

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Минцаев Магомед Шавалович

Должность: Ректор

Дата подписания: 22.11.2020 16:12:00

Уникальный программный ключ:
236bcc35c296f119d6aa7dc22836b21db52dbc07971a86865a5825f9fa4304cc



**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования**

**«Грозненский государственный нефтяной технический
университет имени академика М.Д.Миллионщикова»**

ИНСТИТУТ СТРОИТЕЛЬСТВА, АРХИТЕКТУРЫ И ДИЗАЙНА

Кафедра «Технология строительного производства»

ПРИРОДНЫЕ КАМЕННЫЕ СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

*Методические указания к лабораторным занятиям по курсу «Строительные
материалы» для студентов всех направлений подготовки*

Грозный 2020

Составители: З.Х. Исмаилова

УДК 691:620

ПРИРОДНЫЕ КАМЕННЫЕ СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ.
Методические указания к лабораторным занятиям по курсу «Строительные материалы» для студентов всех направлений подготовки / З.Х. Исмаилова. – Грозный: ФГБОУ ВО ГГНТУ-2020, 42 с.

В методических указаниях даны необходимые исходные сведения для изучения составов, структуры, свойств природных каменных строительных материалов и их применения в строительстве.

Рецензент: зав. каф. «ТСП», д.т.н. профессор Муртазаев С-А.Ю.

© : ФГБОУ ВПО ГГНТУ-2020

ВВЕДЕНИЕ

Горные породы являются главным источником для получения строительных материалов.

Горные породы, добываемые для строительных целей, получили название нерудных полезных ископаемых. Горные породы используют в промышленности строительных материалов как сырье для изготовления стекла, керамики, теплоизоляционных и других изделий, а также для производства неорганических вяжущих веществ - извести, гипсовых вяжущих, цементов и других. В значительных объемах горные породы идут на получение природных каменных строительных материалов и изделий: щебня, песка, бутового камня, элементов дорожной одежды, плит облицовки, архитектурных деталей и т.д. В настоящее время добывается более 700 млн. т камня в год.

Основные свойства природных каменных материалов в большой мере предопределяются свойствами исходных горных пород, из которых они получены механической обработкой. Свойства искусственных материалов также в большой мере зависят от состава и свойств пород, которые послужили сырьем для их приготовления. Поэтому данная лабораторная работа посвящена изучению горных пород и минералов, их состава, свойств и области использования в строительстве.

Лабораторная работа рассчитана на 4 часа учебного времени и выполняется самостоятельно. Первые 2 часа посвящаются изучению общих положений и основных пороодообразующих минералов, а в остальные два часа изучаются: классификация горных пород, основные их виды, свойства и применение в строительстве. Для изучения выдаются коллекции минералов и горных пород с экспликацией. Внимательно изучив введение и общие сведения, следует приступить к изучению материала в последовательности, предлагаемой в указаниях. При этом следует сначала изучить все сведения о данном минерале или горной породе, ознакомиться с экспонатами и занести

данные в специальный журнал. При изучении горных пород следует обратить особое внимание на зависимость технических свойств от их происхождения, сложения и структуры, увязав все это с возможными областями применения их в строительстве.

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

1.1. Основные определения

Твердая оболочка земли, или литосфера, состоит из различных горных пород. Горные породы есть природные минеральные агрегаты, сложенные из одного или нескольких минералов. Так, например, горная порода гранит состоит в основной массе из минералов группы полевого шпата, кварца и слюды. Минералы представляют собой природные физически и химически однородные тела, образовавшиеся в земной коре в результате совершающихся физико-химических процессов.

Каждый минерал образуется в определенных физико-химических условиях (т.е. при определенных значениях температуры, давления и концентрации химических элементов в системе).

Отдельные минералы остаются неизменными до тех пор, пока не нарушены условия их устойчивого состояния. При воздействии внешней среды (при процессах окисления или восстановления, при изменении температуры или давления) нарушаются условия устойчивого состояния минералов, в этом случае многие минералы подвергаются разрушению или преобразованию в другие минералы, устойчивые во вновь создавшихся условиях, например, слюда, биотит переходит в хлорит. В природе имеются минералы, которые могут устойчиво существовать при изменении внешних воздействий. Таковы, например, алмаз, корунд, циркон и др. В большинстве своем минералы - твердые тела, иногда жидкие тела или газообразные. Всего в природе встречается более 2000 минералов. Из множества встречающихся в природе минералов сравнительно небольшое их количество, около 50,

образуют основную массу горных пород различного происхождения. Такие минералы выделяются в группы основных породообразующих. Наука, изучающая минералы, называется минералогией, она изучает состав, кристаллическое строение, свойства, условия образования и практическое значение минералов.

2. ПОРОДООБРАЗУЮЩИЕ МИНЕРАЛЫ

2.1. Основные свойства и признаки минералов

Минералы как физические тела характеризуются разнообразными свойствами - такими как цвет, твердость, блеск, плотность и др. В зависимости от химического состава и кристаллической структуры эти свойства минералов проявляются по-разному.

Каждый минерал характеризуется какими-либо особыми свойствами и признаками, по которым его можно отличить от других. Главными особыми свойствами минералов, которые имеют важное значение при их определении, являются: облик кристаллов, цвет минералов и цвет черты, прозрачность, блеск, спайность и излом, твердость, прочность и плотность. При более глубоких исследованиях используют химический анализ или другие методы.

2.1.1. Облик кристаллов

Породообразующие минералы в большинстве своем - вещества кристаллические с определенной формой кристаллов, присущей каждому соединению. Атомы в них располагаются закономерно и образуют кристаллическую решетку. Однако, в природных минералах вследствие затрудненного несвободного процесса кристаллизации соединений решетка и форма кристаллов нарушаются. В большинстве случаев в природе минералы встречаются в виде неправильной формы зерен, не имеющих кристаллических граней, но обладающих независимо от этого внутренним кристаллическим строением. Хорошо образованные кристаллы с

ограниченными естественными гранями встречаются редко. Среди разнообразных форм кристаллов и кристаллических зерен выделяются следующие основные типы:

а) изометрические формы, т.е. формы, у которых кристаллические грани развиты одинаково во всех направлениях в пространстве, например, октаэдрические формы кристаллов у магнетита, куба - у пирита и поваренной соли;

б) формы, вытянутые в одном направлении, т.е. призматические, столбчатые, игольчатые, волокнистые и др. Например, кристаллы кварца, гипса, роговой обманки и др.;

в) формы, вытянутые в двух направлениях. Сюда относятся таблитчатые, пластинчатые, листовые, чешуйчатые кристаллы, например, у слюды. Отдельные минералы, не имеющие закономерного строения, называются аморфными.

2.1.2. Цвет минералов и цвет черты

Цвет у минералов бывает различный, есть минералы совершенно бесцветные, например, чистый горный хрусталь. Другие минералы имеют цвет, присущий веществу, из которого они состоят, например, зеленый у малахита. Отдельные разновидности минерала кварца могут быть окрашены в различный цвет, так как они содержат тонкораспыленные включения посторонних минералов. Поэтому при изучении цвета минералов необходимо учитывать, что одни минералы могут иметь свою природную окраску, присущую веществу, из которого они состоят, тогда как другие минералы приобретают окраску за счет примесей посторонних включений.

Для некоторых минералов характерным является цвет черты, образующейся на фарфоровой пластинке при прочерчивании по ней кусочком минерала. По окраске получающейся черты определяют цвет черты минерала. Цвет черты по сравнению с окраской минерала является более

постоянным, а следовательно более надежным диагностическим признаком. Цвет черты в ряде случаев совпадает с цветом минерала. Например, у минерала магнетита окраска и цвет порошка черные. У других минералов - резкое различие между цветом минерала и цветом черты. Например, у минерала пирита цвет латунно-желтый, а черта - зеленовато-черная, у гематита цвет черный, а черта - красная.

Большинство прозрачных или полупрозрачных светлоокрашенных минералов обладают бесцветной (белой) или светлоокрашенной чертой. Поэтому цвет черты имеет значение при определении темноокрашенных, чаще рудных минералов.

2.1.3. Прозрачность

Прозрачностью называется свойство вещества пропускать сквозь себя лучи света. Все минералы в зависимости от степени прозрачности делятся на следующие группы:

- а) прозрачные (горный хрусталь, исландский шпат и т.д.);
- б) полупрозрачные (изумруд, киноварь и др.);
- в) непрозрачные (пирит, магнетит, гранит и др.).

2.1.4. Блеск минералов

Падающие на минерал световые лучи частично отражаются, этот отраженный свет и создает впечатление блеска. Интенсивность блеска, т.е. количество отраженного света, тем больше, чем больше разница между скоростями света при переходе его в кристаллическую среду, т.е. чем больше показатель преломления материала.

Все минералы по блеску делят на две группы:

- 1) минералы с металлическим блеском, поверхность которых в отраженном свете напоминает блеск полированной поверхности металла (пирит, галленит и др.);

2) минералы с неметаллическим блеском.

