

**БЕРНАЦКИЙ АНАТОЛИЙ**

**ФИЛИППОВИЧ**

**Д-Р ТЕХН. НАУК, ПРОФЕССОР**

**КАФЕДРЫ СТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА**

**НГУАДИ**

**ГОРНЫЕ**

**ПОРОДЫ**

Таблица 2.1. Генетическая классификация горных пород

Изверженные (магматические) породы				Осадочные породы				Метаморфические (видоизмененные) породы	
массивные		обломочные		химические осадки	органические отложения	механические отложения (обломочные породы)		продукты видоизменения изверженных пород	продукты видоизменения осадочных пород
глубинные	излившиеся	рыхлые	цементированные	рыхлые		цементированные			
Граниты, сиениты, диориты, габбро	Порфиры, диабазы, трахиты, базальты, порфириты, андезиты	Вулканические пемзы	Вулканические туфы	Гипс, ангидрит, магнетит, доломиты, известковые туфы, некоторые виды известняков	Известняки, мел, ракушечник, диатомиты и трепелы	Глины, пески, гравий	Песчаники, конгломераты, брекчии	Гнейсы	Мраморы, кварциты

- **магматические — первичные**, образующиеся при остывании магмы;
- **осадочные — вторичные**, образовавшиеся в результате выветривания магматических пород;
- **метаморфические** — осадочные и магматические породы, изменившие свое строение и свойства в результате длительных физико-химических процессов, протекающих под воздействием высоких давлений, температур и минерализованных вод, во время нахождения их в земной коре.

# *Магматические породы*

Магма представляет собой высокотемпературный силикатный расплав, который в зависимости от режима охлаждения может образовать:

- **плотные кристаллические породы**, если остывание магмы происходило медленно и под большим давлением в глубине земной коры (**глубинные магматические породы**);
- **аморфные (стеклообразные) или слабозакристаллизованные**, а при наличии газа в магме — **пористые породы**

# *Глубинные породы*

**Глубинные породы**, образование которых происходило под значительным давлением верхних слоев, остывали медленно и сравнительно равномерно.

Такие условия были благоприятны для кристаллизации минералов, составляющих горную породу.

В связи с этим глубинные породы массивны, плотны и состоят из тесно сросшихся более или менее крупных кристаллов; они обладают большой плотностью, высокой прочностью на сжатие и морозостойкостью, малым водопоглощением и большой теплопроводностью.

Глубинные породы имеют зернистое кристаллическое строение.

К ним относятся: **граниты, сиениты, габбро и диориты.**

# Гранит

**Гранит** — зернисто-кристаллическая порода, сложенная из трех минералов: **кварца** (20...40 %), **полевых шпатов** (40...70 %) и **слюды** (5...20 %).

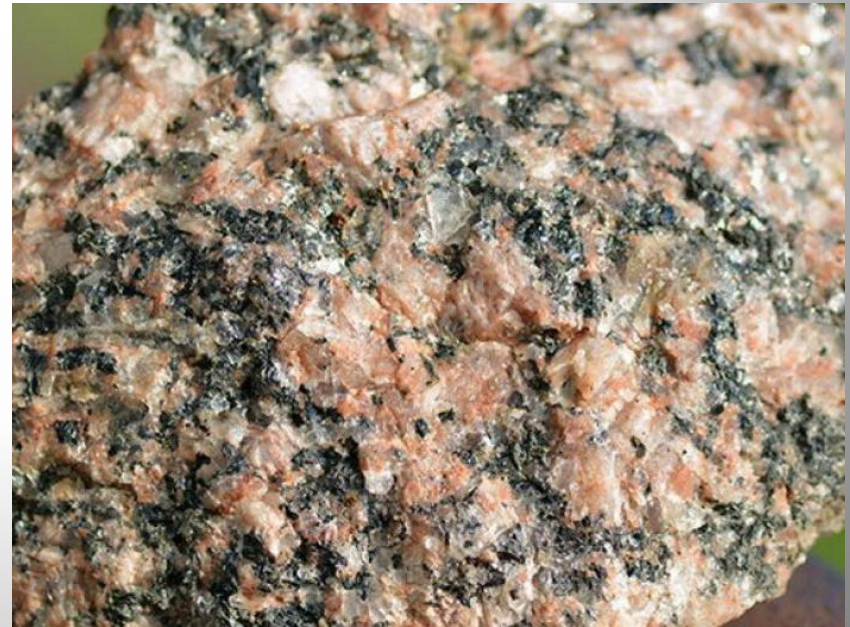
Строительные свойства гранитов следующие: **плотность** — 2600...2700 кг/м<sup>3</sup>; **предел прочности при сжатии** — 100...250 МПа, а при растяжении, как и у других каменных материалов, в 20...30 раз ниже; вследствие **малой пористости** и **низкого водопоглощения** (< 1 %) граниты очень **морозостойки** ( $M_{рз} > 1000$ ); **химическая стойкость** их также высока; граниты — твердые породы (**твердость более 6**).

