

ЛЕКЦИЯ 1

ВВОДНАЯ ЧАСТЬ

**(КЛАССИФИКАЦИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ И ИХ
СВОЙСТВ, ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА СТРОИТЕЛЬНЫХ
МАТЕРИАЛОВ)**

Вопрос 1. История открытия минеральных вяжущих веществ и бетонов

- Условно можно выделить три основных по своей продолжительности не равных этапа в ее истории.
- **Первый этап охватывает наиболее длительный период.**

Имеется достаточно оснований утверждать, что исходным моментом для становления науки о материалах явилось получение керамики путем сознательного изменения структуры глины при ее нагревании и обжиге.

Исследования раскопок показывают, что предки улучшали качество изделий вначале подбором глин, затем с помощью изменения режима нагревания и обжига на открытом огне, а позже — в специальных примитивных печах. Со временем чрезмерную пористость изделий научились уменьшать глазурованием.

- Сознательное создание новых керамических и металлических материалов и изделий было обусловлено определенным прогрессом производства. Возрастала необходимость в более глубоком понимании свойств материалов, особенно прочности, ковкости и других качественных характеристик, а также способов возможного изменения их. К этому времени развились мореплавание, ирригация, постройка пирамид, храмов, укрепление грунтовых дорог и т.д. Пополнились новыми сведениями и фактами теоретические представления о материалах.

● Второй этап развития строительного материаловедения условно начался со второй половины XIX в. и закончился в первой половине XX в.

- Важнейшим показателем этого этапа явилось массовое производство различных строительных материалов и изделий, непосредственно связанное с интенсификацией строительства промышленных и жилых зданий, общим прогрессом промышленных отраслей, электрофикацией, введением новых гидротехнических сооружений и т. п.
- Характерным является также конкретное изучение составов и качества производимых материалов, изыскание наилучших видов сырья и технологических способов его переработки, методов оценки свойств строительных материалов со стандартизацией необходимых критериев совершенствования практики изготовления продукции на всех стадиях технологии.
- В результате строительное материаловедение обогатилось данными петрографии и минералогии при характеристике минерального сырья, используемого после механической переработки либо в сочетании с химической переработкой в виде готовой продукции — природного камня штучного и в рыхлом состоянии, керамики, вяжущих веществ, стекла и др. С той же целью начали применять побочные продукты производств — шлаки, золы, древесные отходы и пр.
- В номенклатуре материалов, кроме применявшихся на первом этапе камня немолотого или грубо околотого, меди, бронзы, железа и стали, керамики, стекла, отдельных вяжущих, например гипса, извести, появились новые цементы, и начался массовый выпуск портландцемента, открытого Е. Челиевым в начале XIX в. В разработке новых для того времени минеральных вяжущих веществ участвовали А.Р. Шуляченко, И.Г. Малюга, А.А. Байков, В.А. Кинд, В.Н. Юнг, Н.Н. Лямин и другие ученые.

- Быстро развивалось производство цементных бетонов различного назначения; сформировалась специальная наука о бетонах — бетоноведение.
- В 1895 г. И.Г. Малюга издал первый в нашей стране труд «Состав и способы приготовления цементного раствора (бетона) для получения наибольшей крепости». Он впервые вывел формулу прочности бетона и сформулировал так называемый закон водоцементного отношения.
- Несколько раньше французский ученый Фере предложил формулу прочности цементного камня (и бетона). В 1918 г. была установлена прочность бетона Абрамсом (США), уточненная Н.М. Беляевым, что послужило исходной позицией для разработки метода подбора (проектирования) состава плотного и высокопрочного бетона. Появилась и формула прочности Боломея (Швейцария), уточненная Б.Г. Скрамтаевым применительно к отечественным исходным компонентам.

- И конце XIX в. формируется технология изготовления железобетона и получает развитие наука о железобетоне. Этот высокопрочный материал был предложен французскими учеными Ламбо и Ковалье, садовником Монье (1850—1870). В России А. Шиллер, а затем в 1881 г. Н.А. Белелюбский провели успешные испытания конструкций из железобетона, а в 1911 г. были изданы первые технические условия и нормы для железобетонных конструкций и сооружений. Особого внимания заслужили безбалочные железобетонные междуэтажные перекрытия, разработанные в Москве А.Ф. Лолейтом (1905).
- В конце XIX в., после успешных исследований, внедрен в строительство предварительно напряженный железобетон. В 1886 г. П. Джексон, Деринг, Мандель, Фрейсине взяли патент на его применение и развили этот метод.

- Массовое производство преднапряженных конструкций началось несколько позже, а в нашей стране — **на третьем этапе развития** строительного материаловедения.
- К этому периоду относится внедрение и сборного железобетона. Развивались научные концепции производства многих других строительных материалов. Уровень познания поднялся так, что в цементной, полимерной, стекольной и некоторых других отраслях разрыв во времени между окончанием научной разработки и внедрением ее в производство становился весьма малым, т.е. наука превращалась в непосредственную производительную силу.

Вопрос 2. Предмет, задачи и содержание учебной дисциплины «Материаловедение и технология конструкционных материалов»

- **Учебный курс «Материаловедение и технология конструкционных материалов» предназначен** для студентов направления подготовки (специальности) 271501.65 «Строительство железных дорог, мостов и транспортных тоннелей». Введение данной дисциплины в учебный план названного направления подготовки обусловлено необходимостью формирования у будущих специалистов компетенций, позволяющих решать следующие профессиональные задачи в области производственно-технологической и проектно - конструкторской деятельности и научно-исследовательской деятельности:
- – эффективное использование материалов и оборудования при строительстве железных дорог, мостов и транспортных тоннелей;
- – анализ причин брака при производстве строительных работ, разработка методов технического контроля и испытаний материалов для объектов;
- **Цель дисциплины:** подготовить студентов к профессиональной деятельности. Освоение дисциплины включает в себя: изучение материалов, используемых в строительстве на железной дороге; изучение свойств этих материалов; формирование умения использовать полученные знания для грамотной оценки причин возможных разрушений строительных сооружений, приводящих к авариям и крушениям.

Профессиональные компетенции

- владение методами оценки свойств и способами подбора материалов для проектируемых объектов **(ПК-12)**;
- способность осуществлять контроль качества используемых на объекте строительства материалов и конструкций **(ПК-16)**.