Последние в свою очередь подразделяется на следующие:

- а) алмазный, самый интенсивный блеск (алмаз, сфалерит);
- б) стеклянный, напоминающий блеск поверхности стекла, встречается у большинства прозрачных минералов (горный хрусталь, кальцит и другие);
- в) жирный блеск, при котором поверхность минерала кажется как бы смазанной пленкой жира, встречается у кварца на изломе, у нефелина и др.;
- г) перламутровый минерал блескит, как перламутровая поверхность раковины (слюда, тальк и др.);
- д) матовый блеск имеют минералы, у которых поверхность совсем не блескит (халцедон).

2.1.5. Спайность и излом

Спайность характеризует способность минерала раскалываться или расщепляться при ударе по определенным гладким блестящим плоскостям, являющимися плоскостями спайности.

Различают следующие виды спайности:

- а) спайность весьма совершенная (например, у слюд и хлорита). Кристалл способен расщепляться на тонкие пластинки, излом чаще всего наблюдается по спайности, а по другим направлениям весьма затруднен;
- б) спайность совершенная (кальцит, галленит и др.). Минерал при ударе раскалывается по ровным параллельным плоскостям. Получить излом по другим направлениям довольно трудно;
- в) спайность несовершенная. Минерал при ударе раскалывается, при этом не образуются ровных поверхностей, а наблюдается раковистый неровный излом.

Наблюдаемая у минералов спайность может быть выражена в одном направлении (слюда), в двух направлениях (полевые шпаты) и в трех (кальцит).

2.1.6. Твердость

Твердость есть способность минерала противостоять внедрению в него другого тела при каком-либо механическом воздействии, например, при царапании минерала иглой или другим минералом, предметом.

Твердость является одним из вернейших диагностических признаков. Поэтому при определении того или иного минерала вначале всегда исследуют твердость.

При определении твердости минералов обычно пользуются шкалой твердости, предложенной Моосом (табл. 2.1.). Последняя представлена десятью минералами, из которых каждый последующий своим острым концом царапает все предыдущие. В шкале твердости минералы располагаются в порядке увеличения твердости (от 1 до 10). Последовательным царапанием неизвестного минерала эталонным можно установить относительную твердость, выраженную цифрами от 1 до 10. в полевых условиях твердость определяют при помощи ряда предметов, например, ногтем, стальным ножом и др.

Таблица 2.1

Шкала твердости

Название минералов, используемых для определения твердости	Твердость	Название предметов, используемых для определения твердости в полевых условиях	Твердость
Тальк	1	Графит мягкого карандаша	1
Гипс	2	Ноготь	2
Кальцит	3	Монета бронзовая	3
Флюорит	4	Гвоздь железный	4
Апатит	5	Стекло	5
Полевой шпат	6	Нож стальной	6
Кварц	7		
Топаз	8		
Корунд	9		
Алмаз	10		

2.1.7. Плотность

Истинная плотность определяется как отношение массы минерала к его объему в абсолютно плотном состоянии, т.е. без пор и пустот. Плотность большинства материалов находится в пределах от 2,0 до 3,5 т/см³.

2.1.8. Прочность

Прочность минералов и горных пород обычно характеризуют пределом прочности при сжатии, выраженным в кгс/см² или в МПа. Предел прочности при сжатии определяют как отношение предельного разрушающего усилия к площади ее приложения. Далее в методических указаниях приняты следующие обозначения:

ρ - истинная плотность, т/м³;

ρ_0 - средняя плотность, т/м³;

T.пл. – температура плавления, °С;

H – твердость по шкале Мооса;

R_{сж} – предел прочности при сжатии, кгс/см² (МПа);

F – морозостойкость;

W_п – водопоглощение, %;

П – пористость, %.

2..2. Основные группы и виды породообразующих минералов

Горные породы по своему составу подразделяются на мономинеральные, состоящие из одного минерала, и полиминеральные, состоящие из нескольких минералов. Свойства горных пород определяются свойствами минералов, их количественным соотношением и структурой. Поэтому целесообразно перед изучением горных пород изучить основные породообразующие минералы. Последние можно подразделить на 5 основных групп.

2.2.1. Группа кварца

Кварц - основной представитель группы, самый распространенный минерал земной коры, состоящий из кристаллического кремнезема SiO_2 . Его кристаллы имеют форму шестигранных призм с шестигранными пирамидами на основаниях. $R_{\text{сж}}$ до 2000 МПа, $H=7$; $\rho_0 = 2,65 \text{ т/м}^3$; $T_{\text{пл}}=1710^\circ\text{C}$. При быстром охлаждении расплава образуется кварцевое стекло, хорошо пропускающее ультрафиолетовые излучения. Цвет кварца серый, молочно-белый. Он прозрачный, спайность весьма несовершенная.

В интервале температур $T=575-870^\circ\text{C}$ происходит скачкообразное увеличение объема до $\rho_0 = 2,26 \text{ т/м}^3$, что необходимо учитывать при производстве огнеупоров из пород, содержащих кварц. Кварц химически стоек и при обычной температуре не реагирует с кислотами и щелочами, при высоких температурах вступает во взаимодействие с щелочами. При выветривании магматических пород стойкие зерна кварца не разрушаются, а образуют кварцевый песок.

Разновидности кварца: горный хрусталь, кремьень, халцедон, яшмы и др.

Кварц – основной минерал многих горных пород: магматических (граниты, кварцевые порфиры); осадочных (песчаники, пески, суглинки) и метаморфических (гнейсы, кварциты). Входя в состав горных пород, он придает им повышенную прочность, твердость, стойкость. Применяется в производстве огнеупоров, фарфоровой, стекольной промышленности. Свойством кварца давать с основаниями гидросиликаты пользуются для изготовления ряда строительных материалов, например, силикатного кирпича.

Опал – представляет собой гидрат кремнезема $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ аморфной структуры; $\rho_0 = 1,9-2,5 \text{ т/м}^3$; $H=5-6,5$. Аморфный кремнезем более активен, чем кварц и может соединяться с известью даже при нормальной температуре. Хорошо растворяется в щелочах и плавиковой кислоте. Из

опала состоят такие породы, как трепел, опока, диатомит, которые используются в производстве вяжущих, заполнителей, теплоизоляционных материалов и др.

2.2.2. Группа глинозема (алюминатов)

Второе место после кремнезема в земной коре занимает глинозем Al_2O_3 . В природе свободный глинозем встречается в виде минералов корунда и других глиноземистых минералов.

Корунд (Al_2O_3) - это один из наиболее твердых и прочных минералов; $\rho_0=4,0$ т/м³; $N=9$, спайности нет. Известно много разновидностей корунда - как обычного, так и прозрачного (благородного): лейкосапфир - бесцветный; сапфир - синий; рубин - красный; топаз - желтый; аметист - фиолетовый; изумруд - зеленый. Применяют корунд в производстве абразивных и огнеупорных материалов.

Диаспор - также глиноземистый минерал, представляющий собой моногидрат глинозема $Al_2O_3 \cdot H_2O$, содержащий 85% Al_2O_3 . Кристаллы диаспора светлые, светло-красные или фиолетовые, что зависит от примесей. $\rho_0=4,0$ т/м³. $N=7$. Диаспор входит состав бокситов тонкодисперсных горных пород, богатых глиноземом (40-60%) и используемых как сырье в производстве глиноземистого цемента.

2.2.3. Группа алюмосиликатов

Обычно глинозем в природе находится в виде химических соединений с кремнеземом и другими окислами, называемыми алюмосиликатами. Самыми распространенными в земной коре алюмосиликатами являются полевые шпаты, составляющие более половины всей литосферы. К группе алюмосиликатов относятся также такие довольно распространенные минералы, как полевые шпаты, слюды, каолиниты и монтмориллониты.

Полевые шпаты - это самые распространенные минералы в магмати-

ческих породах (до 2/3 от общей массы пород). Они представляют собой, также как и кварц, светлые составные части пород, имеют белый, розовый, темно-красный, серый, желтоватый цвет и др., $\rho_0 = 2,5-2,7 \text{ т/м}^3$; $H = 6$, $R_{сж} = 120-170 \text{ МПа}$, $T_{пл} = 1170-1550^\circ\text{C}$. Стойкость полевых шпатов против механического и химического выветривания незначительна. Основными разновидностями полевых шпатов являются ортоклаз и плагиоклазы.

Ортоклаз – $\text{K}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$ или $\text{K}_2\text{O} \cdot (\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Si}_3\text{O}_8)$ - по гречески "прямораскалывающийся", характеризуется следующими свойствами: угол спайности 90° ; $\rho_0 = 2,57 \text{ т/м}^3$; $H = 6,5$; $T_{пл} = 1450^\circ\text{C}$. Встречается в кислых (гранит) и средних (сиенит) по кислотности магматических породах.

Плагиоклазы – (по гречески "косораскалывающийся") образуют изоморфный ряд от альбита – $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$ или $\text{Na}_2\text{O}(\text{AlSi}_3\text{O}_8)$, входящего в состав кислых пород, до анортита- $\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$ или $\text{CaO}(\text{Al}_2 \cdot \text{Si}_2\text{O}_8)$, характерного для основных пород (габбро, базальт и др.). Среди плагиоклазов выделяется лабрадор - изоморфная смесь альбита и анортита, обладающий иризирующим голубоватым цветом, он входит в состав ценной горной породы лабрадорита. При выветривании полевых шпатов образуются главным образом глинистые минералы: каолинит, монтмориллонит и др., являющиеся составной частью глинистых осадочных пород. Полевые шпаты входят в состав большинства изверженных, многих метаморфических и ряда осадочных горных пород. В чистом виде полевые шпаты применяют в качестве плавней при производстве керамики и стекла. Спайность шпатов - совершенная.