Цвет гранитов определяется цветом полевого шпата и бывает чаще всего серым, розовым и темно-красным.

Граниты хорошо полируются, приобретая декоративный вид.

Граниты широко применяют для облицовки зданий и инженерных сооружений (набережные, мосты и т. п.), устройства полов общественных зданий и монументальной скульптуры.

# Гранит



**Сиениты** — аналоги гранита, но **без кварца** (образовались из средних магм); свойства и области применения такие же, как у гранита.

**Диориты** — темно-серая мелкокристаллическая порода, состоящая в основном **из полевых шпатов (около 75 %)** и **темноокрашенных минералов**.

Плотность — 2800...3000 кг/м<sup>3</sup>.

Отличается повышенной ударной вязкостью.

Применяют для облицовки и в дорожном строительстве (брусчатка и т. п.).



# Диориты



# Габбро

**Габбро** — крупнокристаллическая порода, образовавшаяся из основной магмы; состоит из полевых шпатов (около 50 %) и темноокрашенных минералов (авгита, роговой обманки и т. п.).

Плотность — 2900...3300 кг/м<sup>3</sup>; предел прочности при сжатии — 200...350 МПа.

Как и гранит, габбро характеризуется высокой морозостойкостью и стойкостью против выветривания.

Цвет — темно-серый, темно-зеленый до черного.

Габбро хорошо полируется и имеет красивую текстуру.

Одна из разновидностей габбро — **лабрадорит** — очень декоративна благодаря содержащемуся в ней ирризирующему полевому шпату.

# Габбро



# Лабрадорит



# Излившиеся плотные

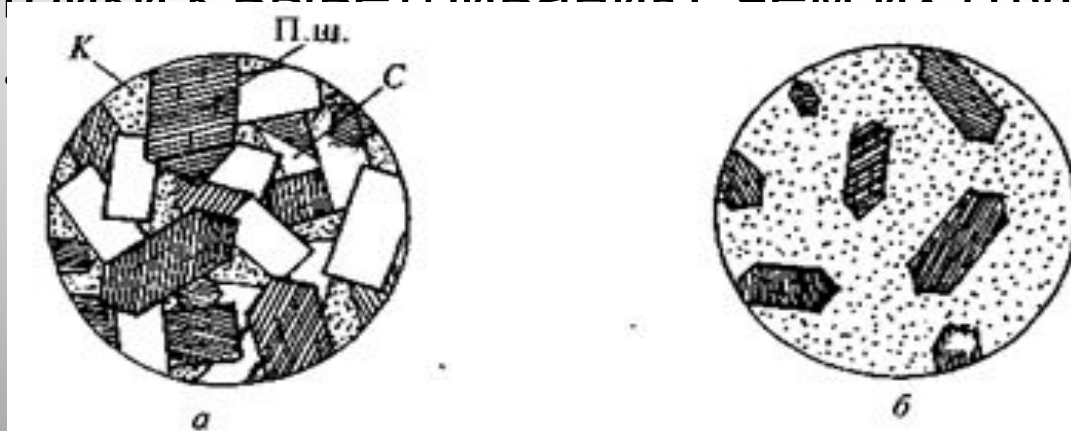
## породы

Излившиеся плотные породы имеют слабозакристаллизованную или стеклообразную структуру.

Для ряда излившихся пород характерна порфировая структура, когда в общей аморфной массе вкраплены кристаллы какого-либо минерала.

Так, излившийся аналог **гранита** — **кварцевый порфир** — имеет вкрапления кристаллов кварца, аналог **диорита** — **порфирит** — имеет вкрапления полевых шпатов.

Плотные излившиеся породы менее декоративны и менее стойки к выветриванию, чем их глубинные аналоги.



# Базальт

**Базальт** — аналог габбро — самая распространенная излившаяся порода; в зависимости от условий образования имеет стекловатую или скрытокристаллическую структуру.