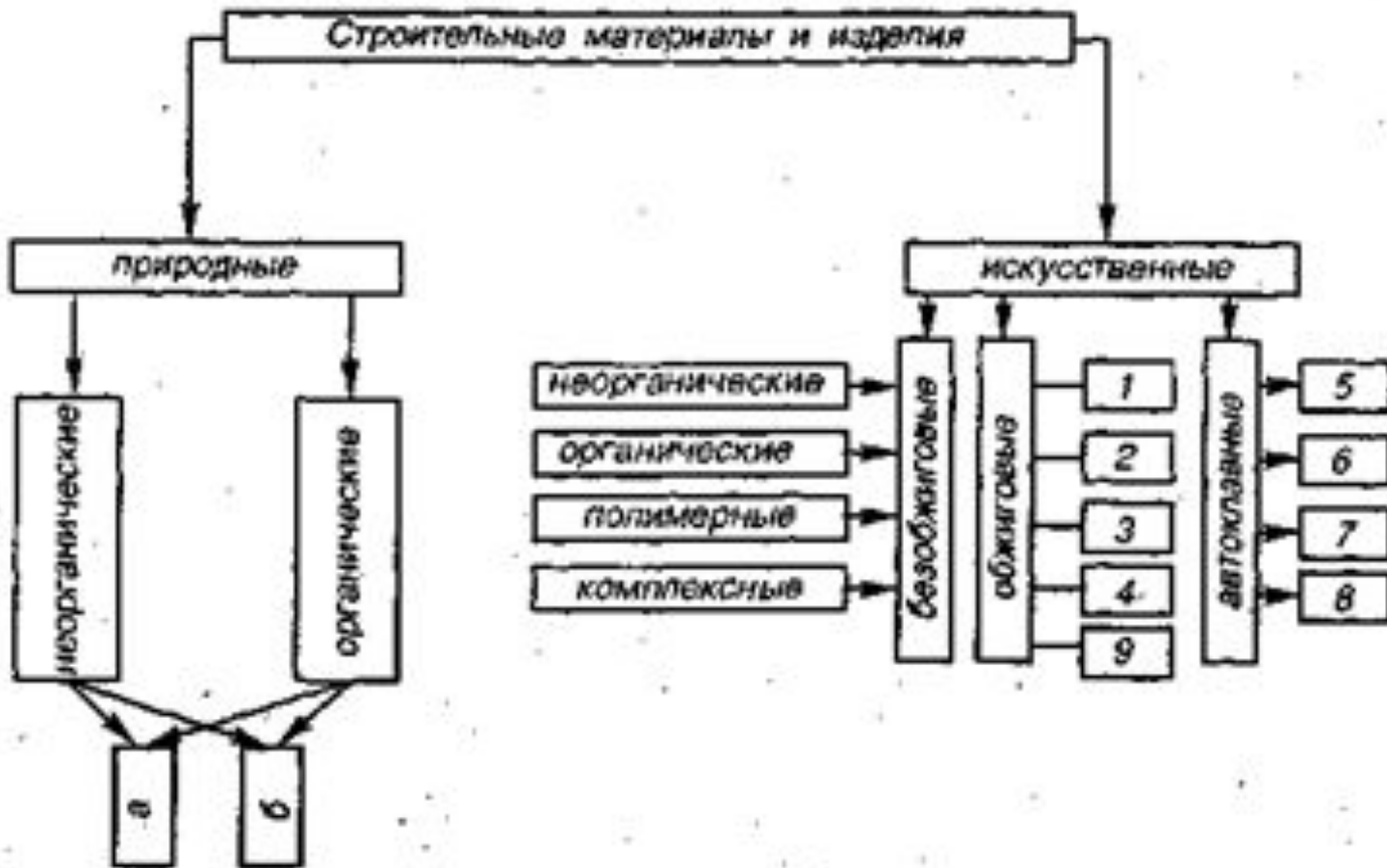
Требования к результатам освоения дисциплины

- В результате изучения дисциплины студент **должен:**
- - **знать и понимать** физическую сущность явлений, происходящих в материалах в условиях производства и эксплуатации; их связь со свойствами материалов и видами повреждений; основные свойства современных строительных материалов;
- - **уметь** использовать полученные знания для того, чтобы правильно выбрать материал, определить вид обработки, необходимой для получения заданной структуры и свойств; правильно оценить поведение материала при воздействии на него различных эксплуатационных факторов и на этой основе, определить условия, режим и сроки эксплуатации сооружения;
- - **владеть** навыками использования справочной литературы, государственных стандартов и литературных источников в подборе материалов и оценке качества используемых на объекте строительства материалов и конструкций.

Связь с другими дисциплинами

- Дисциплина «Материаловедение и технология конструкционных материалов» преподается на основе ранее изученных дисциплин:
 - 1) Физика
 - 2) Химия
 - 3) История строительства транспортных сооружений
- и является фундаментом для изучения следующих дисциплин:
 - Сопротивление материалов
 - Строительная механика
 - Механика грунтов
 - Мосты на железных дорогах
 - Основания и фундаменты транспортных сооружений
 - Железнодорожный путь
 - Строительные конструкции и архитектура транспортных сооружений
 - Здания на транспорте
 - Коррозия строительных материалов

Вопрос 2. ОБЩАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ



По степени готовности различают собственно **строительные материалы и строительные изделия** - готовые изделия и элементы, монтируемые и закрепляемые на месте работы.

- **К строительным материалам** относятся древесина, металлы, цемент, бетон, кирпич, песок, строительные растворы для каменных кладок и различных штукатурок, лакокрасочные материалы, природные камни и т. д.
- **Строительными изделиями** являются сборные железобетонные панели и конструкции, оконные и дверные блоки, санитарно-технические изделия и кабины и др. В отличие от изделий строительные материалы перед применением подвергают обработке - смешивают с водой, уплотняют, распиливают, тешут и т. д.

По происхождению строительные материалы подразделяют на *природные и искусственные*.

- *Природные материалы* - это древесина, горные породы (природные камни), торф, природные битумы и асфальты и др. Эти материалы получают из природного сырья путем несложной обработки без изменения их первоначального строения и химического состава.
- *К искусственным материалам* относят кирпич, цемент, железобетон, стекло и др. Их получают из природного и искусственного сырья, побочных продуктов промышленности и сельского хозяйства с применением специальных технологий.

По назначению материалы подразделяют на следующие группы:

- **конструкционные материалы** – материалы, которые воспринимают и передают на грузки в строительных конструкциях;
- **теплоизоляционные материалы**, основное назначение которых — свести до минимума перенос теплоты через строительную конструкцию и тем самым обеспечить необходимый тепловой режим в помещении при минимальных затратах энергии;
- **акустические материалы** (звукопоглощающие и звукоизоляционные материалы) - для снижения уровня «шумового загрязнения» помещения;
- **гидроизоляционные и кровельные материалы** - для создания водонепроницаемых слоев на кровлях, подземных сооружениях и других конструкциях, которые необходимо защищать от воздействия воды или водяных паров;
- **герметизирующие материалы** - для заделки стыков в сборных конструкциях;
- **отделочные материалы** - для улучшения декоративных качеств строительных конструкций, а также для защиты конструкционных, теплоизоляционных и других материалов от внешних воздействий;
- **материалы специального назначения** (например огнеупорные или кислотоупорные), применяемые при возведении специальных сооружений.
- **материалы общего назначения** - их используют и в чистом виде, и как сырье для получения других строительных материалов и изделий

По технологическому признаку материалы
подразделяют, учитывая вид сырья, из которого получают материал, и вид его изготовления, на следующие группы:

- ***Природные каменные материалы и изделия*** - получают из горных пород путем их обработки: стеновые блоки и камни, облицовочные плиты, детали архитектурного назначения, бутовый камень для фундаментов, щебень, гравий, песок и др.
- ***Керамические материалы и изделия*** - получают из глины с добавками путем формования, сушки и обжига: кирпич, керамические блоки и камни, черепица, трубы, изделия из фаянса и фарфора, плитки облицовочные и для настилки полов, керамзит (искусственный гравий для легких бетонов) и др.
- ***Стекло и другие материалы и изделия из минеральных расплавов*** - оконное и облицовочное стекло, стеклоблоки, стекло профилит (для ограждений), плитки, трубы, изделия из ситаллов и шлакоситаллов, каменное литье.