Слюды - группа минералов, представляющих собой алюмосиликаты слоистой структуры и обладающих совершенной спайностью в одной плоскости, т.е. способных расщепляться на тончайшие гибкие, упругие пластинки; $H = 2-3$. Слюды - широко распространенный минерал изверженных и осадочных пород. Размер пластин слюды может достигать 1 - 1,5 м, но чаще встречается в виде мелких включений. Встречаются три вида

слюды: мусковит, биотит и вермикулит.

Мусковит - прозрачная светлая калиевая слюда, $\rho_0 = 2,7 - 3,0 \text{ т/м}^3$, тугоплавкая, химически стойкая. Прочность на сжатие (пластинок 4x4 см) 4200—5400 кг/см²; прочность на разрыв (при толщине 0,02—0,05 мм) 17—36 кг/мм². Используется в качестве электроизоляционного материала, в производстве стекла, огнеупорных красок, для декоративной отделки стен и как бронирующая посыпка для рубероида.

Биотит - темного цвета железистомагнезиальная слюда, $\rho_0 = 2,7 - 3,0 \text{ т/м}^3$, тугоплавкая, разрушается легче, чем мусковит.

Вермикулит – продукт гидратации и окисления биотита, гидрослюда золотисто-бурого цвета, имеющая сложную структуру с молекулярной межслоевой водой. Благодаря наличию этой воды, вермикулит при нагревании до 900-1000⁰С вспучивается с увеличением объема в 15-20 раз. Такой вспученный вермикулит применяется для изготовления тепло- и звукоизоляционных материалов.

Каолинит – $\text{Al}_2(\text{Si}_4\text{O}_{10}) \cdot (\text{OH})_8$ или $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ – белый, иногда с буроватым или зеленоватым оттенком минерал, встречающийся в природе в виде рыхлых землистых или плотных масс, являющийся основной составной частью глин. Имеет $\rho_0 = 2,6 \text{ т/м}^3$; $n=1$, спайность – весьма совершенная, излом - неровный, на ощупь жирный. Каолинит образуется в результате разложения полевых шпатов, слюд и некоторых других силикатов, в процессе их выветривания и переноса продуктов разрушения. На земной поверхности устойчив в условиях кислой среды. Каолинит слагает каолиновые глины, входит в состав полиминеральных глин, иногда присутствует в цементе обломочных пород. Применяется как сырье для керамических, огнеупорных изделий, в качестве пигмента, наполнителя.

Монтмориллонит – $(\text{Mg}, \text{CaO}) \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ образуется в условиях щелочной среды в морских осадках и в коре выветривания, встречается в виде пластинчатых агрегатов, землистых сплошных масс, скоплений чешуек

неправильной формы. Слагает бентонитовые глины, иногда служит цементирующим веществом в песчаниках. Минералы группы монтмориллонита широко распространены в осадочных породах, а в некоторых глинах играют роль главных породообразующих.

Цвет - белый с сероватым, иногда с синеватым, розовым, зеленоватым оттенками; блеск – матовый; спайность – совершенная; $\rho_0 = 1,65-2,0 \text{ т/м}^3$; H не < 1 ; гидрофилен, с водой образует очень устойчивые суспензии и вязкую тестообразную массу, набухает в воде иногда до 10—20-кратного увеличения в объеме. Благодаря этим свойствам монтмориллонита для бентонитовых глин характерны высокая дисперсность; сильная набухаемость в воде; высокое водопоглощение; высокая связующая способность; высокая пластичность, сорбционная способность и хорошие отбеливающие свойства. Используются в качестве гидроизоляционного материала (набухающие бентониты) в гидротехническом строительстве; добавок в цемент и бетон, что увеличивает их механическую прочность, водонепроницаемость и водостойкость; виде добавок или самостоятельно в качестве клеевых средств; в качестве буровых растворов; для смягчения жестких вод, очистки жиров и масел; для изготовления литейных форм.

2.2.4. Группа железисто-магнезиальных силикатов

Для минералов этой группы характерен темный цвет, поэтому их еще называют темно-окрашенными минералами. Плотность их больше, чем других силикатов, $\rho_0 = 3,0-3,6 \text{ т/м}^3$; $H = 5,5-7,5$, $R_{сж} = 200-500 \text{ МПа}$, ударная вязкость значительна. При высоком их содержании в горных породах, последние имеют темный цвет, большую плотность и повышенное сопротивление удару. Наиболее распространенные минералы этой группы - роговая обманка, авгит, оливин и серпентин.

Роговая обманка - типичный минерал изверженных горных пород. Цвет от бурого до черного; $H = 7$, излом занозистый.

Авгит - минерал цвета от зеленого до черного; $H = 5-6$, излом таблитчатый.

Оливин - минерал зеленого цвета; $H = 2,5 - 4$, излом раковистый, не стоек в атмосферных условиях, постепенно переходит в змеевик или серпентин. Разновидность серпентина - хризотил - асбест, имеющий волокнистое строение, широко используется для получения тонкого, прочного асбестового волокна, которое применяется в асбестовой промышленности и в производстве теплоизоляционных материалов.

Роговые обманки - важные породообразующие минералы для ряда изверженных пород (например, сиенитов и диоритов); оливин и авгит - для габбро, диабазов и базальтов. Все минералы этой группы, за исключением оливина, стойки к выветриванию.

Увеличение содержания темноокрашенных минералов придает горным породам большую прочность, вязкость, плотность, а нередко и повышенную атмосферостойкость. Состав минералов этой группы может быть выражен общей формулой $R_2[SiO_4]$, где $R = Mg, Fe^{2+}, Mn, Ca$, спайность их средняя или несовершенная.

2.2.5. Группа карбонатов

Карбонаты являются основными породообразующими минералами для большинства осадочных пород: известняков, мела, магнезитов, диатомитов; важнейшие из них кальцит, магнезит и доломит.

Кальцит - кристаллический известняковый шпат ($CaCO_3$), один из наиболее распространенных минералов в земной коре, $\rho_0 = 2,6-2,8 \text{ т/м}^3$; $H = 3$, бесцветен, блеск стеклянный, спайность совершенная по трем направлениям: слабо растворим в воде, наличие в воде CO_2 резко увеличивает растворимость кальцита. Кальцит легко растворяется в кислотах с бурным выделением углекислого газа. При нагревании выше $850^\circ C$ кальцит разлагается на CaO и CO_2 .

Кальцит является основным породообразующим минералом многих осадочных пород: мела, известняка, известнякового туфа, входит он также в состав мрамора. Эти породы используются для изготовления вяжущих (извести, цемента) как строительный и бутовый камень, в качестве флюса в металлургии, для красочных полировальных и отделочных материалов.

Магнезит – ($MgCO_3$) по своим свойствам близок к кальциту, но встречается значительно реже, обладает скрытно-кристаллическим строением, $\rho_0 = 2,9-3,1 \text{ т/м}^3$; $H = 3,5 - 4$. В отличие от кальцита он растворяется в соляной кислоте лишь при нагревании, цвет белый с желтизной, серый. При температуре около 770°C он распадается на MgO и CO_2 . Магнезит в основном применяют для производства высокоогнеупорных магнезиальных материалов и металлического магнезия, специальных цементов; он применяется также в бумажной, резиновой и др. отраслях промышленности, образует породу того же названия.

Доломит - двойная углекислая соль магнезия и кальция ($CaCO_3 \cdot MgCO_3$) довольно распространенный минерал, по свойствам занимающий промежуточное положение между кальцитом и магнезитом, $\rho_0 = 2,87 \text{ т/м}^3$; $H = 3,5 - 4$; $T_{пл} = 1400^\circ\text{C}$, цвет имеет серовато-белый, иногда с желтоватым, зеленоватым или красноватым оттенками. При нагревании доломит разлагается при температуре 770°C на свободную окись магнезия и карбонат кальция. Примерно при 930°C происходит разложение углекислого кальция по схеме $CaCO_3 = CaO + CO_2$. В обычных условиях слабо реагирует с соляной кислотой. Доломит образует породу того же названия, а также входит в состав мрамора, известняков и других пород. Применяется для получения различных огнеупорных материалов, гидравлической извести, магнезиального цемента, в качестве флюса при плавке руд и как удобрение.

2.2.6. Группа сульфатов

Сульфаты являются породообразующими минералами ряда осадочных

пород. Важнейшими из этой группы являются: гипс и ангидрит.