Цвет базальта — темно-серый до черного.

По физико-механическим показателям базальт аналогичен габбро, а по прочности даже превосходит его ( $R_{сж}$  достигает 500 МПа).

Базальты очень твердые, но хрупкие породы, что затрудняет их обработку.

Применяют их главным образом как щебень для бетона, отсыпки железнодорожных путей и т. п.

Базальт также используют в качестве сырья для каменного литья и получения высококачественной минеральной ваты.

# Базальт



# *Излившиеся пористые породы*

**Излившиеся пористые породы** образовались непосредственно при извержении вулканов.

**Первичными продуктами** извержения являются **вулканические пеплы, пески и пемза**; с течением времени они могли цементироваться, образуя **туфы**.

**Вулканические пепел и песок** — порошкообразные частицы, имеющие стеклообразное строение, благодаря чему при добавлении извести или цемента, а иногда и самостоятельно они способны к твердению.

Используются как активная добавка к вяжущим (впервые были использованы в Древнем Риме — пепел Везувия — для придания извести водостойкости).



# Пемза

**Пемза** — очень пористая легкая порода в виде кусков размером 5... 100 мм.

Плотность пемзы в куске — 500... 1000 кг/м<sup>3</sup>.

Большая пористость (до 80 %) обуславливает низкую теплопроводность (0,14...0,23 Вт/(м \* К)).

Прочность при сжатии пемзы не велика — 2...4 МПа, но этого достаточно для получения на базе пемзы легких бетонов.

Кроме того, пемза используется в молотом виде как добавка к цементам и в качестве абразивного порошка.

# Пемза



# Вулканические туфы

**Вулканические туфы** — порода, образовавшаяся из вулканических пеплов, которые омонолитились в результате спекания массы, сохранившей высокую температуру, или в результате природной цементации.

Вулканические туфы — пористая порода ( $\Pi = 30 \dots 60 \%$ ), имеющая низкую плотность, равную  $800 \dots 1800 \text{ кг/м}^3$ .

Прочность при сжатии зависит от пористости и составляет  $2 \dots 20$  МПа.

Теплопроводность у туфа в  $1,5 \dots 2$  раза ниже, чем у кирпича.

Цвет туфов разнообразный, но не яркий, а глухой; основные оттенки: красно-оранжевые и до коричневато-лиловых.

Крупнейшие месторождения туфов, возникшие в результате деятельности ныне потухшего вулкана Арарат, имеются в Армении.

Туфы используют как облицовочный материал, а в местах крупных месторождений — как эффективный материал для кладки стен.

Благодаря низкой твердости туфа стеновые камни из него вырезают механизированным способом прямо в карьере.

В тонкомолотом виде туф используют как добавку к цементам.

# Вулканические туфы



# Осадочные породы

Осадочные породы в зависимости от происхождения принято делить на:

- **механические осадки**, при образовании которых главную роль играли физико-механические процессы (воздействие воды, мороза, нагрева и охлаждения и т. п.); при этом, как правило, не менялся минеральный и химический состав исходных пород;
- **органогенные осадки**, которые образовались из остатков (скелетной части) живых организмов, как правило, морской фауны (ракушки, кораллы и т. п.);
- **хемогенные осадки**, образовавшиеся в результате растворения первичных пород и последующей кристаллизации из водных

**Механические осадочные породы** могут быть **рыхлые** (гравий, песок, глина) и **сцементированные** — те же рыхлые осадки, частицы которых склеены природным цементом (**брекчии, конгломераты, песчаники**).

При выветривании гранита **кварц** оказывается самым твердым и химически стойким минералом, не подвергающимся разрушению, а разрушающим более слабые соседствующие с ним минералы (полевой шпат, слюду и т. п.).

Не менее распространенной, чем песок, рыхлой осадочной породой является **глина**, поскольку источником ее образования служат самые распространенные минералы изверженных пород — **полевые шпаты**.

# Природные каменные

## материалы Галечник



# *Песчаники*

**Песчаники** состоят из зерен кварцевого песка, сцементированного природным цементом, например, карбонатом кальция, водным кремнеземом, гипсом и т. п.

Плотность песчаников —  $2300 \dots 2500 \text{ кг/м}^3$ , прочность — от 10 до 100 МПа.

Известно много памятников архитектуры: соборов и замков (например, Виндзорский замок — резиденция английских королей), построенных из песчаника.