Неорганические вяжущие вещества - минеральные материалы, преимущественно порошкообразные, образующие при смешивании с водой пластичное тело, со временем приобретающее камневидное состояние: цементы различных видов, известь, гипсовые вяжущие и др.

Бетоны - искусственные каменные материалы, получаемые из смеси вяжущего, воды, мелкого и крупного заполнителей. Бетон со стальной арматурой называют железобетоном, он хорошо сопротивляется не только сжатию, но и изгибу и растяжению.

Строительные растворы — искусственные каменные материалы, состоящие из вяжущего, воды и мелкого заполнителя, которые со временем переходят из тестообразного в камневидное состояние.

Искусственные необжиговые каменные материалы - получают на основе неорганических вяжущих и различных заполнителей: силикатный кирпич, гипсовые и гипсобетонные изделия, асбестоцементные изделия и конструкции, силикатные бетоны.

- **Органические вяжущие вещества и материалы на их основе** — битумные и дегтевые вяжущие, кровельные и гидроизоляционные материалы: рубероид, пергамин, изол, бризол, гидроизол, толь, приклеивающие мастики, асфальтовые бетоны и растворы.
- **Полимерные материалы и изделия** - группа материалов, получаемых на основе синтетических полимеров (термопластических нетерморезистентных смол): линолеумы, релин, синтетические ковровые материалы, плитки, древеснослоистые пластики, стеклопластики, пенопласты, поропласты, сотопласты и др.
- **Древесные материалы и изделия** - получают в результате механической обработки древесины: круглый лес, пиломатериалы, заготовки для различных столярных изделий, паркет, фанера, плинтусы, ручки, дверные и оконные блоки, клееные конструкции.
- **Металлические материалы** - наиболее широко применяемые в строительстве черные металлы (сталь и чугун), стальной прокат (двутавры, швеллеры, уголки), сплавы металлов, особенно алюминиевые.

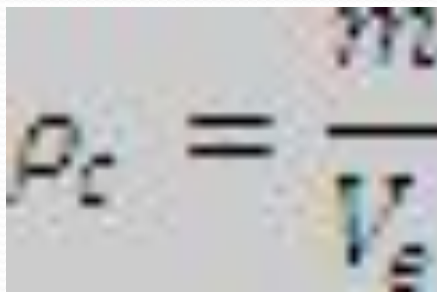
Вопрос 3. ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

- Таблица 1 – Плотность некоторых строительных материалов

Материал	Плотность, кг/м ³	
	истинная	средняя
Сталь	7850-7900	7800-7850
Гранит	2700-2800	2600-2700
Известняк (плотный)	2400-2600	1800-2400
Керамический кирпич	2600-2700	1600-1900
Тяжелый бетон	2600-2900	1800-2500
Поропласты	1000-1200	20-100

СРЕДНЯЯ ПЛОТНОСТЬ

- **Средняя плотность ρ_c** — масса единицы объема материала в естественном состоянии, т. е. с порами.
- Среднюю плотность (в кг/м³, кг/дм³, г/см³) вычисляют по формуле:


$$\rho_c = \frac{m}{V_c}$$

- Где,
- m - масса материала, кг, г;
- V_c - объем материала, м³, дм³, см³.

ОТНОСИТЕЛЬНАЯ ПЛОТНОСТЬ

Относительная плотность d - отношение средней плотности материала к плотности стандартного вещества.

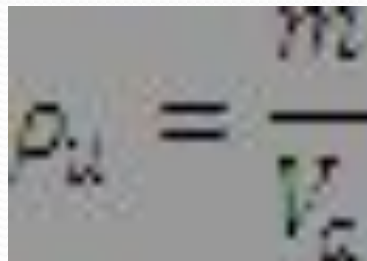
За стандартное вещество принята вода при температуре 4°C , имеющая плотность 1000 кг/м^3 .

Относительная плотность (безразмерная величина) определяется по формуле:

$$d = \frac{\rho_c}{\rho_{\text{ст}}}$$

ИСТИННАЯ ПЛОТНОСТЬ

Истинная плотность ρ_u — масса единицы объема абсолютно плотного материала, т. е. без пор и пустот. Вычисляется она в кг/м³, кг/дм³, г/см³ по формуле:


$$\rho_u = \frac{m}{V_u}$$

Где,

- m — масса материала, кг, г;
- V_u — объем материала в плотном состоянии, м³, дм³, см³.

ПОРИСТОСТЬ

Пористость Π - степень заполнения объема материала порами.

Вычисляется в % по формуле:

$$\Pi = \left(1 - \frac{\rho_c}{\rho_u}\right)$$

Где:

ρ_c , ρ_u - средняя и истинная плотности материала.

Вопрос 4. ГИДРОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

- **Гигроскопичность** - свойство капиллярно-пористого материала поглощать водяной пар из влажного воздуха. Поглощение влаги из воздуха объясняется адсорбцией водяного пара на внутренней поверхности пор и капиллярной конденсацией. Этот процесс, называемый сорбцией, обратимый.
- **Водопоглощение** - способность материала поглощать и удерживать воду. Водопоглощение характеризует в основном открытую пористость, так как вода не проходит в закрытые поры.
- Степень снижения прочности материала при предельном его водонасыщении называется **водостойкостью**.
Водостойкость численно характеризуется коэффициентом размягчения $K_{\text{разм}}$, который характеризует степень снижения прочности в результате его насыщения водой.
- **Влажность** - это степень содержания влаги в материале. Зависит от влажности окружающей среды, свойств и структуры самого материала.

ВОДОПРОНИЦАЕМОСТЬ

- **Водопроницаемость** - способность материала пропускать воду под давлением.