Гипс – $(\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O})$ - минерал пластинчатого, волокнистого или зернистого строения, цвет обычно белый, но может быть окрашен и в различные цвета; блеск стеклянный, на плоскостях спайности - перламутровый; спайность весьма совершенная, $\rho_0 = 2,3 \text{ т/м}^3$; $N = 2$; обладает заметной растворимостью в воде (около 2 г/л при 20°C). При нагревании двуводный сульфат кальция переходит при температуре $110\text{-}140^\circ\text{C}$ в полуводный $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5 \text{ H}_2\text{O}$, а при температуре $600\text{-}700^\circ\text{C}$ переходит в безводный сульфат кальция (ангидрит). В природе гипс встречается как в виде отдельных кристаллов, так и в виде горной породы того же названия. В горных породах он кристаллизуется в виде зернистых (алебастр) или волокнистых (селенит) масс. Гипс широко применяется в различных отраслях промышленности, в качестве добавки к портландцементу, для получения вяжущих, изготовления архитектурных деталей, перегородок, плит, в бумажном производстве, для приготовления различных красок, эмалей, глазурей и т.д.

Ангидрит (CaSO_4) - безводная разновидность гипса. Цвет чаще всего голубой, блеск - стеклянный, спайность совершенная по трем направлениям, $\rho_0 = 2,8 - 3,0 \text{ т/м}^3$, $N = 3 - 3,5$. По внешнему виду он похож на гипс. Залегает ангидрит пластами и прожилками вместе с гипсом и каменной солью. Под действием воды ангидрит постепенно переходит в гипс, увеличиваясь при этом в объеме. Ангидрит образует породу того же названия. Применяется в производстве гипсовых вяжущих веществ, цементов, для получения серной кислоты и в ювелирном деле как поделочный камень.

3. ГОРНЫЕ ПОРОДЫ

3.1. Общие положения

Геофизические исследования позволяют разделить землю от ее центра

до поверхности на три основные геосферы: ядро Земли, промежуточную оболочку и земную кору (литосферу) (рис.3.1.). Толщина земной коры находится в пределах от 3 до 80 км (рис. 3.2.). Земная кора состоит из слоев различной плотности. Верхний слой земной коры на материках состоит из осадочных пород. Под ними на различной глубине залегает гранитный слой, включающий в себя граниты, гнейсы, базальты. Этот слой, составляющий 30-40 км, выступает на поверхность в склонах гор. Ниже гранитного слоя залегает плотный слой, состоящий из сильно измененных, так называемых метаморфических, горных пород.

Строение земной коры в океанах и особенно в местах больших глубин отличается от коры материков. Гранитный слой здесь, как правило, отсутствует. Подстилающей плотной породой в этом случае является базальт. Земная кора на материках, особенно в горных хребтах, имеет толщину до 80 км, а в наиболее глубоких местах океанов - 3-6 км.

В результате различных процессов, происходящих в глубоких слоях Земли, в различных местах земного шара наблюдается поднятие или опускание земной коры. Наряду с вертикальными происходят также и горизонтальные перемещения земли: сдвиги, смятия, складки и надвиги слоев.

Земная кора в результате вулканических извержений на протяжении многих миллионов лет претерпевала большие изменения, в ней происходили породообразующие геологические процессы, в результате чего возникли различные горные породы. В дальнейшем в земной коре под влиянием большого давления и высокой температуры, выветривания различные горные породы изменялись. Поэтому горные породы, входящие в состав земной коры, весьма разнообразны как по своему происхождению, так и по составу. Каждая горная порода представляет собой совокупность различных минералов, являющихся продуктом природных физико-химических процессов. В зависимости от однородности минерального состава, горные породы могут быть простыми (мономинеральными), т.е. состоящими из



Рис.3.1. Внутреннее строение земли

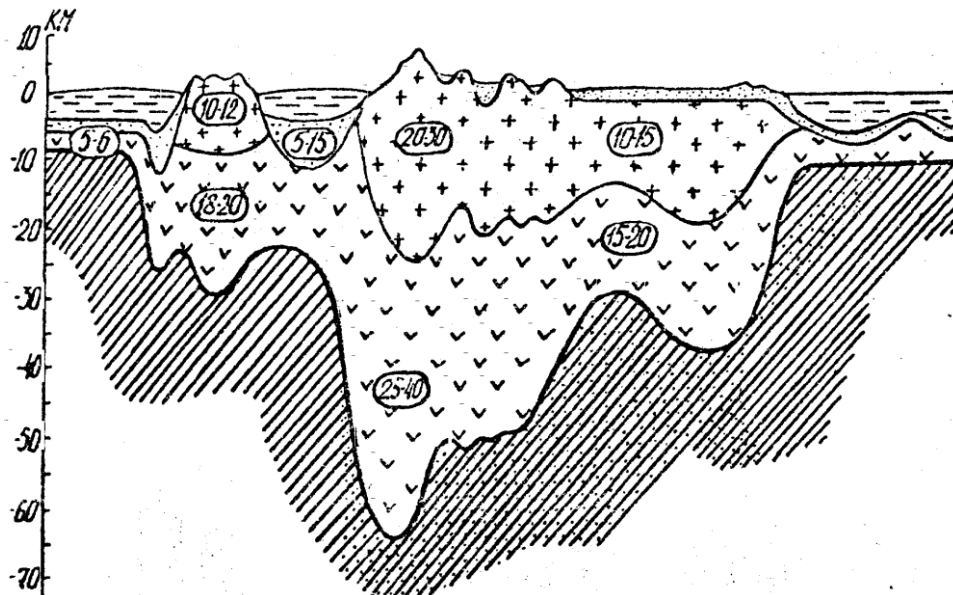


Рис.3.2. Схема строения земной коры

- осадочный чехол;
- базальтовый слой;
- гранитный слой;
- верхняя мантия перидотитового состава;
- верхняя мантия эклогитового состава

одного какого-либо минерала, или сложными /полиминеральными/, состоящими из нескольких различных минералов.

3.2. Классификация горных пород

Изучение горных пород значительно облегчится, если использовать классификацию горных пород по их происхождению /генетическую классификацию/. Основные принципы такой классификации были заложены еще М.В. Ломоносовым, а в дальнейшем по мере развития геологии эта классификация была доработана академиком Ф.Р. Левинсоном-Лессингом, А.П. Карпинским и др. учеными.

Генетическая классификация горных пород учитывает условия их образования, которые в свою очередь определяют общий характер строения данной группы, строение же определяет ряд важнейших свойств горных пород, а следовательно, области и условия применения природных каменных материалов из той или иной породы в строительстве.

В соответствии с генетической классификацией горные породы подразделяются на три основные группы: 1- изверженные или магматические /первичные/; 2 - осадочные /вторичные/; 3 - метаморфические /видоизмененные/, которые в свою очередь также подразделяются в соответствии с табл. 3.1.

3.3. Происхождение горных пород

3.3.1. Изверженные или магматические (первичные) горные породы образовались в результате охлаждения и затвердевания огненно-жидкой лавы (магмы) в недрах земной коры или на поверхности земли. Скорость и условия образования магмы были разными, это привело к образованию изверженных горных пород с разными минералогическими составами, строением и свойствами. В зависимости от места образования различают: глубинные, излившиеся плотные и излившиеся пористые (вулка-

Табл.3.1. Генетическая классификация горных пород

Вид горных пород		
Изверженные породы	Осадочные породы	Метаморфические породы
А. Массивные 1. Глубинные (гранит, сиенит, диорит, габбро, лабрадорит) 2. Излившиеся (кварцевый порфир, трахит, порфирит, андезит, диабаз, базальт) Б. Оболочные (вулканические) 1. Рыхлые вулканический пепел, вулканический песок, пемза) 2. Цементированные (вулканическая лава, туф, трассы)	А. Механические отложения (оболочные породы) 1. Рыхлые (глины, пески, гравий, щебень) 2. Цементированные (песчаник, конгломерат, брекчии) Б. Химические осадки (гипс, ангидрит, магнезит, доломит, некоторые известняки, солистые туфы) В. Органогенные отложения (мел, большинство известняков, ракушечник, диатомит, трепел)	А. Измененные изверженные породы (гнейсы) Б. Измененные осадочные породы (мрамор, кварцит, глинистые сланцы)

нические породы. Глубинные (интрузивные) породы образовались в результате медленного остывания магмы на большой глубине от поверхности земли в условиях действия высоких температур и значительных давлений вышележащих слоев земли. Такие условия были благоприятны для кристаллизации минералов, составляющих породу, поэтому глубинные породы массивны, очень плотны и состоят обычно из тесно сросшихся более или менее крупных кристаллов, различимых невооруженным глазом (рис. 3.2.а). Эти породы обладают большой средней плотностью, высокой прочностью и морозостойкостью, малым водопоглощением, большой теплопроводностью и атмосферостойкостью.

Плотные излившиеся (эффузивные) горные породы образовались в верхних слоях земной коры и на ее поверхности при отсутствии давления и

быстром охлаждении магмы. В этих условиях не успевали образовываться крупные кристаллы и часть расплава застывала в виде аморфной массы и обычно возникала скрытно кристаллическая или стеклообразная структура. В некоторых случаях кристаллизация протекала в две фазы: первая - медленно (на глубине); вторая - быстро (на поверхности). В результате этого получалась порфировая (неравномерная) структура породы, представляющая собой скрытно-кристаллическую или даже стекловидную массу, в которую включены более крупные кристаллы "вкрапленники", образовавшиеся в магме при подъеме ее из глубины (рис. 3.2,б). Плотные излившиеся горные породы по показателям свойств близки к глубинным горным породам.

