

ГИДРОГЕОЛОГИЯ И ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОЛОГИЯ

Лекции - 17 ч.

Лабораторные занятия - 17 ч.

ЗАЧЕТ

Курс лекций

Сидорова Галина Петровна

д.т.н., профессор кафедры « Прикладной геологии и технологии геологической разведки».

Горный факультет.

Забайкальский государственный университет



Физико-механические свойства горных пород и методы их искусственного улучшения

Физико-механическими свойствами называются такие, которые определяют их физическое состояние, отношение к воде и закономерности изменения прочности и деформируемости .

Физические свойства характеризуют физическое состояние горных пород в условиях естественного залегания в откосах или в отвалах.

Водные свойства проявляются в отношении горных пород к воде, т. е. в способности изменять состояние, прочность и устойчивость при взаимодействии с водой.

Механические свойства определяют поведение горных пород при воздействии на них внешних усилий – нагрузки.

Физико-механические свойства пород отражают те изменения, которые горные породы претерпели в истории их геологического развития под влиянием процессов выветривания, гравитационного и геохимического уплотнения, тектонических сил и т.д.

Физико-механические свойства определяются, прежде всего, генетическим типом пород и особенностями их состава, поэтому инженерно-геологическая оценка выделенных в классе групп пород отличается по ряду показателей.

При исследовании скальных и полускальных пород изучаются генетические типы и их петрографическая характеристика, вещественный состав, структура и текстура, условия залегания, напряженное состояние, трещиноватость и выветрелость.

Качественное отличие каждого типа тесно связано с условиями образования и существованием в земной коре. Формирование магматических и метаморфических пород происходит в особых термодинамических условиях, создающих большое внутреннее напряжение сжатия при постоянном влиянии внешних тектонических движений. Внутренние напряжения сохраняются в горных породах в течение нескольких геологических эпох.

Осадочные породы претерпевают сложный процесс от образования исходного материала, его переноса, накопления и преобразования в результате диагенеза.

Прочность и устойчивость осадочных цементированных горных пород зависит от состава слагающих их компонентов, а также от состава цемента, типа цементации структурных и текстурных особенностей, количества и состава примесей и включений, степени выветрелости и трещиноватости.

При изучении физико-механических свойств скальных и полускальных пород необходимо помнить, что в объеме любой породы выделяется объем минеральной части – ее скелет V_1 и объем пор, пустот, каверн, трещин V_2 , частично или полностью заполненных водой или воздухом.

Физическое состояние грунтов как многофазных систем определяется прежде всего их плотностью и пористостью

**Обязательно
зарисовать в тетрадь!**

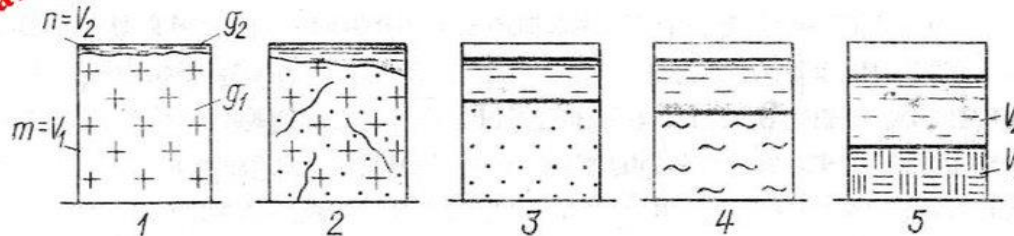


Рис. III-1. Схематическое изображение соотношения объема минеральной части (скелета) m и объема пор n в единице объема горных пород.
1 — скальные; 2 — полускальные; 3 — рыхлые несвязные; 4 — мягкие связные; 5 — торф.

Общий объем пустот в породе определяет ее скважность, а часть пустот, имеющих капиллярные (диаметр пор < 1 мм, ширина трещин $< 0,25$ мм) или субкапиллярные размеры (диаметр пор $< 0,0002$ мм, ширина трещин $< 0,0001$ мм) выражают их пористость.