Она характеризуется коэффициентом фильтрации K_{ϕ} , м/ч, который равен количеству воды V_{ϕ} в м^3 , проходящей через материал площадью $S = 1 \text{ м}^2$, толщиной $a = 1 \text{ м}$ за время $t = 1 \text{ ч}$, при разности гидростатического давления $P_1 - P_2 = 1 \text{ м}$ водного столба:

$$K_{\phi} = \frac{V_{\phi} Q}{[S(P_1 - P_2)t]}$$

Обратной характеристикой водопроницаемости является **водонепроницаемость** - способность материала не пропускать воду под давлением.

ПАРОПРОНИЦАЕМОСТЬ

- **Паропроницаемость** - способность материалов пропускать водяной пар через свою толщину.

Она характеризуется коэффициентом паропроницаемости μ , $\text{г}/(\text{м} \cdot \text{ч} \cdot \text{Па})$, который равен количеству водяного пара V в м^3 , проходящего через материал толщиной $a = 1\text{м}$, площадью $S = 1\text{ м}^2$ за время $t = 1\text{ ч}$, при разности парциальных давлений $P_1 - P_2 = 133,3\text{ Па}$:

$$\mu = \frac{V_a}{[S(P_1 - P_2)t]}$$

МОРОЗОСТОЙКОСТЬ

- ***Морозостойкость*** - способность материала в водонасыщенном состоянии не разрушаться при многократном попеременном замораживании и оттаивании.
- Разрушение происходит из-за того, что объем воды при переходе в лед увеличивается на 9%. Давление льда на стенки пор вызывает растягивающие усилия в материале.

Вопрос 5. ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

- **Теплопроводность** - способность материалов проводить тепло. Теплопередача происходит в результате перепада температур между поверхностями, ограничивающими материал.
- Теплопроводность зависит от **коэффициента теплопроводности λ** , Вт/(м*°С), который равен количеству тепла Q , Дж, проходящего через материал толщиной $d = 1$ м, площадью $S = 1$ м² за время $t = 1$ ч, при разности температур между поверхностями $t_2 - t_1 = 1$ °С:

$$\lambda = \frac{Q \delta}{[S(t_2 - t_1)]}$$

- коэффициент теплопроводности λ , Вт/(мх°С), материала в воздушно-сухом состоянии:

$$\lambda = 1,163 \sqrt{0,0196 + 0,22 p_2^2} - 0,14$$

ТЕПЛОЕМКОСТЬ

- **Теплоемкость** - способность материалов поглощать тепло при нагревании.
- Она характеризуется удельной теплоемкостью c , Дж/(кг*°C), которая равна количеству тепла Q , Дж, затраченному на нагревание материала массой $m = 1$ кг, чтобы повысить его температуру на $t_2 - t_1 = 1^\circ\text{C}$:

$$c = \frac{Q}{[m(t_2 - t_1)]}$$

ОГНЕСТОЙКОСТЬ

- **Огнестойкость** - способность материала выдерживать без разрушений одновременное действие высоких температур и воды. Пределом огнестойкости конструкции называется время в часах от начала огневого испытания до появления одного из следующих признаков: сквозных трещин, обрушения, повышения температуры на необогреваемой поверхности.

По огнестойкости строительные материалы делятся на три группы:

- *несгораемые*,
 - *трудносгораемые*,
 - *сгораемые*.
- *несгораемые материалы* под действием высокой температуры или огня не тлеют и не обугливаются;
 - *трудносгораемые материалы* с трудом воспламеняются, тлеют и обугливаются, но происходит это только при наличии огня;
 - *сгораемые материалы* воспламеняются или тлеют и продолжают гореть или тлеть после удаления источника огня.

ОГНЕУПОРНОСТЬ

- **Огнеупорность** - способность материала противостоять длительному воздействию высоких температур, не деформируясь и не расплавляясь.

По степени огнеупорности материалы подразделяются на:

- - **огнеупорные**, которые выдерживают действие температур от 1580 °С и выше;
- - **тугоплавкие**, которые выдерживают температуру 1360... 1580°С;
- - **легкоплавкие**, выдерживающие температуру ниже 1350 °С.

Вопрос 6. МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

К основным механическим свойствам материалов
относят:

прочность,
упругость,
пластичность,
релаксацию,
хрупкость,
твердость,
истираемость и др.

ПРОЧНОСТЬ

- **Прочность** - способность материалов сопротивляться разрушению и деформациям от внутренних напряжений, возникающих в результате воздействия внешних сил или других факторов, таких как неравномерная осадка, нагревание и т. п.

Оценивается она **пределом прочности**. Так называют напряжение, возникающее в материале от действия нагрузок, вызывающих его разрушение.

ПРЕДЕЛЫ ПРОЧНОСТИ

Различают пределы прочности материалов при:

- сжатию,
- растяжению,
- изгибе,
- срезе
- и пр.

Предел прочности при сжатии и растяжении $R_{СЖ(Р)}$, МПа, вычисляется как отношение нагрузки, разрушающей материал $R, Н$, к площади поперечного сечения $F, мм^2$:

$$R_{СЖ(Р)} = \frac{R_{СЖ(Р)}}{F}$$

Предел прочности при изгибе $R_{И}$, МПа, вычисляют как отношение изгибающего момента $M, Н*мм$, к моменту сопротивления образца, $мм^3$:

$$R_{И} = \frac{M}{W}$$

КОЭФФИЦИЕНТ КОНСТРУКТИВНОГО КАЧЕСТВА

- Важной характеристикой материалов является *коэффициент конструктивного качества*.
- Это условная величина, которая равна отношению предела прочности материала R , МПа, к его относительной плотности:
 - $к.к.к. = R/d$

УПРУГОСТЬ

- **Упругость** - способность материалов под воздействием нагрузок изменять форму и размеры и восстанавливать их после прекращения действия нагрузок.

Упругость оценивается пределом упругости $\sigma_{уп}$, МПа, который равен отношению наибольшей нагрузки, не вызывающей остаточных деформаций материала, $P_{уп}$, Н, к площади первоначального поперечного сечения F_0 , мм²:

$$\sigma_{уп} = P_{уп} / F_0$$

- **Пластичность** - способность материалов изменять свою форму и размеры под воздействием нагрузок и сохранять их после снятия нагрузок. Пластичность характеризуется относительным удлинением или сужением.
- Разрушение материалов может быть хрупким или пластичным. При хрупком разрушении пластические деформации незначительны.
- **Релаксация** - способность материалов к самопроизвольному снижению напряжений при постоянном воздействии внешних сил. Это происходит в результате межмолекулярных перемещений в материале.
- **Твердость** - способность материала оказывать сопротивление проникновению в него более твердого материала. Для разных материалов она определяется по разным методикам.

РАСПОЛОЖЕНИЕ МИНЕРАЛОВ ПО ШКАЛЕ МООСА

- При испытании природных каменных материалов пользуются **шкалой Мооса**, составленной из 10 минералов, расположенных в ряд, с условным показателем твердости от 1 до 10, когда более твердый материал, имеющий более высокий порядковый номер, царапает предыдущий.