Пористые излившиеся породы (обломочные рыхлые и цементированные) образовались при извержении вулканов, когда на поверхность земли под большим давлением выбрасывались частицы раздробленной магмы вместе с парами и газами. Магма быстро охлаждалась, затвердевала, удерживая газы при снижении давления, и приобретала стеклообразное пористое строение (рис. 3.2, в).

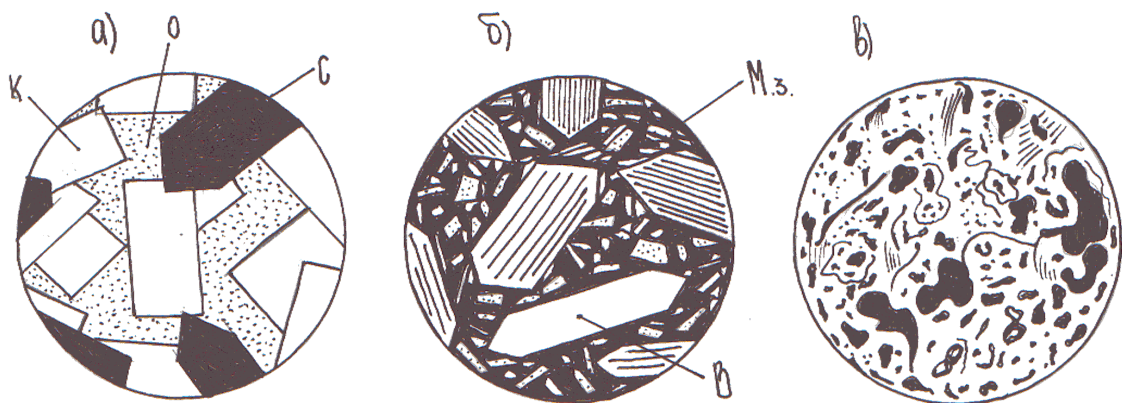


Рис.3.2. Структуры изверженных горных пород

- а) зернисто-кристаллическая структура гранита (К-кварц; О - ортоклаз; С-слюда);
- б) порфировая структура (М/з - мелкие зерна; В – вкрапленники);
- в) крупнопористая структура - пемза;

Если продукты вулканических извержений откладывались в виде отдельных обломков, то возникали обломочные рыхлые породы, если же эти обломки попадали в расплавленную магму до ее остывания или с течением времени слеживались - образовывались сцементированные породы.

3.3.2. Осадочные горные породы образовались в результате химических, физико-химических и биохимических процессов, протекающих на поверхности земной коры. Эти процессы происходили как в водных бассейнах, так и на континентах. Осадочные породы большей частью слоисты, поэтому их иногда называют пластовыми.

В зависимости от способа осаждения минеральных и органических образований выделяют три основные группы осадочных пород: механические отложения, химические осадки и органические отложения.

Механические отложения рыхлые (глина, песок, гравий, щебень) образовались в результате разрушения, переноса и накопления обломков горных пород и других продуктов выветривания. В дальнейшем часть из них подвергалась цементированию различными природными цементами и возникали цементированные породы (песчаники, конгломераты, брекчии).

Химические осадки - гипс, доломит, магнезит и некоторые виды известняков образовались в результате кристаллизации солей из пересыщенных водных растворов в замкнутых водоемах (озерах, морских лагунах) или в местах выхода минеральных источников на поверхность земли.

Органогенные отложения - известняки, мел, диатомит, трепел - образовались в результате отмирания и преобразования остатков некоторых водорослей и животных организмов (скелеты губок, кораллы, панцири, раковины и др.) и с последующим их уплотнением и цементацией.

3.3.3. Метаморфические (видоизмененные горные породы) образовались в результате преобразования осадочных и изверженных пород под действием высоких температур и больших давлений, а также под влиянием внедрения магмы в толщу ранее образовавшихся пород. В таких условиях метаморфизма изменялся минералогический, иногда химический состав пород, происходила перекристаллизация минералов (без их плавления), изменялась структура. В результате формировались новые породы, обычно более плотные, чем, например, исходные осадочные.

3.4. Основные изверженные породы

Технические свойства изверженных пород в значительной мере зависят от их химического состава. В зависимости от содержания кремнезема в свободном и химически связанном состоянии эти породы подразделяются на кислые ($\text{SiO}_2 > 65\%$), средние ($\text{SiO}_2 = 55-65\%$) и основные ($\text{SiO}_2 < 50\%$). Так как магма с одинаковым химическим составом могла отвердевать в глубине или изливаясь на поверхность, то каждой глубинной породе соответствует аналогичная излившаяся порода (табл. 3.2.).

Из данных табл. 3.2. следует, что по мере увеличения основности горных пород, т.е. по мере переходов от гранита к габбро или от порфиров к диабазам, средняя плотность, прочность, ударная вязкость возрастают, а цвет становится все темнее.

3.4.1. Глубинные породы

Представителями глубинных пород являются граниты, диориты, габбро, лабрадориты, сиениты.

Граниты - это глубинные кислые магматические породы, наиболее распространенные на земле, они имеют ярко выраженное зернисто-кристаллическое строение. В граните даже невооруженным глазом можно различить три основных минерала: кварц (20-40%), полевые шпаты (40-70%)

и слюды - биотит или мусковит (5-20%), иногда в его составе можно обнаружить роговую обманку и авгит, заменяющие слюду.

Цвет гранита в основном зависит от цвета полевого шпата и может меняться от светло-серого до темно-красного. Структура ярко выраженная, полно кристаллическая. Основные свойства характеризуются следующими показателями: $\rho_0=2,6-2,7 \text{ т/м}^3$, $R_{сж}=100-250 \text{ МПа}$, $W_{п}=0,1-0,8\%$, $F=200$ и

Таблица 3.2.

Основные характеристики глубинных пород и их аналогов – излившихся плотных пород

Характеристика по содерж. SiO_2	Глубинные породы	Излившиеся плотные породы	Породо-образующие минералы	Средняя плотность, т/м^3	Предел прочности при сжатии, МПа
Кислые $\text{SiO}_2 > 65\%$	Граниты	Кварцевые порфиры	Кварц, полевой шпат	2,6-2,7	100-250
Средние $\text{SiO}_2 = 55-65\%$	Сиениты Диориты	Бескварцевые порфиры и трахиты. Андезиты и порфириты	Полевой шпат, слюда, немного темноокраш. минералы. Полевой шпат и темноокраш. минералы	2,6-2,8 2,8-3,0	120-250 150-300
$\text{SiO}_2 < 50\%$	Габбро Лабрадориты	Диабазы, базальты	Темноокраш. минералы, полевой шпат	2,9-3,3	200-500

более циклов. Лучше сопротивляются механическим воздействиям мелкозернистые граниты: они равномерно изнашиваются при истирании, устойчивее против выветривания и меньше - растрескивания при нагревании. Граниты хорошо шлифуются и обтесываются.

Граниты широко применяются в строительстве для получения щебня,

изготовления высокопрочного и морозостойкого и асфальтовых бетонов, облицовочных плит, ступеней, плит для полов, бутового камня для кладки стен и фундаментов. Гранит используют для облицовки гидротехнических сооружений, набережных, опор мостов, туннелей, цоколей и др. частей зданий, монументальных сооружений.

Сиениты - по минералогическому составу отличаются от гранита отсутствием в составе кварца (кристаллического SiO_2) или небольшим его содержанием. Состоит сиенит в основном из калиевых и натриевых полевых шпатов и темноокрашенных минералов (роговой обманки, авгита, биотита), количество которых не превышает 15%. Структура у сиенита, также как и у гранита, полнокристаллическая, он и внешне напоминает гранит, но зернистость выражена менее отчетливо, а окраска его обычно несколько темнее.

По прочности сиенит близок к граниту, но менее стоек к выветриванию, его $\rho_0=2,6-2,8 \text{ т/м}^3$. Пористость и водопоглощение сиенита незначительные, он лучше поддается обработке и полировке, обладает большей вязкостью, чем гранит.

Применяют сиениты наряду с гранитами, но с меньшими требованиями к прочности и стойкости против выветривания.

Диориты - состоят из полевых шпатов плагиоклазов (около 75%) и темноокрашенных минералов - роговой обманки, реже биотита и авгита. Цвет от красного до темно-зеленого. Структура полнокристаллическая. $\rho_0=2,8-3,0 \text{ т/м}^3$, $R_{сж}=150-280 \text{ МПа}$, $W_n<1\%$, в среднем они выше, чем у гранитов и сиенитов.

Диориты отличаются повышенной ударной вязкостью и устойчивостью против выветривания, имеют мелко-среднезернистое строение, хорошо полируются. Их применяют в дорожном строительстве, реже для облицовки и архитектурных деталей.

Габбро - состоит из полевых шпатов, главным образом плагиоклаза

(около 50%) и темноокрашенного минерала - авгита, реже в его состав входят роговая обманка, биотит, оливин.