В настоящее время песчаники используют для фундаментов, подпорных стенок, тротуаров, а особо стойкие — для облицовок; кроме того, из песчаников делают щебень для бетонов и дорожных покрытий.



# Песчаник



# Органогенные осадочные породы

**Органогенные осадочные породы** образовались в результате отложения остатков некоторых водорослей и животных организмов с последующим их уплотнением и цементацией (большинство **известняков, мел, диатомиты** и др.).

**Органогенные осадочные породы** в основном состоят из карбоната кальция  $\text{CaCO}_3$  и реже из аморфного кремнезема  $\text{SiO}_2$ . Главнейшие породы в этой группе — **известняки** различного вида, используемые человеком для самых разных целей с глубокой древности.

# Известняки плотные

- Известняки плотные** — широко распространенная на Земле горная порода, состоящая в основном из кальцита  $\text{CaCO}_3$ ; кроме кальцита они содержат примеси магнезита, глины и кремнезема. Цвет известняков в зависимости от примесей: белый, светло-серый, серовато-кремовый или желтоватый.
- Плотность известняков —  $2000 \dots 2600 \text{ кг/м}^3$ , прочность при сжатии у них сравнима с прочностью бетона и составляет  $10 \dots 100 \text{ МПа}$ .
- Твердость небольшая —  $3 \dots 3,5$ , что позволяет легко добывать и обрабатывать известняк.
- Морозостойкость известняков существенно зависит от пористости, степени цементации, наличия примесей и нуждается в постоянном контроле.
- Абсолютно не стойки они к воздействию кислых сред.
- Известняки — одна из самых важных горных пород для строителей. Самый распространенный щебень для бетонов и дорожных покрытий — известняковый, и, наконец, известняк — сырье для получения извести и цемента.

# Известняк



**Известняк-ракушечник** — пористая порода, состоящая из раковин и панцирей моллюсков, сцементированных известковым цементом.

Плотность ракушечника —  $900 \dots 2000 \text{ кг/м}^3$ , прочность при сжатии —  $0,5 \dots 15 \text{ МПа}$ .

Он имеет низкую теплопроводность и легко поддается распиловке.

Используют в виде камней и блоков как местный стеновой материал.

Декоративные разновидности ракушечника применяют как облицовочный материал.

**Мел** — землистая горная порода, состоящая из мельчайших обломков раковин и скелетов морских микроорганизмов, представляет собой почти чистый кальцит  $\text{CaCO}_3$ .

Используют при производстве извести, цемента, стекла и благодаря высокой дисперсности для приготовления красок и шпатлевок.

# Стеновой камень из ракушечника



# Диатомиты и трепелы

**Диатомиты и трепелы** — рыхлые землистые породы белого, серого или желтоватого цвета, в основном состоящие из аморфного кремнезема  $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ ; по внешнему виду и физическим свойствам похожи на мел.

Они образовались из остатков мельчайших **водорослей**, а также кремневых скелетов морской микрофауны (**диатомий, радиолярий** и т. п.) с примесью глины и ила.

Со временем под давлением вышележащих слоев горных пород диатомиты и трепелы уплотняются и превращаются в плотную, прочную и трудно размокающую в воде породу — **опоку**.

В диатомите и трепеле до 75...95 % активного кремнезема, поэтому их применяют как гидравлическую добавку к вяжущим.

Их также используют при производстве

# Хемогенные осадочные

## породы

**Хемогенные осадочные породы** образовались главным образом при испарении вод, содержащих минеральные соли.

Для строителей интерес представляют сульфаты и карбонаты кальция и магния: **гипс, ангидрит, известковый туф, магнезит и доломит.**

**Известковый туф** образовался в результате выпадения  $\text{CaCO}_3$  из источников подземных углекислых вод.

Туфы пористы и имеют ноздреватое строение.

Они легко поддаются распиловке и используются для внутренней облицовки помещений, улучшая их акустические свойства.

Для этих целей приобрела популярность разновидность туфа — **травертин.**



# Травертин



**Магнезит** — порода, состоящая в основном из минерала магнезита  $MgCO_3$ . Используют для получения огнеупорных материалов и магнезиальных вяжущих.