Скальные и полускальные породы

Физические свойства скальных и полускальных пород характеризуются удельным весом, объемным весом, пористостью, а для полускальных пород и влажностью.

Удельным весом горной породы называют вес единицы объема ее твердой части – скелета.

Численно удельный вес γ_u равен отношению веса твердой части породы g_1 к ее объему V_1 :

$$\gamma_u = g_1 / V_1$$

Единицей измерения удельного веса служит грамм-сила на кубический сантиметр $г/см^3$. Удельный вес горной породы с допустимой для практических целей точностью численно равен плотности ее скелета.

Плотность горной породы есть ее масса в единице объема $г/см^3$.

Объемный вес породы (γ) – это вес единицы объема горной породы естественного сложения и влажности, численно равен отношению веса породы (g_1+g_2) к ее объему (V_1+V_2):

$$\gamma = g_1+g_2 / V_1+V_2$$

Кроме удельного и объемного веса иногда определяют объемный вес скелета породы, под которым понимают вес единицы объема твердой части (скелета) породы естественного сложения:

$$\gamma_c = g_1 / V_1, г/см^3$$

Плотность сухого грунта, $\rho_d (г/см^3)$ – это отношение массы сухого грунта (исключая массу воды в его порах) к занимаемому этим грунтом объему (включая имеющиеся в этом грунте поры)

$$\rho_d = \frac{m_s}{V} \quad \rho_d = \frac{\rho}{1+W}$$

где V – объем влажного грунта, $см^3$;
 ρ – плотность влажного грунта, $г/см^3$
 W – природная влажность

$\rho_d = 1100-1300 \text{ кг/м}^3$ - грунты непригодны для строительства.

$\rho_d = 1600-1800 \text{ кг/м}^3$ - грунты прочные пригодны для строительства

Плотностные свойства горных пород

Удельный вес – вес единицы объема твердой фазы породы

$$\gamma_0 = G_T / V_T,$$

где G_T – вес твердой фазы,
 V_T – объем твердой фазы породы.

Единицы измерения $Н/м^3$, $т/м^3$

Объемный вес – отношение веса основных агрегатных фаз породы к объему, занимаемому этими фазами.

$$\gamma = G / V,$$

где G – вес агрегатных фаз породы;
 V – объем занимаемый этими фазами.

Объемный вес всегда меньше удельного веса и лишь в случае особо твердых пород приближается к нему.

Удельная масса – отношение массы твердой фазы породы к объему твердой фазы.

$$\rho_0 = m_T / V_T,$$

где m_T – масса твердой фазы.

2. Пористость грунта, n – отношение объема пор в образце грунта к объему самого грунта. (Т. е., пористость – объем пор в единице объема грунта):

$$n = V_2 / (V_1 + V_2), [\%, \text{ дол. ед.}] \quad (2.9)$$

Расчетная формула для определения плотности сухого грунта:

$$n = (\rho_s - \rho_d) / \rho_s \quad (2.10)$$

3. Коэффициент пористости грунта e – отношение объема пор к объему минеральной части грунта:

$$e = n / m. \quad (2.11)$$

Расчетная формула для определения коэффициента пористости:

$$e = (\rho_s - \rho_d) / \rho_d \quad (2.12)$$



ВИДЫ ПОРИСТОСТИ

1. Полная (абсолютная)
2. Открытая
3. Эффективная
4. Динамическая

1. Коэффициентом **полной** (или **абсолютной**) пористости называется отношение суммарного объема всех пор в образце породы к его полному объему:

$$m = \frac{V_{\text{пор}}}{V_{\text{обр}}}$$

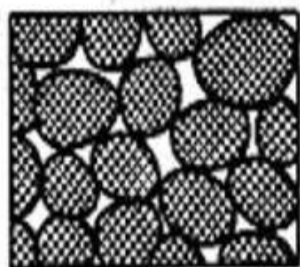
2. Коэффициентом **открытой пористости** называется отношение объема открытых, связанных с поверхностью, сообщающихся пор, к объему образца:

$$m_o = \frac{V_{\text{отк}}}{V_{\text{обр}}}$$

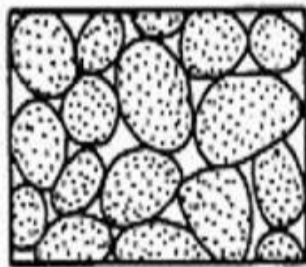


Пористость горной породы – совокупность пустот, определяет способность породы вмещать в себя нефть (газ, воду)