Цвет габбро от серого, темно-зеленого до черного; структура полнокристаллическая, крупно- или среднезернистая, $\rho_0=2,9-3,3 \text{ т/м}^3$, $R_{сж}=200-350 \text{ МПа}$.

Габбро - порода, имеющая высокую вязкость, стойкость против выветривания, трудно обрабатывается, дает хорошую долговечную полировку, широко используется для облицовки зданий, элементов дорожного покрытия и приготовления щебня.

Лабрадорит - это одна из разновидностей габбровых пород, составной частью которой является минерал плагиоклаз - лабрадор. Лабрадорит отличается яркими переливами цветов: серого, голубого, зеленого и др., хорошо полируется. Остальные свойства такие же, как у габбро. Используется в качестве декоративного камня и как ценный облицовочный материал.

3.4.2. Излившиеся плотные или массивные породы

Представителями излившихся плотных пород являются порфиры, трахиты, андезиты, диабазы и базальты. Каждой глубинной породе соответствует излившаяся порода, получившаяся из той же магмы, называемая аналогом. Вследствие чего их минералогический состав одинаков. По свойствам они близки к глубинным, но менее стойки против выветривания, $\rho_0=2,0-2,9 \text{ т/м}^3$, $R_{сж}=300-350 \text{ МПа}$, $W_{п}<0,2-0,5\%$.

Порфиры подразделяют на кварцевый порфир (аналог гранита), бескварцевый порфир (аналог сиенита) и порфирит (аналог диорита). Свойства порфиров близки к свойствам аналогичных им глубинных пород, однако, вследствие скрытокристаллического, а иногда стекловатого строения и наличия "вкрапленников" в виде крупных зерен кварца, стойкость их против выветривания ниже. Применяют в городском и дорожном строи-

тельстве в виде щебня, камней и декоративных плит.

Трахиты - породы, сходные с сиенитом, но более пористы и легче выветриваются. По прочности и морозостойкости они немного уступают сиениту, $\rho_o=2,0 \text{ т/м}^3$, $R_{сж}=50-90 \text{ МПа}$, $W_{п}=0,2-6\%$, П-до 35%. Трахиты имеют пористую структуру, светло- желтую или серую окраску, кислотостойки. В строительстве применяют как стеновой материал и щебень для бетона.

Андезиты - по свойствам сходны с диоритами, но отличаются от них порфировой структурой. Они серого или желтовато-серого цвета и содержат больше темноокрашенных минералов, чем трахиты: $\rho_o=2,2-2,7 \text{ т/м}^3$, $R_{сж}=60-250 \text{ МПа}$, $W_{п}=0,2-6\%$, П-до 30%, кислотостойки. Наиболее кислые и плотные андезиты применяют в качестве кислотостойкого материала в виде облицовочных плит, щебня для кислотоупорных бетонов.

Диабазы – (аналоги габбро) - это плотные кристаллические породы с зернами различной крупности, отличаются своеобразным "переплетенным" строением (между кристаллами полевого шпата содержится авгит). Имеет цвет от темно-зеленого до черного, высокую твердость, повышенную ударную вязкость, малую истираемость, $\rho_o=2,8-3,0 \text{ т/м}^3$, $R_{сж}=200-300 \text{ МПа}$, $T_{пл}=1200^{\circ}\text{C}$, химически стойки. Применяют для получения минеральной ваты, каменного литья, щебня для кислотостойких бетонов и в дорожном строительстве.

Базальты (аналоги габбро) - это самые распространенные излившиеся породы. В состав базальтов входят полевой шпат (плагиоклаз) и значительное количество темноокрашенных минералов (авгит, реже оливин). Структура базальтов порфирированная стекловатая или скрытно-кристаллическая, цвет темно-серый до черного; $\rho_o=3,0-3,3 \text{ т/м}^3$, $R_{сж}=100-150 \text{ МПа}$, $T_{пл}=1200^{\circ}\text{C}$. Базальты очень твердые и хрупкие, что затрудняет их обработку. Применяют базальты главным образом для дорожных покрытий, для мощений набережных, в качестве щебня для бетонов и сырья для каменного литья и в производстве минеральной ваты.

3.4.3. Излившиеся пористые обломочные породы

Излившиеся пористые породы разделяются на рыхлые (вулканические пеплы, пески и пемза) и цементированные (вулканические туфы и туфовые лавы).

Вулканические пеплы и пески - это порошкообразные неправильной формы частицы вулканической лавы, выброшенной в раздробленном состоянии. Мелкие частицы размером до 1 мм называют вулканическим пеплом, а более крупные до 5 мм - вулканическим песком. Пеплы и пески используют как активные минеральные добавки в производстве цементов и других вяжущих и как теплоизоляционный материал.

Пемза - это весьма легкая порода. В природе она встречается в виде отдельных обломков размерами частиц 5-30 мм. Поры занимают до 80% ее объема, остальное в структуре - вулканическое стекло, образовавшееся при быстром охлаждении лавы на воздухе. Состав: до 70% кремнезема (SiO_2) и 15% глинозема (Al_2O_3). Большая пористость придает пемзе низкую теплопроводность - 0,14-0,23 Вт/м·К; $\rho_0=0,5-0,6$ т/м³, $R_{\text{сж}}=2-4$ МПа, она морозостойка и негигроскопична. Применяют пемзу как заполнитель в легкие бетоны, в качестве стенового материала в малоэтажном строительстве, тепло- и звукоизоляционного материала, как активную минеральную добавку к извести и цементам, а также в качестве шлифующего (абразивного материала).

Вулканические туфы - это пористые породы, образовавшиеся в процессе уплотнения вулканического пепла вследствие температур, давлений или цементации природными цементами. Наиболее уплотненные пеплы образуют вулканические трассы. Вулканические туфы и трассы имеют цвет розовато-фиолетовый различных оттенков; $\rho_0=0,75-1,4$ т/м³, $R_{\text{сж}}=5,0-20$ МПа, $\Pi = 45-70\%$. Туфы легко поддаются технологической обработке и являются прекрасным строительным материалом, из них выпиливают камни для кладки стен и плиты для облицовки фасадов зданий, их применяют в

качестве заполнителя для легких бетонов и для получения активных минеральных добавок к цементам, извести, тепло- и звукоизоляционных, акустических материалов.

Туфовая лава - образовалась при попадании в жидкую лаву значительного количества пеплов и песков. Крупное месторождение туфовой лавы находится в Армении, такая порода носит название арктикский туф. Это стекловидная пористая порода, но благодаря замкнутым порам у нее низкое водопоглощение и достаточно высокая морозостойкость. Она имеет $\rho_0=0,75-1,45 \text{ т/м}^3$, $R_{сж}=15 \text{ МПа}$, низкую теплопроводность $< 0,35 \text{ Вт/мК}$, разнообразную окраску, применяется так же, как и туфы.

3.5. Основные осадочные породы

По классификации В.И. Лучинского, осадочные породы в зависимости от условий их образования делят на следующие три основные подгруппы:

- 1) механические отложения или обломочные породы;
- 2) химические осадки;
- 3) органогенные отложения.

3.5.1. Механические отложения (обломочные породы)

Механические отложения подразделяются на рыхлые, к которым относятся гравий, щебень, песок, глины, и сцементированные породы - это песчаники, конгломераты и брекчии.

Рыхлые обломочные породы подразделяются по размерам обломков на крупнообломочные - размер кусков более 2 мм (гравий с окатанными зернами и крупные пески), среднеобломочные (пески с размером зерен от 0,14 до 2 мм), мелкообломочные (пылеватые частицы размером 0,01-0,14 мм), тонкообломочные (глины, ил и лесс с размером частиц менее 0,01 мм). Щебень, гравий и песок применяются для отсыпки насыпей, балласта,

заполнителей для бетонов и растворов. Глина используется в производстве вяжущих и керамических материалов.

Обломочные породы, частицы которых связаны между собой каким-либо минеральным связывающим веществом (кремнеземом, кальцитом и др.), называют **сцементированными породами**. Это конгломераты (сцементированный гравий), брекчии (сцементированные зерна щебня) и песчаники (сцементированные зерна песка).

Песчаники - состоят из зерен кварцевого песка (реже из песка полевого шпата), сцементированного природным цементом, например, карбонатом кальция, водным кремнеземом, гипсом, глинистыми минералами (рис. 3.3.). В зависимости от цементирующего вещества песчаники называют известковыми, кремнистыми, глинистыми. Цвет их зависит от цвета цементирующего вещества. Наибольшее применение в строительстве получили известковые и кремнистые песчаники (глинистые песчаники не водостойки).

В известняковых песчаниках зерна песка сцементированы кальцитом и доломитом, их показатели, $\rho_0=2,3-2,5 \text{ т/м}^3$, $R_{сж}=50-100 \text{ МПа}$, кремнеземистые песчаники состоят из кварцевого песка, сцементированного водным кремнеземом (минерал опал).