**Доломит** — порода, состоящая в основном из минерала доломита  $CaCO_3 * MgCO_3$ , с примесью глины, оксидов железа и др. По структуре и физическим свойствам доломит близок к плотным известнякам:  $\rho_m = 2200 \dots 2800$  кг/м<sup>3</sup>;  $R_{сж} = 50 \dots 200$  МПа. Поэтому его применяют в качестве строительного камня и щебня для бетона.

**Гипс** — горная порода обычно белого или серого цвета, состоящая из минерала того же названия  $CaSO_4 * 2H_2O$ . В строительстве используют как сырье для получения гипсовых вяжущих. Благодаря низкой твердости применяют для изготовления мелких поделок по камню.

**Ангидрит** — плотная горная порода, состоящая преимущественно из минерала ангидрита  $CaSO_4$ . Цвет породы белый с голубым или серым оттенком. Используют для получения вяжущих и для внутренней отделки и скульптурных работ. На открытом воздухе быстро выветривается, переходя в гипс.

# Метаморфические породы

Горные породы, находящиеся в земной коре, со временем могут существенно изменить структуру и свойства, не меняя принципиально свой химический состав.

Причина таких изменений — воздействие давления, **повышенных температур и минерализованных вод.**

Метаморфизироваться могут как магматические, так и осадочные породы.

Яркий пример метаморфизма — превращение массивной магматической породы **перидотита** в слоистую породу **серпентинит**, имеющую в своем составе тонковолокнистый минерал — **асбест**.

Среди метаморфических пород для строителя представляют интерес **мрамор, кварцит, глинистый сланец и гнейс**

# Мраморы

**Мраморы** — метаморфизированные известняки, состоящие из плотно сросшихся между собой кристаллов кальцита ( $\text{CaCO}_3$ ), иногда с примесью доломита ( $\text{CaCO}_3 * \text{MgCO}_3$ ).

Это произошло за счет огромного многостороннего давления на известняки в условиях повышенных температур.

Мрамор имеет высокую плотность (2600...2800 кг/м<sup>3</sup>) и прочность ( $R_{\text{сж}} = 30... 100$  МПа); водопоглощение мрамора менее 1%.

При всем этом твердость мрамора не высока — 3...3,5, что облегчает его обработку.

Мраморы могут быть как чисто белого цвета, так и самых разнообразных цветов с характерным «мраморовидным» рисунком.

Окраска мрамора объясняется проникновением в известняк в процессе метаморфизации минерализованных вод, из которых впоследствии кристаллизуются окрашивающие мрамор минералы — примеси: гематит, лимонит, хлорит и др.

Отличает мрамор от известняков еще одно свойство: мраморы хорошо полируются.

Мраморы широко применяют для отделки зданий и общественных сооружений.

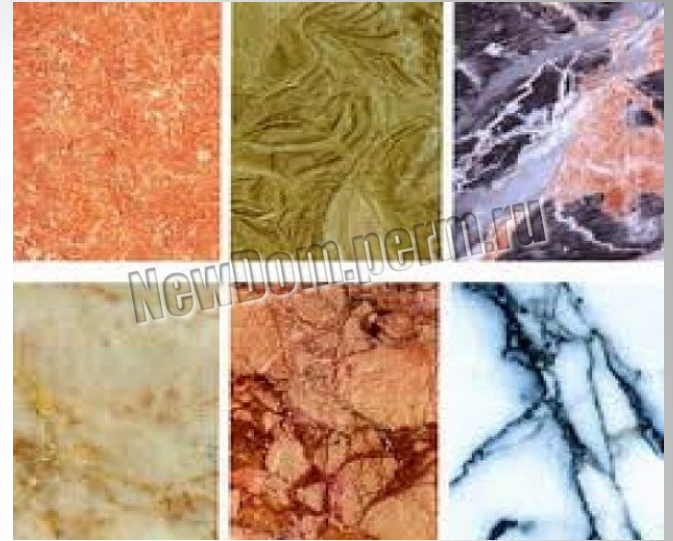
Не рекомендуется использовать мрамор для полов с большой интенсивностью эксплуатации (он быстро изнашивается) и для наружной облицовки зданий.

Последнее объясняется тем, что кальцит не стоек к действию влаги и кислотных оксидов (в том числе и  $\text{CO}_2$ ), содержащихся в атмосфере городов.

# Мраморный карьер (Италия)



# Мрамор



# Кварциты

Образуются при перекристаллизации кварцевых песчаников.

Имеют мелко- и среднезернистую структуру.