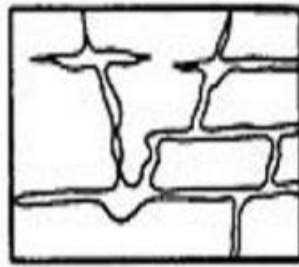
Коэффициент пористости – отношение объема пор образца породы к объему образца



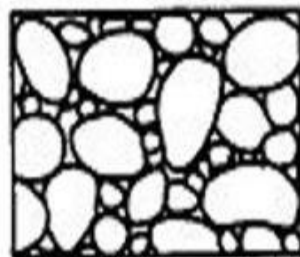
А



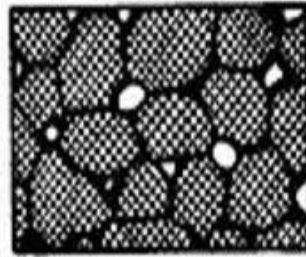
В



Д



Г



Е



З

Рис. Различные поровые пространства пород
А – хорошо окатанные и отсортированный песок, имеющий высокую пористость,
Б – плохо отсортированный песок, имеющий низкую пористость,
В – хорошо отсортированная порода, зёрна которой пористы,
Г – хорошо отсортированная порода, пористость которой уменьшена отложениями минерального вещества в пространстве между зёрнами,
Д – поровое пространство трещиноватых известняков, частично расширенное растворением,
Е – порода, ставшая пористой вследствие возникновения трещин

Пористость горных пород



Порода	Средняя плотность, кг/м ³	Пористость, %
Гранит	2600-2800	0,45-1,5
Диорит и сиенит	2600-2700	1,4-1,5
Габбро	3000-3100	Менее 0,22
Лабрадорит	2700-2800	0,5-1,5
Диабаз	2900-3000	0,1-0,2
Базальт	2900-3000	0,4-1,5
Кварцевый порфир	2600-2700	1,47-3,68
Вулканический туф	800-1100	4,72-13,22
Песчаник	2400-2500	2,8-3
Брекчия	2400-2500	-
Известняк	1100-2300	0,36-27
Мрамор	2700-2800	0,59-1,0
Гнейс	2500-2600	-



Горные породы.

обсидиан



пемза



мел



песчаник



гнейс



сланец



гранит



базальт



Водоустойчивость скальных и полускальных пород

- Водоустойчивость скальных и полускальных пород оценивается коэффициентом размягчения при водонасыщении. Он численно равен отношению временного сопротивления сжатию образца породы после насыщения водой к временному сопротивлению сжатию образца до насыщения водой:
- Характеристика классификационная для скальных и полускальных грунтов. При $K_{sat} \geq 0,9$ порода водоустойчива, при $K_{sat} = 0,7-0,8$ имеет пониженную водоустойчивость, у пород слабоводоустойчивых $K_{sat} \leq 0,5$, у пород, которые при насыщении водой расслаиваются и распадаются на обломки $K_{sat} = 0$.
- Размягчаемость грунтов является косвенным показателем их способности сопротивляться выветриванию и воздействию замерзающей воды. Все сильно размягчающиеся породы быстро выветриваются и не обладают значительной морозостойкостью.

$$K_{\text{размягчения}} = \frac{R_{\text{водонасыщ}}}{R_{\text{сухой породы}}}$$

Коэффициент размягчаемости выражают в долях единицы и вычисляют с точностью до 0,1. Для скальных пород он обычно меньше 0,9, у полускальных – 0,5.

- К водопроницаемым породам относятся крупнообломочные породы, галечник, гравий, пески, трещиноватые породы и т.д.
- К водонепроницаемым породам – массивно-кристаллические породы (гранит, порфир, мрамор), имеющие минимальную впитывать в себя влагу, и глины.