Рис. 3.3. Строение осадочных горных пород

- | | |
|--------------------------|-----------------------------|
| а) песчаник; | 1 - цементирующее вещество; |
| б) известняк-ракушечник; | 2 - зерна песка; |
| в) диатомит; | |

Они обладают высокой стойкостью, в том числе и кислотостойкостью, значительной водо- и морозостойкостью, их показатели: $\rho_0=2,3-2,6 \text{ т/м}^3$, $R_{сж}=100-250 \text{ МПа}$. Песчаники применяют для фундаментов, бутовых камней, подпорных стенок, набережных, для устройства ступеней, тротуаров, а особо стойкие - для облицовки зданий и сооружений, кроме того, их используют в виде щебня, для бетонов и дорожных покрытий.

Конгломераты и брекчии используют в качестве заполнителей для бетонов, для изготовления штучного камня и облицовочных плит.

3.5.2. Химические осадки

К химическим осадкам относят некоторые виды известняков, известковые туфы, магнезиты, доломиты, гипс. Состоят они, как правило, из минералов группы сульфатов и карбонатов (CaCO_3 , MgCO_3 , CaSO_4).

Известковые туфы образовались в результате выпадения CaO_3 из источников подземных углекислых вод. Обычно туфы мягки и легко поддаются распиловке. Туфы имеют пористое ноздреватое строение. Разновидность известкового туфа - травертин - имеет плотное мелкозернистое строение, $R_{сж}$ до 80 МПа и обычно используется как декоративный камень для облицовки зданий.

Магнезит (MgCO_3) - порода кристаллического, а иногда аморфного строения состоит в основном, из минерала магнезита. Иногда содержит примеси углекислого кальция и железа. Цвет его белый, желтоватый до бурого. Используется для изготовления огнеупорных изделий, а также в качестве сырья для производства магнезиального вяжущего - каустического магнезита.

Доломит ($\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$) - порода зернистой, оолитовой и кристаллической структуры, состоит в основном из минерала доломита, с примесью глины, окиси железа и др. Цвет серый, желтый до бурого. По свойствам доломиты близки к плотным известнякам: $\rho_0=2,2-2,8 \text{ т/м}^3$, $R_{сж}=15-$

20 МПа, несколько выше, чем у плотного известняка. Применяют их в качестве строительного камня и щебня для бетона, для получения огнеупорных материалов и вяжущего вещества - каустического доломита.

Гипс ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) – осадочная порода белого или серого цвета, состоит из минерала того же названия. Гипсовый камень имеет $\rho_0=2,0-3,0$ т/м³, $R_{\text{сж}}$ =до 30 МПа и невысокую стойкость. Используется главным образом для производства гипсовых вяжущих веществ и в качестве добавки при производстве портландцемента.

Ангидрит (CaSO_4) состоит, в основном, из одноименного минерала ангидрита. Ангидрит отличается от гипса, цвет голубовато-белый до серого с разными оттенками. Ангидрит применяют для получения вяжущих и для внутренней облицовки зданий.

3.5.3. Органогенные отложения

К органогенным породам относят различные карбонатные и кремнистые горные породы, из них для строительных целей используют известняки, известняки-ракушечники, мел, диатомит, трепел.

Известняки - горная порода, состоящая, главным образом, из кальцита, широко распространенная на Земле. Кроме углекислого кальция, известняки обычно содержат незначительное количество магнезита, а иногда кварца, глинистых, железистых и др. соединений. В основном известняки морского происхождения – уплотненные и сцементированные скелетные остатки простейших организмов (моллюсков, раковин, панцирей, скелетов коралловых полипов).

Цвет известняков белый или светлый с желтыми, серыми, красноватыми или бурыми оттенками в зависимости от примесей. По структуре известняки подразделяют на плотные, пористые, мраморовидные, ракушечники, оолитовые (в последних шарообразные зернышки кальцита сцементированы тем же известковым цементом), землистые (мел).

Плотные известняки имеют показатели: $\rho_0=2,0-2,6 \text{ т/м}^3$, $R_{сж}= 10-100 \text{ МПа}$; пористые $\rho_0=0,9-2,0 \text{ т/м}^3$, $R_{сж}=4-20 \text{ МПа}$. Большое содержание в известняках глины и пирита оказывает на их свойства вредное влияние. Так, например, при содержании 3% глины известняки становятся неводостойкими.

Плотные известняки используют для облицовочных плит, архитектурных деталей, щебня для бетонов, производства извести и портландцемента.

В зависимости от относительного содержания CaCO_3 известняки бывают чистыми (CaCO_3 не менее 98%) и мергелистыми (CaCO_3 не менее 90%).

Мергели - представляют собой породу, составленную из механической смеси известняка и глины в разных соотношениях. Строение имеют от землистого до плотного, прочность небольшую, легко выветриваются. При содержании CaCO_3 - не менее 75% мергели называются известняковыми, не менее 40% - просто мергелями и не менее 10% - глинистыми мергелями. Мергели определенного состава могут использоваться в производстве портландцемента.

Мраморовидные известняки - это переходные породы от известняков к мраморам. Они состоят из зерен кальцита, тесно связанных между собой небольшим количеством карбонатного цемента. Мраморовидные известняки более плотные и прочные, чем обычные $\rho_0=2,6-2,8 \text{ т/м}^3$, $R_{сж}=60-180 \text{ МПа}$.

Известняк-ракушечник – это пористая порода, состоящая из раковин и панцирей моллюсков, корненожек и др. остатков, слабосцементированных известковым цементом (рис.3.3. б). Его основные параметры: $\rho_0=0,9-2,0 \text{ т/м}^3$, $R_{сж}= 0,4- 15 \text{ МПа}$ и более, имеет малую теплопроводность, легко поддается распиловке. Используют известняк-ракушечник как щебень для легкого бетона, а более прочный - для изготовления стеновых камней, блоков, облицовочных плит.

Мел - землистая горная порода, представляющая собой затвердевший морской осадок, состоящий из мелких обломков кальцита, многоклеточных организмов и микроскопических раковин. Цвет его белый, обладает высокой дисперсностью. Используется мел для получения извести, в производстве портландцемента, стекла, красок, замазок, шпаклевок и др.

Диатомиты - представляют собой рыхлые землистые массы белого, желтого, серого и других цветов, богатые аморфным кремнеземом, состоящие в основном из опала ($\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$). Образовались они из остатков мельчайших водорослей - диатомит, одетых тонкой прочной кремневой оболочкой, а также из кремневых скелетов одноклеточных животных радиолярий и губок, между которыми осаждались тончайший ил и глина (рис. 3.3.в).

Трепел - по внешнему виду, по химическому и минералогическому составу и свойствам очень сходен с диатомитом, но в отличие от него содержит аморфный кремнезем в виде мельчайших шариков, сцементированных опаловидным цементом. В состав трепела входит также небольшое количество скелетов диатомий, губок, раковин радиолярий.

В трепеле и диатомите содержится до 75-95% активного кремнезема. Прочность их незначительна: $\rho_0=0,35-0,95 \text{ т/м}^3$, теплопроводность – $\lambda =0,17-0,23 \text{ Вт/мК}$.

С течением времени под давлением верхних слоев трепел может переходить в прочную плотную, трудно размокающую породу, называемую опокой, почти полностью состоящую из аморфного кремнезема.

Диатомит, трепел и опоку используют в производстве легкого кирпича, теплоизоляционных материалов, а также в качестве активных гидравлических добавок к вяжущим.

3.5. Основные метаморфические породы.

Из числа метаморфических пород в строительстве применяют мрамор-

ры, кварцит, гнейсы, глинистые сланцы.

Эта группа пород образовалась под влиянием метаморфизма, под которым понимают преобразование горных пород, происходящее в недрах земной коры под влиянием высоких температур и давлений. В этих условиях может происходить перекристаллизация минералов без их плавления. Главными факторами метаморфизма являются температура, давление и химически активные вещества - растворы, газы, под действием которых породы любого состава и генезиса (магматические, осадочные или уже ранее метаморфизированные) подвергаются изменениям.

При формировании метаморфических пород велика роль направленного давления. При одностороннем давлении кристаллы деформируются в направлении, перпендикулярном направлению наибольшего давления, и видоизмененные породы приобретают сланцевое строение (гнейсы, глинистые сланцы и т.п.). Образуются специфические структуры с характерной закономерной ориентировкой минералов.

Мраморы - однородные массивные равномерно-зернистые кристаллические породы, образовавшиеся из известняков (реже доломитов) под действием высокой температуры и огромного многостороннего давления. Составлены они из прочно сросшихся между собой кристаллов кальцита (CaCO_3), иногда с примесью зерен доломита (CaCO_3 , MgCO_3). При этом зерна в мраморе связаны непосредственным сцеплением кристаллов без цементирующего вещества (рис. 3.4.а), в результате чего мрамор имеет высокую плотность и прочность: $\rho_0=2,6-2,8 \text{ т/м}^3$, $R_{сж}= 120-300 \text{ МПа}$, низкое водопоглощение $W_{п}=0,1-0,7\%$ и относительно высокую прочность на истирание.