Обладают большой твердостью, хорошо сопротивляются выветриванию, прочность 400 МПа, плотность 2,8-3 г/см<sup>3</sup>, обладают высокой огнеупорностью до 1710-1770 °С.

Цвет кварцитов белый, красный, темно-вишневый.

Применяют их в ответственных частях зданий и сооружений, для облицовки, а также в виде щебня для бетона.

Используются в качестве подферменных камней мостов, в виде бута, щебня и брусчатки для мощения дорог и для облицовки зданий, а также при производстве кислотоупорных и огнеупорных



# Кварцит



# Гнейсы

**Гнейсы** — слоистая порода, образовавшаяся в результате перекристаллизации гранитов и других магматических пород при одноосном давлении.

Состоят из кварца, полевого шпата, слюды, роговой обманки, авгита.

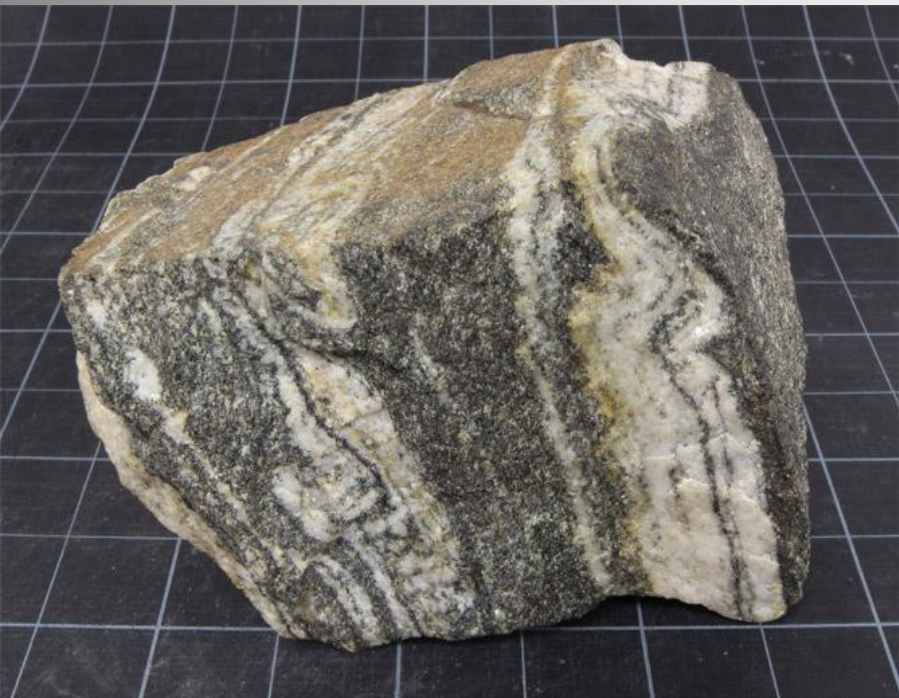
Поэтому гнейсы имеют слоистое (сланцеватое) строение, что облегчает их добычу и обработку, но снижает стойкость к выветриванию.

По свойствам не уступают гранитам, но легко раскалываются по плоскостям сланцеватости, легко расслаиваются при замерзании и оттаивании.

Прочность при сжатии 100-200 МПа, плотность 2,4-2,8 г/см<sup>3</sup>.

Применяется при бутовой кладке, для фундаментов, для щебня и отчасти в виде плит для мощения дорог.

# Гнейсы



# Глинистый сланец

Глинистый сланец образовался из глин в результате перекристаллизации в условиях одноосного давления и повышенных температур.

Сланцы имеют темно-серый цвет и легко раскалываются на плоские плитки.

Значительно тверже глин, в воде намокает.

Прочность при сжатии 20-60 МПа, плотность 2,7-2,8 г/см<sup>3</sup>, пористость 0,3-3%.

Такие плитки, называемые шифером (от нем. **schiefer** — **сланец**), используются в качестве долговечного кровельного материала.

Используется в производстве цемента, минеральной ваты, керамики и огнеупоров, в качестве кровельного материала.

Многие архитектурные памятники в Европе имеют сланцевую кровлю.

# Глинистый сланец



A photograph of an electrical substation. In the foreground, three workers wearing orange hard hats and work clothes are walking away from the camera on a dirt path. The substation equipment, including large transformers and metal structures, is visible on the left. The background shows more power lines and a clear blue sky.

# Спасибо!

**НГУАДИ**

**Бернацкий Анатолий Филиппович**