Горные породы

водопроницаемые

песок
гравий
галька

водорастворимые
(карстовые)

гипс
соли
известняк

водонепроницаемые

кварцит
мрамор
базальт
гранит

Механические свойства, как указывалось выше, характеризуют поведение горных пород под нагрузкой и проявляются в сопротивлении разрушению (**прочность**) и **деформации**.

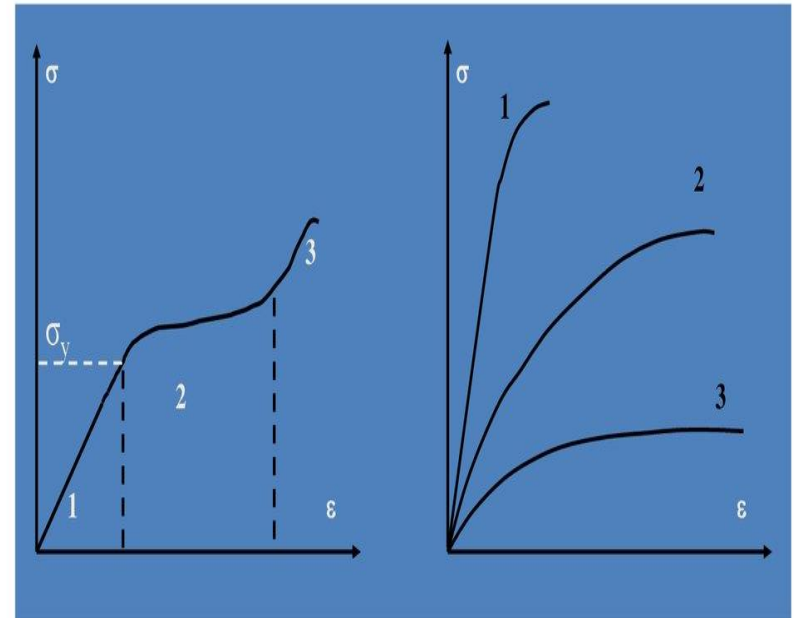
Свойство горных пород сопротивляться разрушению и образованию больших остаточных деформаций под действием нагрузки называется прочностью.

Свойство горных пород изменять под нагрузкой форму сложения и объем без изменения массы называется деформацией.

- **Прочность** - свойства, которое показывает способность горной породы не разрушаться под действием внешних сил до определенных пределов.
- Прочность породы испытывают на сжатие, растяжение, изгиб и сдвиг.
- Способ, определяющий прочность породы на сжатие:

$$P = \frac{F}{S} \quad \text{Н/м}^2 \quad \text{где } F - \text{сила на сжатие пресса на образец до разрушения;}$$

S – площадь поперечного сечения куска.



Области деформации пород

- 1- упругая; 2 - пластическая;
3 - разрушающая;

Виды пород

- 1 - упруго-хрупкие (кварциты);
2 - упруго-пластичные (роговики);
3 - пластичные (мрамор).

ДЕФОРМАЦИЯ ГОРНЫХ ПОРОД

(ТЕКТОНОФИЗИКА)

Деформацией называется изменение формы и объема тела под действием внешних (*активных*) сил.