Минералы расположены в следующем порядке:

тальк или мел,
гипс или каменная соль,
кальцит или ангидрит,
плавиковый шпат,
апатит,
полевошпат,
кварцит,
топаз,
корунд,
алмаз.

ИСТИРАЕМОСТЬ ИЗНОС ХРУПКОСТЬ

- **Истираемость** - способность материалов разрушаться под действием истирающих усилий.

Истираемость I в г/см² вычисляется как отношение потери массы образцом $m_1 - m_2$ в г от воздействия истирающих усилий к площади истирания F в см²;

$$I = (m_1 - m_2) / F$$

- **Износ** - свойство материала сопротивляться одновременному воздействию истирания и ударов.

Износ материала зависит от его структуры, состава, твердости, прочности, истираемости.

- **Хрупкость** - свойство материала внезапно разрушаться под воздействием нагрузки, без предварительного заметного изменения формы и размеров.

Вопрос 7. ПОНЯТИЕ ГОРНАЯ ПОРОДА И МИНЕРАЛ. ОСНОВНЫЕ ПОРОДООБРАЗУЮЩИЕ МИНЕРАЛЫ

- **Горные породы** - главный источник получения строительных материалов. Горные породы используют в промышленности строительных материалов как сырье для изготовления керамики, стекла, теплоизоляционных и других изделий, а также для производства неорганических вяжущих веществ - цементов, извести и гипсовых.

Горные породы - это природные образования более или менее определенного состава и строения, образующие в земной коре самостоятельные геологические тела.

- **Минералами** называют однородные по химическому составу и физическим свойствам составные части горной породы. Большинство минералов - твердые тела, иногда встречаются жидкие (самородная ртуть).

ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ГРУППЫ ГОРНЫХ ПОРОД

- В зависимости от условий формирования горные породы делят на три генетические группы:
- 1) *магматические породы*, образовавшиеся в результате охлаждения и затвердевания магмы;
- 2) *осадочные породы*, возникшие в поверхностных слоях земной коры из продуктов выветривания и разрушения различных горных пород;
- 3) *метаморфические породы*, являющиеся продуктом перекристаллизации и приспособления горных пород к изменившимся в земной коре физико-химическим условиям.

ПОРОДООБРАЗУЮЩИЕ МИНЕРАЛЫ

- Основными породообразующими минералами являются:
- - *кремнезем,*
- - *алюмосиликаты,*
- - *железисто-магнезиальные,*
- - *карбонаты,*
- - *сульфаты.*

МИНЕРАЛЫ ГРУППЫ КРЕМНЕЗЕМА

- . К минералам этой группы относят **кварц**. Он может находиться как в кристаллической, так и аморфной форме.
- **Кристаллический кварц** в виде диоксида кремния SiO_2 - один из самых распространенных минералов в природе. Аморфный кремнезем встречается в виде *опала* $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$. Кварц отличается высокой химической стойкостью при обычной температуре. Кварц плавится при температуре около 1700°C , поэтому широко используется в огнеупорных материалах.

МИНЕРАЛЫ ГРУППЫ АЛЮМОСИЛИКАТОВ

- *Минералы группы алюмосиликатов* - полевые шпаты, слюды, каолиниты.
- Полевые шпаты составляют 58% всей литосферы и являются самыми распространенными минералами.
- Разновидностями их являются:

ортоклаз

Плагиоклазы

- *Ортоклаз* - калиевый полевой шпат - $K_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2$.
Имеет среднюю плотность 2,57 г/см³, твердость 6-6,5.
Является основной частью гранитов, сиенитов.
- *Плагиоклазы* - минералы, состоящие из смеси твердых растворов *альбита* и *анортита*.
- *Альбит* - натриевый полевой шпат - $Na_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2$.
- *Анортит* - кальциевый полевой шпат - $CaO \cdot Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$.

СЛЮДЫ

- **Слюды** - водные алюмосиликаты слоистого строения, способные расщепляться на тонкие пластинки.

Наиболее часто встречаются два вида - *мусковит* и *биотит*.

- **Мусковит** - калиевая бесцветная слюда. Обладает высокой химической стойкостью, тугоплавка.
- **Биотит** - железисто-магнезиальная слюда черного или зелено-черного цветов.

Водной разновидностью слюды является вермикулит.

Он образован из биотита в результате воздействия гидротермальных процессов. При нагревании вермикулита до 750°C теряется химически связанная вода, в результате чего объем его увеличивается в 18-40 раз. Вспученный вермикулит применяют в качестве теплоизоляционного материала.

- **Каолинит** - $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ - минерал, получаемый в результате разрушения полевых шпатов и слюд.

Залегают в виде землистых рыхлых масс. Применяют для изготовления керамических материалов.

ЖЕЛЕЗИСТО-МАГНЕЗИАЛЬНЫЕ СИЛИКАТЫ.

Минералами этой группы являются **пироксены**, **амфиболы** и **оливин**.

- К **пироксенам** относят *авгит*, входящий в состав габбро, к **амфиболам** - *роговую обманку*, входящую в состав гранитов.
- **Оливин** входит в состав *диабазов* и *базальтов*. Продукт выветривания оливина - *хризотил-асбест*. Эти минералы являются силикатами магния и железа и имеют темную окраску. Они обладают высокой ударной вязкостью и стойкостью против выветривания.

МИНЕРАЛЫ ГРУППЫ КАРБОНАТОВ

К ним относят **кальцит, магнезит, доломит**. Они входят в состав осадочных горных пород.

- **Кальцит** - CaCO_3 - имеет среднюю плотность 2,7 г/см³, твердость - 3. Вскипает при воздействии слабого раствора соляной кислоты. Входит в состав известняков, мраморов, травертинов.
- **Магнезит** - MgCO_3 - имеет среднюю плотность 3,0 г/см³, твердость - 3,5-4. Вскипает от горячей соляной кислоты. Образует породу с тем же названием.
- **Доломит** - $\text{CaCO}_3 * \text{MgCO}_3$ - имеет плотность 2,8-2,9 г/см³, твердость - 3,5-4. По свойствам занимает среднее положение между кальцитом и магнезитом. Входит в состав мраморов. Образует породу с таким же названием.

МИНЕРАЛЫ ГРУППЫ СУЛЬФАТОВ

- **Гипс** - $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ - имеет среднюю плотность 2,3 г/см³, твердость - 1,5-2,0, цвета - белый, серый, красноватый. Строение - кристаллическое. Хорошо растворяется в воде. Образует породу - гипсовый камень.
- **Ангидрит** - CaSO_4 - имеет среднюю плотность 2,9-3 г/см³, твердость - 3-3,5, строение - кристаллическое. При насыщении водой переходит в гипс.