Цвет чистого мрамора - белый, но в зависимости от примесей может быть разным: красный и розовый (с примесями железистых соединений и марганца), серый и черный (с органическими примесями) и др. При неравномерном распределении примесей мраморы приобретают окраску с

узорами и прожилками. Мрамор хорошо пилится на тонкие плиты и вследствие высокой плотности хорошо шлифуется и полируется. Мраморы используются для изготовления декоративных и облицовочных материалов для внутренней отделки зданий, архитектурных деталей, а также подоконных досок, лестничных ступеней, плит для пола и др. изделий. Однако мрамор не рекомендуется применять для наружной отделки зданий, так как под влиянием влаги, отрицательных температур, воздействием сернистого газа, содержащегося в воздухе промышленных городов, он выветривается, разрушается, теряет блеск полировки, цвет его изменяется.

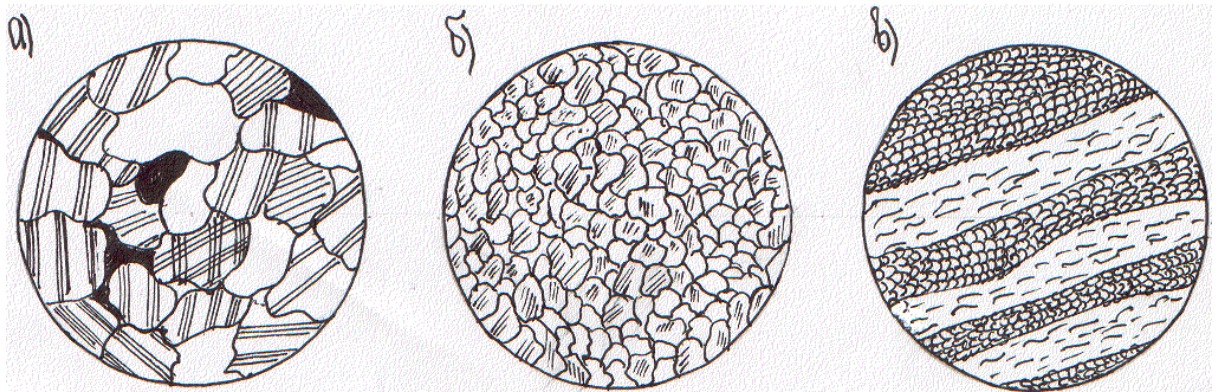


Рис.3.4. Строение метаморфических пород

а) - мрамор; б) – кварцит; в) - гнейс (сланцеватое строение)

Кварциты - метаморфическая порода, образовавшаяся в результате видоизменения кремнистых песчаников, представляющая собой сросшиеся зерна кварца с перекристаллизовавшимся цементирующим веществом, неотделимым от зерен кварца (рис. 3.4.б). Кварциты имеют мелко- и среднезернистую структуру, очень стойки против выветривания. Цвет от белого до темно-вишневого, что зависит от примесей. Плотность и прочность высокие: $\rho_0=2,7 \text{ т/м}^3$, $R_{сж}= 400 \text{ МПа}$. Из-за большой твердости (более 7) кварциты трудно обрабатываются. Применяют их в особо ответственных частях зданий и сооружений: для подферменных камней в мостах, облицовки, ступеней, деталей лестниц, как бутовый камень и щебень, а также в качестве сырья в производстве огнеупорным (динасовых) изделий и бетона.

Гнейсы - это полнокристаллические плотные породы, образовавшиеся в результате перекристаллизации гранитов, гранодиоритов, кварцевых порфиров и некоторых других изверженных пород, при высокой температуре и большом одностороннем давлении, имеющие сланцеватое строение и кристаллы, вытянутые в одном направлении (рис. 3.4. в). Сланцеватое строение обуславливает их анизотропность, облегчает добычу и обработку гнейсов, но уменьшает их прочность на сжатие вдоль слоев и стойкость против выветривания. Цвет их может быть от белого до черного. По свойствам они близки к гранитам и сиенитам, из которых образовались, но менее морозостойки. В строительстве гнейсы используют в виде плит для облицовки каналов, набережных, мощения площадей и тротуаров, кладки фундаментов, в качестве щебня для дорожного строительства.

Глинистые сланцы - плотная и глинистая твердая порода сланцевого строения, образовавшаяся из глин при сильном их уплотнении и частичной перекристаллизации при большом одностороннем давлении. В отличие от глин они не размокают в воде и при увлажнении, не обладают пластичностью. Цвет темно-серый. Глинистые сланцы очень долговечны, легко расщепляются на тонкие ровные плитки, $\rho_0=2,6-2,8 \text{ т/м}^3$, $R_{сж}= 20-60 \text{ МПа}$, они являются хорошим кровельным материалом (природный шифер).

3.7. Контрольные вопросы по теме "Природные каменные строительные материалы":

1. Каково строение земной коры?
2. Как классифицируются горные породы по условиям их образования?
3. Что называют минералом и что горной породой?
4. На какие основные группы можно подразделить породообразующие минералы?
5. Из каких минералов состоят основные изверженные горные породы?
6. Из каких минералов состоят основные осадочные горные породы?
7. Из каких минералов состоят основные метаморфические горные породы?
8. Каковы характерные свойства минералов, образующих изверженные горные породы?

9. Каковы характерные свойства минералов, образующих осадочные горные породы?
10. Каковы характерные свойства минералов, образующих метаморфические горные породы?
11. Какие минералы придают горным породам высокую вязкость и прочность, долговечность?
12. Как образовались изверженные горные породы?
13. Как образовались осадочные горные породы?
14. Как образовались метаморфические горные породы?
15. Какими основными свойствами и признаками характеризуют минералы и горные породы?
16. Назовите горные породы, применяемые для производства минеральных вяжущих.
17. Каковы виды структуры природных каменных материалов?
18. Какие горные породы применяются в тяжелых и легких бетонах?
19. Какие природные каменные материалы применяют для облицовки внутренних и внешних частей зданий и в качестве стенового материала отапливаемых зданий?
20. Назовите горные породы, состоящие в основном, из карбонатов и сульфатов кальция и магния и применяющиеся в производстве строительных материалов, и охарактеризуйте их свойства.
21. Что представляет собой мергель и для каких целей он используется?
22. Что общего в составах трепела, опоки, диатомита и где они применяются?
23. Для каких целей применяют в строительстве следующие горные породы: гранит, диабаз, базальт, кварц, известняк, мел, гипс?
24. Как влияют высокие температуры на гранит, известняк, магнезит, доломит, гипс, мрамор, гнейс, базальт?
25. Какие минералы и горные породы "вскипают" при воздействии соляной кислоты и какие являются кислотостойкими?
26. Какие строительные материалы и изделия получают из горных пород?
27. Чем объясняется образование сланцеватых структур в метаморфических горных породах?

3.8. Задачи к теме "Природные каменные строительные материалы":

1. По данным химического анализа гранит содержит 68% SiO_2 , базальт-47% SiO_2 . К каким группам (по химическому составу) относятся гранит и базальт и какое различие будет наблюдаться в их свойствах?
2. Горная порода имеет истинную плотность - 2,68 т/м³ и пористость 40% и прочность при сжатии не менее 7,0 МПа. К какому виду - легким или тяжелым - относятся каменные материалы, получаемые из этой горной породы? Можно ли изготовить эффективные стеновые материалы для малоэтажного строительства, если известно, что материал из данной породы водостоек и морозостоек?

3. Можно ли применять для устройства фундаментов во влажных грунтах бутовый камень из известняка, имеющего в сухом состоянии прочность при сжатии 1020 кгс/см^2 , а в водонасыщенном состоянии - 725 кгс/см^2 ?

4. Горная порода содержит 74% CaCO_3 и 25% глинистых веществ. Как называется такая горная порода и в производстве каких строительных материалов она может использоваться?

5. После испытаний на морозостойкость образцов, изготовленных из трахита, получили следующие данные: масса исходных образцов до испытаний в среднем составила 870 г, а прочность при сжатии - 1250 кгс/см^2 . После циклов попеременного замораживания и оттаивания в насыщенном водой состоянии масса образцов в сухом состоянии и прочность при сжатии (в среднем) составили соответственно:

- после 25 циклов – 878 г и 1225 кгс/см^2 ,
- после 50 циклов - 875 г и 1215 кгс/см^2 ,
- после 100 циклов- 860 г и 1180 кгс/см^2 ,
- после 150 циклов- 820 г и 910 кгс/см^2 .

Определить, к какой марке по морозостойкости может быть отнесен материал из данной горной породы?

ЛИТЕРАТУРА

1. Горбунов Г.И. Основы строительного материаловедения. -М.: АСВ, 2002.- 168с.
2. Микульский В.Г. Строительные материалы (материаловедение и технология): Учебное пособие. - М.: ИАСБ, 2002.- 536 с.
3. Рыбьев И.А. Строительное материаловедение: Учеб. пособие для строит. вузов. – М. Высш. шк., 2002. - 701 с.
4. Топоров Н.А., Бурлак Л.Н. Кристаллография и минералогия, - А.: Издательство лит. по строительству, 1972. – 502с.
5. Скрамтаев Б.Г., Дубова В.Д. и др. Примеры и задачи по строительным материалам/под ред. проф. Шубенкина П.Ф.,- М.: Высшая школа, 1970. - 229 с.
6. Вайнштейн М.З. Строительные материалы. Сб. примеров и задач. Йошкар-Ола, МарПИ, 1991.- 197 с.