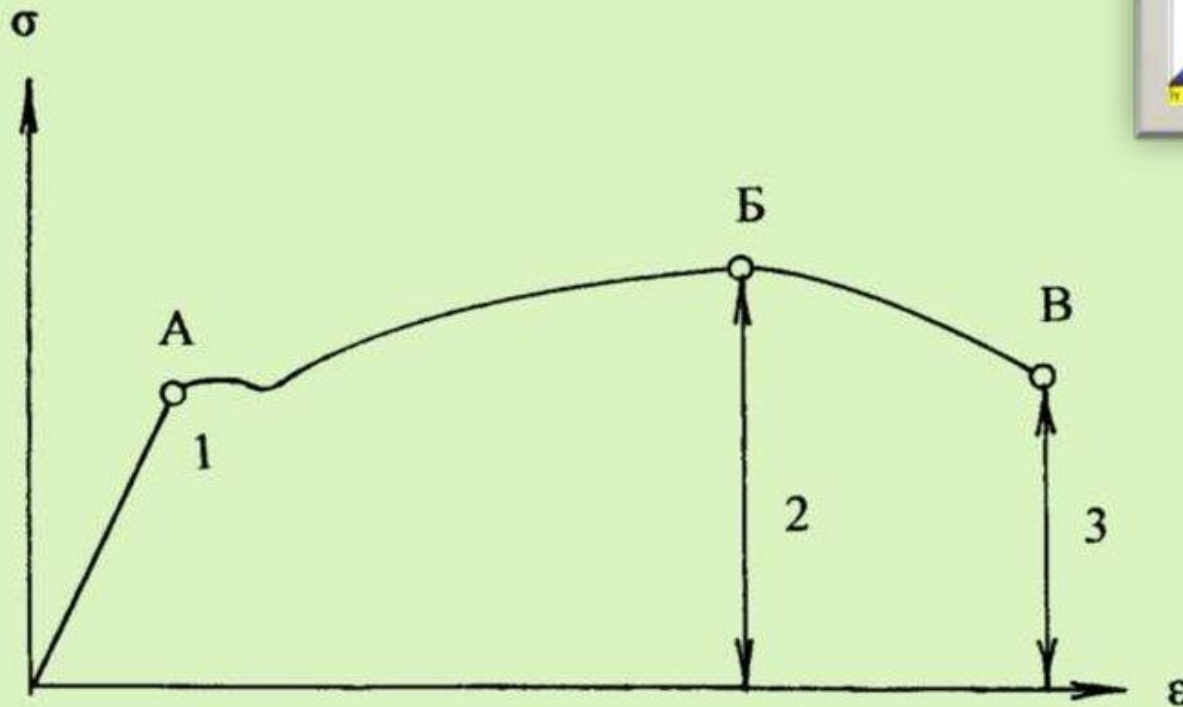
Внутренние силы, возникающие в теле и стремящиеся уравновесить действие активных сил, называются **силами упругости** (*реактивными*). Величина внутренней силы действующая на единицу площади называется **напряжением** (σ).

$$\sigma = F/S_0$$

где F - сила, действующая на площадку, S_0 - площадь поперечного сечения

Общая кривая деформации горных пород

ОА – упругая деформация; АБ – пластическая деформация с упрочением; БВ – пластическая деформация с ослаблением тела перед разрывом. В – точка разрыва. 1- предел упругости, 2- предел прочности, 3 – конечная прочность.



Стадии деформаций

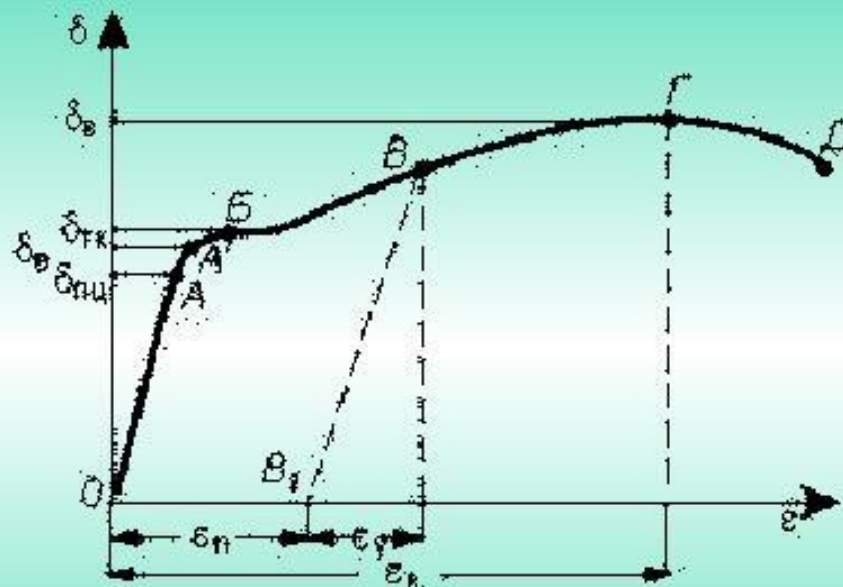
В процессе деформации горные породы могут испытывать три последовательные стадии деформации:

Упругая. После снятия нагрузки тело возвращается к первоначальному состоянию. Существует предел упругости (σ_e).