КЛАССИФИКАЦИЯ ГОРНЫХ ПОРОД ПО ПРОИСХОЖДЕНИЮ

Каменные строительные материалы включают широкую номенклатуру изделий, получаемых из горных пород:

- - *рваный камень* в виде кусков неправильной формы (бут, щебень и др.),
- - *изделия правильной формы* (блоки, штучный камень, плиты, бруски), *профилированные изделия и др.*

КЛАССИФИКАЦИЯ ГОРНЫХ ПОРОД ПО ПРОИСХОЖДЕНИЮ

- По происхождению горные породы делят на *три основных вида*:
- **магматические, или изверженные** (глубинные, или излившиеся), образовавшиеся в результате затвердевания в недрах земли или на ее поверхности, в основном из силикатного расплава - магмы;
- **осадочные**, образовавшиеся путем осаждения неорганических и органических веществ на дне водных бассейнов и на поверхности земли;
- **метаморфические** - кристаллические горные породы, возникшие в результате преобразования магматических или осадочных пород при воздействии температуры, давления и флюидов (существенно водно-углекислых газово-жидких или жидких, часто надкритических растворов).

Изверженные горные породы

подразделяют на:

- глубинные,*
- *излившиеся,*
- *обломочные.*

ГЛУБИННЫЕ ПОРОДЫ

Образовались в результате остывания магмы в недрах земной коры. Затвердевание происходило медленно и под давлением. В этих условиях расплав полностью кристаллизовался с образованием крупных зерен минералов.

К главнейшим глубинным породам относят **гранит, сиенит, диорит и габбро**.

- **Гранит** состоит из зерен кварца, полевого шпата (ортоклаза), слюды или железисто-магнезиальных силикатов. Имеет среднюю плотность $2,6 \text{ г/см}^3$, предел прочности при сжатии - 100-300 МПа. Цвета - серый, красный. Он обладает высокой морозостойкостью, малой истираемостью, хорошо шлифуется, полируется, стоек против выветривания. Применяют его для изготовления облицовочных плит, архитектурно-строительных изделий, лестничных ступеней, щебня.
- **Сиенит** состоит из полевого шпата (ортоклаза), слюды и роговой обманки. Кварц отсутствует или имеется в незначительном количестве. Средняя плотность составляет $2,7 \text{ г/см}^3$, предел прочности при сжатии - до 220 МПа. Цвета - светло-серый, розовый, красный. Он обрабатывается легче, чем гранит, применяют для тех же целей.
- **Диорит** состоит из плагиоклаза, авгита, роговой обманки, биотита. Средняя плотность его составляет $2,7-2,9 \text{ г/см}^3$, предел прочности при сжатии - 150-300 МПа. Цвета - от серо-зеленого до темно-зеленого. Он стоек против выветривания, имеет малую истираемость. Применяют диорит для изготовления облицовочных материалов, в дорожном строительстве.
- **Габбро** - кристаллическая порода, состоящая из плагиоклаза, авгита, оливина. В составе его может быть биотит и роговая обманка. Имеет среднюю плотность $2,8-3,1 \text{ г/см}^3$, предел прочности при сжатии - до 350 МПа. Цвета - от серого или зеленого, до черного. Применяют для облицовки цоколей, устройства полов.

Излившиеся горные породы

Образовались при остывании магмы на небольшой глубине или на поверхности земли.

К излившимся породам относят:

- - *порфиры,*
- - *диабаз,*
- - *трахит,*
- - *андезит,*
- - *базальт.*

Излившиеся горные породы

- **Порфиры** являются аналогами гранита, сиенита, диорита. Средняя плотность составляет $2,4-2,5 \text{ г/см}^3$, предел прочности при сжатии - $120-340 \text{ МПа}$. Цвета - от красно-бурого до серого. Структура - порфировидная, т. е. с крупными включениями в мелкозернистую структуру, чаще всего ортоклаза или кварца. Их применяют для изготовления щебня, декоративно-подделочных целей.
- **Диабаз** является аналогом габбро, имеет кристаллическую структуру. Средняя плотность его составляет $2,9-3,1 \text{ г/см}^3$, предел прочности при сжатии - $200-300 \text{ МПа}$, цвета - от темно-серого до черного. Применяют для наружной облицовки зданий, изготовления бортовых камней, в виде щебня для кислотоупорных футеровок. Температура плавления его невысокая - $1200-1300 \text{ }^\circ\text{C}$, что позволяет применять диабаз для каменного литья.
- **Трахит** является аналогом сиенита. Имеет тонкопористое строение. Средняя плотность его составляет $2,2 \text{ г/см}^3$, предел прочности при сжатии - $60-70 \text{ МПа}$. Окраска - светло-желтая или серая. Применяют для изготовления - стеновых материалов, крупного заполнителя для бетона.
- **Андезит** является аналогом диорита. Имеет среднюю плотность $2,9 \text{ г/см}^3$, прочность при сжатии - $140-250 \text{ МПа}$, окраску - от светлой до темно-серой. Применяют в строительстве - для изготовления ступеней, облицовочного материала, как кислотостойкий материал.
- **Базальт** - аналог габбро. Имеет стекловидную или кристаллическую структуру. Средняя плотность его составляет $2,7-3,3 \text{ г/см}^3$, предел прочности при сжатии - от 50 до 300 МПа . Цвета - темно-серый или почти черный. Применяют для изготовления бортовых камней, облицовочных плит, щебня для бетонов. Является сырьем для изготовления каменных литых материалов, базальтового волокна.

Обломочные породы

Представляют собой выбросы вулканов. В результате быстрого охлаждения магмы образовались породы стекловидной пористой структуры. Их подразделяют на **рыхлые и цементированные**.

К рыхлым относят вулканические **пеплы, песок и пемзу**.

- **Вулканические пеплы** - порошкообразные частицы вулканической лавы размером до 1 мм. Более крупные частицы размером от 1 до 5 мм называют песком. Пеплы применяют как активную минеральную добавку в вяжущие, пески - в качестве мелкого заполнителя для легких бетонов.
- **Пемза** - пористая порода ячеистого строения, состоящая из вулканического стекла. Пористая структура образовалась в результате воздействия газов и паров воды на остывавшую лаву, средняя плотность составляет 0,15-0,5 г/см³, предел прочности при сжатии - 2-3 МПа. В результате высокой пористости (до 80%,) имеет низкий коэффициент теплопроводности $\lambda = 0,13...0,23 \text{ Вт/(м}\cdot\text{°C)}$. Применяют ее в виде заполнителей для легких бетонов, теплоизоляционных материалов, в качестве активной минеральной добавки для извести и цементов.

Цементированные породы

- К цементированным породам относят вулканические туфы.
- **Вулканические туфы** - пористые стекловидные породы, образовавшиеся в результате уплотнения вулканических пеплов и песков. Средняя плотность туфов составляет 1,25-1,35 г/см³, пористость - 40-70%, предел прочности при сжатии - 8-20 МПа, коэффициент теплопроводности $\lambda = 0,21...0,33$ Вт/(м·°С). Цвета — розовый, желтый, оранжевый, голубовато-зеленый. Применяют их в качестве стенового материала, облицовочных плит для внутренней и наружной облицовки зданий.

