текстуры меняются в широких пределах, их сопротивляемость сжатию не превышает 100...120 МПа. При выветривании прочностные свойства гнейсов изменяются особенно сильно.

Прочностные свойства сланцев в зависимости от состава и степени метаморфизма изменяются в широких пределах – от нескольких десятков МПа у кристаллических пород до нескольких МПа у глинистых. Наименее устойчивы к выветриванию глинистые сланцы.

Прочностные свойства мраморов зависят от их структуры и текстуры, их сопротивление сжатию в среднем составляет 100 МПа. В отличие от других метаморфических пород мраморы растворяются в воде, содержащей углекислоту, хотя и очень слабо. Мрамор довольно устойчив к выветриванию и сохраняет крутые, вплоть до отвесных, природные склоны.

Водоносность метаморфических пород, а равным образом и их водопроницаемость вследствие значительной плотности и часто кристаллического сложения обычно являются весьма незначительными и обуславливаются главным образом наличием трещин.

Наиболее широкое применение в строительстве имеют мрамор и кварцит из-за их большей прочности и устойчивости против выветривания. Интенсивное выветривание сланцев ограничивает их использование в качестве оснований сооружений, несмотря на их значительную прочность.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Добров, Э.М. Инженерная геология: учебник для студ. учреждений высш. проф. образования / Э.М. Добров. – 3-е изд. – М.: Издательский центр «Академия», 2013. – 224 с.
2. Ломтадзе, В.Д. Инженерная геология. Инженерная петрология / В.Д. Ломтадзе. – Л.: Недра, 1970. – 528 с.
3. Маслов, Н.Н. Инженерная геология / Н.Н. Маслов, М.Ф. Котов. – М.: Стройиздат, 1971. – 342 с.
4. Чарыгин, М.М. Общая геология: учеб. для нефтяных вузов / М.М. Чарыгин. – 3-е изд. – М.: Гостоптехиздат, 1963. – 376 с.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие .....	3
1. Общие сведения о материалах .....	3
2. Физические свойства минералов .....	4
3. Классификация минералов .....	9
4. Породообразующие минералы.....	9
5. Определение минералов .....	22
6. Горные породы.....	25
7. Магматические горные породы .....	27
8. Инженерно-геологическая характеристика магматических горных пород .....	35
9. Осадочные горные породы .....	37
10. Инженерно-геологическая характеристика осадочных горных пород .....	52
11. Метаморфические горные породы .....	57
12. Инженерно-геологическая характеристика метаморфических горных пород.....	65
Список литературы.....	67

*Учебное издание*

**ФОНАРЁВ** Павел Александрович

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МИНЕРАЛОВ И ГОРНЫХ ПОРОД.  
ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ГОРНЫХ ПОРОД

Учебно-методическое пособие  
по курсу «Инженерная геология»

*Редактор Г.Н. Середина*

*Редакционно-издательский отдел МАДИ. E-mail: madi.ru*

Подписано в печать 09.03. 2022 г. Формат 60x84/16.

Усл. печ. л. 3,25. Тираж 150 экз. Заказ . Цена 350 руб.

МАДИ, Москва, 125319, Ленинградский пр-т, 64