Остаточная (пластическая и хрупкая)

Пластическая – остаточная деформация, которая не нарушает целостности материала.

Хрупкая – тело разрушается.



Зависимость между напряжениями и деформациями при растяжении: ОА- упругая ; АГ-пластическая с упрочением; ГД- пластическая у с ослаблением тела перед разрывом

Способность полускальных пород изменять свои механические свойства и деформироваться во времени определяет развитие различных процессов:

- осадку сооружений;
- их подвижки;
- развитие оползневых явлений;
- деформацию природных склонов и т.д.

При решении различных инженерно-геологических задач, связанных с проектированием и строительством сооружений, разработкой месторождений полезных ископаемых и др. для оценки физико-механических свойств скальных и полускальных пород интерес представляют следующие характеристики:

- минеральный состав, структурные и текстурные особенности;
- условия и формы залегания пород, характеристика напряженного состояния;
- общее строение – структура массива, отражающая их неоднородность и анизотропность;
- физические свойства;
- водные свойства;
- механические свойства; д
- дополнительные специальные характеристики.

Дополнительные характеристики называют производственными, строительными, горнотехническими. К числу специальных характеристик относят:

1. Крепость горных пород – сопротивление разрушающим усилиям.

Коэффициент крепости – это сопротивление раздавливанию кубика горной породы, равное 100 кг/см^2 .

2. Твердость характеризуется сопротивлением, оказываемым горной породой при проникновении в нее другого тела. Определяется по шкале Мооса.

3. Истираемость, износ, абразивность – используются при изысканиях для строительства дорог.

Определяется путем испытания образца на вращающемся круге для истирания. **Должна быть не более $0,4 \text{ г/см}^2$.**

4. Износ – прочность щебня. Потеря в весе после испытания в барабане Деваля не должна превышать **4–10 %**.

5. Разрабатываемость – сопротивление разрушению при различных рабочих процессах (копке, бурении, взрывании и т.д)

6. Буримость – сопротивляемость горных пород разрушению инструментом в процессе бурения. Показатель буримости – длина шпура (мм, см) пробуренного за 1 мин чистого времени бурения.

7. Разрыхляемость – увеличение объема пород в результате рыхления. Определяют коэффициент разрыхления.

8. Морозоустойчивость – способность горных пород сохранять физическое состояние и прочность при воздействии отрицательных температур. Морозоустойчивость определяют в морозильных камерах путем 15–25-кратного замораживания и оттаивания горных пород.

Прочность может снижаться не более чем на 20–25 %.

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

Крепость горных пород – способность горных пород выдерживать разрушение. Количество крепости оценивается коэффициентом крепости (f), предложенным горным инженером, проф. Михаилом Михайловичем Пртодьяконовым (теория давления горных пород).

Коэффициент крепости пород по М. М. Пртодьяконову в системе СИ рассчитывается по формуле:





















$$f = 0,1 \sigma_{сж.},$$

где $\sigma_{сж.}$ – предел прочности на одноосное сжатие [МПа].

Твердость – способность противостоять внешнему механическому воздействию:

минерал	твер- дость	характеристика твердости	другие минералы с аналогичной твердостью
тальк	1	легко чертится ногтем	графит
гипс	2	чертится ногтем	хлорит, галит
кальцит	3	чертится ногтем	биотит, золото, серебро
флюорит	4	с трудом чертится ногтем	доломит, сфалерит
апатит	5	царапается ногтем	гематит, лазурит
ортотлаз	6	при сильном нажиме царапает стекло	опал, рутил
кварц	7	чертит стекло	гранат, турмалин
топаз	8	чертит стекло	берилл, шпинель
корунд	9	чертит стекло	
алмаз	10	чертит стекло	