МЕТАМОРФИЧЕСКИЕ ГОРНЫЕ ПОРОДЫ

К метаморфическим горным породам относят:

- *гнейсы,*
- *глинистые сланцы,*
- *кварцит,*
- *мрамор*

МАГМАТИЧЕСКИЕ ГОРНЫЕ ПОРОДЫ

- **Магматические горные породы** - это породы, образовавшиеся непосредственно из магмы (расплавленной массы преимущественно силикатного состава), в результате её охлаждения и застывания.

По условиям образования различают две подгруппы магматических горных пород:

- • **интрузивные (глубинные)**, от латинского слова “интрузио” – внедрение;
- • **эффузивные (излившиеся)** от латинского слова “эффузио” – излияние.

МАГМАТИЧЕСКИЕ ГОРНЫЕ ПОРОДЫ

- **Интрузивные (глубинные)** горные породы образуются при медленном постепенном остывании магмы, внедренной в нижние слои земной коры, в условиях повышенного давления и высоких температур.
- **Эффузивные (излившиеся)** горные породы образуются при остывании магмы в виде лавы (от итальянского “лава” – затопляю) на поверхности земной коры или вблизи нее.

● **Основные отличительные признаки эффузивных (излившихся) магматических горных пород,** которые определяются их происхождением и условиями образования, следующие:

- для большинства образцов грунтов характерна некристаллическая, тонко-мелкозернистая структура с отдельными видимыми глазом кристаллами;
- для некоторых образцов грунтов характерно наличие пустот, пор, пятен;
- в некоторых образцах грунтов присутствует какая-либо закономерность пространственной ориентировки компонентов (окраски, овальных пустот и др.).

ОСАДОЧНЫЕ ГОРНЫЕ ПОРОДЫ

Осадочные горные породы по условиям образования подразделяют на:

- *обломочные* (механические отложения),
- *химические осадки*,
- *органогенные*.

ОБЛОМОЧНЫЕ ПОРОДЫ

- Образовались в результате физического выветривания, т. е. воздействия ветра, воды, знакопеременных температур.

Их подразделяют на **рыхлые и цементированные**.

К рыхлым относят **песок, гравий, глину**.

- =**Песок** представляет собой смесь зерен с размером частиц от 0,1 до 5 мм, образовавшуюся в результате выветривания изверженных и осадочных горных пород.
- =**Гравий** - горная порода, состоящая из округлых зерен от 5 до 150 мм различного минералогического состава. Применяют для бетонов и растворов, в дорожном строительстве.
- =**Глины** - тонкообломочные породы, состоящие из частиц мельче 0,01 мм. Цвета - от белого до черного.

По составу подразделяют на **каолинитовые, монтмориллоковые, галлуазитовые**. Являются сырьем для керамической и цементной промышленности.

ЦЕМЕНТИРОВАННЫЕ ОСАДОЧНЫЕ ГОРНЫЕ ПОРОДЫ

- К цементированным осадочным горным породам относят *песчаник, конгломерат и брекчию.*
- = **Песчаник** - горная порода, состоящая из цементированных зерен кварцевого песка. Природными цеменстами служат глина, кальцит, кремнезем. Средняя плотность кремнистого песчаника составляет $2,5-2,6 \text{ г/см}^3$, предел прочности при сжатии - $100-250 \text{ МПа}$. Применяют для изготовления щебня, облицовки зданий и сооружений.
- = **Конгломерат и брекчия.** Конгломерат - горная порода, состоящая из зерен гравия, сцементированных природным цементом, брекчия - из сцементированных зерен щебня. Средняя плотность их составляет $2,6-2,85 \text{ г/см}^3$, предел прочности при сжатии - $50-160 \text{ МПа}$. Применяют конгломерат и брекчию для покрытия полов, изготовления заполнителей для бетона.

Химические осадки

- *Химические осадки* образовались в результате выпадения солей при испарении воды в водоемах.
К ним относят **гипс, ангидрит, магнезит, доломит и известковые туфы**.
- =**Гипс** состоит в основном из минералов гипса - $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. Это порода белого или серого цвета. Применяют для изготовления гипсовых вяжущих веществ и для облицовки внутренних частей зданий.
- =**Ангидрит** включает минералы ангидрита - CaSO_4 . Цвета - светлые с голубовато-серыми оттенками. Применяют там же, где и гипс.
- =**Магнезит** состоит из минерала магнезита - MgCO_3 . Применяют его для изготовления вяжущего каустического магнезита и огнеупорных изделий.
- =**Доломит** включает минерал доломита - $\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$. Цвет - серо-желтый. Применяют для изготовления облицовочных плит и внутренней облицовки, щебня, огнеупорных материалов, вяжущего вещества - каустического доломита.
- =**Известковые туфы** состоят из минерала кальцита - CaCO_3 . Это пористые породы светлых тонов. Имеют среднюю плотность 1,3-1,6 г/см³, предел прочности при сжатии - 15-80 МПа. Из них изготавливают штучные камни для стен, облицовочные плиты, легкие заполнители для бетонов, известь.

Органогенные породы

- *Органогенные породы* образовались в результате жизнедеятельности и отмирания организмов в воде. К ним относят *известняки, мел, диатомит, трепел*.
- =**Известняки** - горные породы, состоящие в основном из кальцита – CaCO_3 . Могут содержать примеси глины, кварца, железисто-магнезиальных и других соединений. Образовались в водных бассейнах из остатков животных организмов и растений. По структуре известняки подразделяют на плотные, пористые, мраморовидные, ракушечниковые и другие. *Плотные известняки* имеют среднюю плотность 2,0-2,6 г/см³, предел прочности при сжатии - 20-50 МПа; пористые - среднюю плотность 0,9-2,0 г/см³, предел прочности при сжатии - от 0,4 до 20 МПа. Цвета - белый, светло-серый, желтоватый. Применяют их для изготовления облицовочных плит, архитектурных деталей, щебня, в качестве сырья для цемента, извести. *Известняк-ракушечник* состоит из раковин моллюсков и их обломков. Это пористая порода со средней плотностью 0,9-2,0 г/см³, с пределом прочности при сжатии - 0,4-15,0 МПа. Применяют для изготовления стеновых материалов и плит для внутренней и наружной облицовки зданий.
- =**Мел** - горная порода, состоящая из кальцита – CaCO_3 . Образована раковинами простейших животных организмов. Цвет - белый. Применяется для приготовления красочных составов, замазки, изготовления извести, цемента.
- =**Диатомит** - горная порода, состоящая из аморфного кремнезема. Образована мельчайшими панцирями диатомовых водорослей и скелетами животных организмов. Слабосцементированная или рыхлая порода со средней плотностью 0,4-1,0 г/см³. Цвет - белый с желтоватым или серым оттенком.
- =**Трепел** - сходная с диатомитом порода, но более раннего образования. Сложена, в основном, сферическими тельцами опала и халцедона. Применяют диатомит и трепел для изготовления теплоизоляционных материалов, легкого кирпича, активных добавок в вяжущие вещества.