Свойства горных пород

Твёрдость по Моосу	Эталонный минерал	Абсолютная твёрдость	Изображение	Обрабатываемость	Другие минералы с аналогичной твёрдостью	Аналоги строительных материалов «мягче-твёрже»
1	Тальк $Mg_3Si_4O_{10}(OH)_2$	1		Царапается ногтем	Графит	 Мел
2	Гипс $CaSO_4 \cdot 2H_2O$	3		Царапается ногтем	Галит, хлорит	 Газобетон
3	Кальцит $CaCO_3$	9		Царапается медной монетой	Биотит, золото, серебро	 Кирпич силикатный
4	Флюорит CaF_2	21		Царапается ножом, оконным стеклом	Доломит, сфалерит	 Кирпич
5	Апатит $Ca_5(PO_4)_3(OH, Cl, F)$	48		Царапается ножом, оконным стеклом	Гематит, лазурит	 Кирпич
6	Ортоклаз $K(AlSi_3O_8)$	72		Царапается напильником	Опал, рутил	 Стекло
7	Кварц SiO_2	100		Поддается обработке алмазом, царапает стекло	Гранат, турмалин	 Напольная плитка
8	Топаз $Al_2SiO_4(OH, F)_2$	200		Поддается обработке алмазом, царапает стекло	Берилл, шпинель, аквамарин	 Керамогранит
9	Корунд Al_2O_3	400		Поддается обработке алмазом, царапает стекло	Сапфир, рубин	 Al_2O_3
10	Алмаз C	1600		Режет стекло		

Абразивность горных пород

- **Абразивностью** называется способность горной породы изнашивать породоразрушающий инструмент в процессе бурения.
- **Абразивность** породы зависит от твердости породообразующих минералов, характера сцепления зерен друг с другом, крупности и формы зерен, плотности породы и степени ее трещиноватости.
- **Наиболее абразивными** оказываются породы, в которых твердые минералы (например кварц, корунд, гранат) сцементированы менее твердым

Таблица 5.2. Классификация горных пород по абразивности (по Л.И. Барону, А.В. Кузнецову)

Класс абразивности	Степень абразивности пород	Показатель абразивности, мг	Характерные горные породы
I	Весьма малоабразивные	До 5	Аргиллиты, мраморы, апатит, соль, глинистые сланцы
II	Малоабразивные	5—10	Аргиллиты, мягкие сланцы, сульфидные руды, барит
III	Ниже средней абразивности	10—18	Джеспилиты, роговики, кварцевые и аркозовые песчаники, железные руды, окремненные известняки
IV	Среднеабразивные	18—30	Кварцевые и аркозовые мелкозернистые песчаники, жильный кварц, окварцованные известняки, диабазы
V	Выше средней абразивности	30—45	Кварцевые и аркозовые крупнозернистые песчаники, плагιοграниты, мелкозернистые граниты, диориты, габбро, гнейсы

Классификация пород по степени истираемости

Горные породы	Средняя плотность, кг/м ³	Прочность при сжатии, МПа	Водопоглощение, %	Истираемость, г/см ²
Изверженные				
Глубинные:				
гранит	2000...2700	120...200	0,1...1	0,1...0,5
сиенит	2600...2700	160...180	0,1...1	0,1...0,5
Излившиеся:				
диабаз	2800...2900	120...260	0,01...0,2	0,1...0,5
базальт	2100...2300	110...200	1...4,5	0,4...1
Излившиеся пористые:				
вулканический туф	2500...2000	10...40	4...40	-

Группа истираемости	Породы и материалы	Натуральный износ при интенсивности человеческого шага 1 млн. чел. в год (мм)
1	Кварциты и породы группы гранита	менее 0,12
2	Базальты, микрокристаллический мрамор	0,12-0,35
3	Рыхлые базальты, мрамор, песчаники, доломиты	0,35-0,6
4	Мраморизованные известняки, травертины, известняки, туфы	0,6-1,5
5	Рыхлые известняки	1,5-2,5

Буримость горных пород

- **Механическая скорость** бурения зависит от комплексного показателя — **буримости горных пород**.
- **Буримость** характеризует **способность** горной породы **разрушаться** в определенных условиях при воздействии ПРИ.
- **Буримость** горных пород зависит также от **способа бурения**, а вернее способа разрушения горных пород.