МЕТАМОРФИЧЕСКИЕ ГОРНЫЕ ПОРОДЫ

- К метаморфическим горным породам относят *гнейсы, глинистые сланцы, кварцит, мрамор*.
- **Гнейсы** - сланцевые породы, образовавшиеся чаще всего в результате перекристаллизации гранитов при высокой температуре и одноосном давлении. Их минералогический состав - как у гранитов. Применяют их для изготовления облицовочных плит, бутового камня.
- **Глинистые сланцы** - породы, образовавшиеся в результате видоизменения глины под большим давлением. Средняя плотность составляет 2,7-2,9 г/см³, предел прочности при сжатии - 60-120 МПа. Цвета - темно-серый, черный. Раскалываются на тонкие пластинки толщиной 3-10 мм. Применяют для изготовления облицовочных и кровельных материалов.
- **Кварцит** - мелкозернистая горная порода, образовавшаяся в результате перекристаллизации кремнистых песчаников. Средняя плотность составляет 2,5-2,7 г/см³, предел прочности при сжатии - до 400 МПа. Цвета - серый, розовый, желтый, темно-вишневый, малиново-красный и др. Применяют для облицовки зданий, архитектурно-строительных изделий, в виде щебня.
- **Мрамор** - горная порода, образовавшаяся в результате перекристаллизации известняков и доломитов при высоких температурах и давлении. Средняя плотность составляет 2,7-2,8 г/см³, предел прочности при сжатии - 40-170 МПа. Окраска - белая, серая, цветная. Он легко распиливается, шлифуется, полируется. Применяют для изготовления архитектурных изделий, облицовочных плит, в качестве заполнителя для декоративных растворов и бетонов.

ПРИМЕНЕНИЕ ПРИРОДНЫХ КАМЕННЫХ МАТЕРИАЛОВ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Природные каменные материалы подразделяют на **сырьевые** и **готовые** материалы и изделия.

- К **сырьевым материалам** относят щебень, гравий и песок, применяемые в качестве заполнителей для бетонов и растворов; известняк, мел, гипс, доломит, магнезит, глина, мергели и другие горные породы - для изготовления строительной извести, гипсовых вяжущих, магнезиальных вяжущих, портландцементов.
- **Готовые каменные материалы** и изделия подразделяют на материалы и изделия для дорожного строительства, стен и фундаментов, облицовки зданий и сооружений. К каменным материалам для дорожного строительства относят булыжный, колотый, брусчатый и бортовые камни, щебень, гравий, песок. Их получают из изверженных и прочных осадочных горных пород.

ПРИМЕНЕНИЕ ПРИРОДНЫХ КАМЕННЫХ МАТЕРИАЛОВ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

- **Булыжный камень** представляет собой зерна горной породы с овальными поверхностями размером до 300 мм.
- **Колотый камень** должен иметь форму, близкую к многогранной призме или усеченной пирамиде с площадью лицевой поверхности не менее 100 см^2 для камней высотой до 160 мм, не менее 200 см^2 - при высоте до 200 мм и не менее 400 см^2 - при высоте до 300 мм. Верхняя и нижняя плоскости камня должны быть параллельными.
- Булыжный и колотый камни применяют для устройства оснований и покрытий автомобильных дорог, крепления откосов насыпей, каналов.

ПРИМЕНЕНИЕ ПРИРОДНЫХ КАМЕННЫХ МАТЕРИАЛОВ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

- **Камень брусчатый** для дорожных покрытий имеет форму прямоугольного параллелепипеда. По размерам подразделяют на высокий (БВ), длиной 250, шириной 125 и высотой 160 мм, средний (БС) с размерами соответственно 250, 125, 130 мм и низкий (БН) с размерами 250, 100 и 100 мм. Верхняя и нижняя плоскости камня параллельны, боковые грани для БВ и БС сужены на 10 мм, для БН - на 5 мм. Изготавливают его из гранита, базальта, диабазы и других горных пород с пределом прочности при сжатии 200-400 МПа. Применяют для мощения площадей, улиц.
- **Камни бортовые** из горных пород применяют для отделения проезжей части дорог от разделительных полос тротуаров, пешеходных дорожек и тротуаров от газонов и т. п. По способу изготовления подразделяют на пиленные и колотые. По форме бывают прямоугольные и криволинейные. Имеют высоту от 200 до 600, ширину - от 80 до 200 и длину - от 700 до 2000 мм.
- **Бутовый камень** - куски камня неправильной формы размером не более 50 см по наибольшему измерению. Бутовый камень может быть рваный (неправильной формы), и постелистый.

ПРИМЕНЕНИЕ ПРИРОДНЫХ КАМЕННЫХ МАТЕРИАЛОВ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

- **Щебень** представляет собой рыхлый материал, полученный дроблением скальных горных пород с прочностью 80-120 МПа. При размере зерен от 5 до 40 мм его применяют для черного щебня и асфальтобетона при строительстве автомобильных дорог, щебень с зернами от 5 до 60 мм служит для устройства балластного слоя железнодорожного пути.
- **Гравий** - рыхлый материал, образовавшийся при естественном разрушении горных пород. Имеет скатанную форму. Для изготовления черного гравия применяют гравий с размером зерен от 5 до 40 мм, а для асфальтобетона его дробят обычно на щебень.
- **Песок** - рыхлый материал с размерами зерен от 0,16 до 5 мм, образовавшийся в результате естественного разрушения или полученный искусственным дроблением горных пород. Применяют его для подстилающих слоев дорожных одежд, приготовления асфальтовых и цементных бетонов и растворов.

ЗАЩИТА ПРИРОДНЫХ КАМЕННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Основные причины разрушения каменных материалов в сооружениях:

- -растворяющее действие воды, усиливающееся растворенными в ней газами (SO_2 , CO_2 и др.);
- -замерзание воды в порах и трещинах, сопровождающееся появлением в материале больших внутренних напряжений;
- -резкое изменение температур, вызывающее появление на поверхности материала микротрещин.
- Все мероприятия по защите каменных материалов от выветривания направлены на повышение их поверхностной плотности и на предохранение от воздействия влаги.

ЛИТЕРАТУРА:

- Белецкий Б.Ф. Технология и механизация строительного производства: Учебник. 4-е изд., стер. - СПб.: Изд-во «Лань», 2011. – 752 стр. [<http://e.lanbook.com/view/book/2032/>]
- Рыбьев И.А. Строительное материаловедение. - М.: Высшая школа, 2002.- 704 с.