- Для различных способов бурения разработаны свои классификации горных пород по **буримости**:
- при **вращательном** способе бурения все породы разбиты на 12 (двенадцать) категорий,
- при **ударном** — на 7 (семь),
- при **разведке россыпей** — на 6 (шесть)

Классификация горных пород по буримости для вращательного бурения

Категория пород по буримости	Породы	Скорость бурения, м/ч
I	Торф, песок без гальки	23—30
II	Глина средней плотности	11—15
III	Плотная глина	5,7—10
IV	Слабые песчаники;	3,5—5,0
V	Аргиллиты	2,5—3,5
VI	Полевошпатовые песчаники	1,5—2,5
VII	Окварцованные известняки	1,9—2,0
VIII	Песчаники кварцевые	1,3—1,9
IX	Крупнозернистые граниты	0,7—1,2
X	Гранодиориты	0,5—0,7
XI	Кварциты,	0,3—0,5
XII	Роговики	0,15—0,25



5. Разрыхляемость — это способность грунта увеличиваться в объеме при разработке вследствие потери связей между частицами.

Увеличение объема грунта характеризуется коэффициентами первоначального и остаточного разрыхления.

Коэффициент первоначального разрыхления k_p представляет собой отношение объема разрыхленного грунта к его объему в природном состоянии.

$$K_p = \frac{V_{разр}}{V_{ест}}$$

Коэффициент остаточного разрыхления $k_{ор}$ характеризует остаточное увеличение объема грунта (по сравнению с природным состоянием) после его уплотнения.

$$K_{о.р.} = \frac{V_{упл}}{V_{ест}}$$

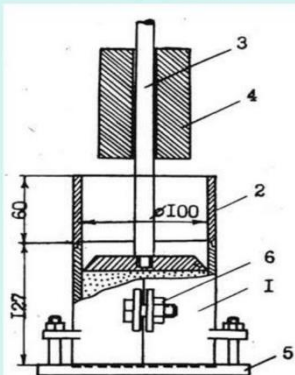
Значение коэффициента $k_{ор}$ обычно меньше k_p на 15...20 %.

песчаные	$K_p = 1,08 \div 1,17$	$K_{о.р.} = 1,01 \div 1,025$
суглинки	$1,14 \div 1,28$	$1,015 \div 1,05$
глины	$1,24 \div 1,3$	$1,04 \div 1,09$

Для полускальных и скальных грунтов при взрывании «на встряхивание» K_p изменяется от 1,1 до 1,2, а при взрывании «на развал» — от 1,25 до 1,6 (при большой кусковатости до 2).

Породы	Коэффициент разрыхления K_p	Коэффициент наполнения ковша экскаватора K_n	
		механических лопат	драглайнов
Песок и гравий влажные	1—1,5	0,95—1,02	1,1—1,2
Суглинок	1,15—1,25	1,15—1,23	
Суглинок влажный	1,25	1,05—1,12	0,8—1,0
Глина средняя	1,35	1,2—1,32	1,15—1,25
Глина влажная	1,35—1,5	1,08—1,18	0,98—1,06
Глина тяжелая	1,5	1,3—1,5	1,18—1,28
Песок и гравий сухие, хорошо взорванная порода	1,4—1,6	1,0—1,1	0,95—1,0
Плохо взорванная порода, скала	1,4—1,6	0,95—1,02	0,8—0,9
		0,75—0,9	0,55—0,8

• Коэффициент уплотнения

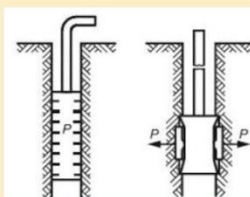


$$K_{com(упл)} = \frac{\rho_d}{\rho_{d\max}}$$

- 1- цилиндр;
 2 - насадка;
 3 - стойка;
 4 - груз 2,5 кг, падает с высоты 30см, (75-120 ударов);
 5 - постамент;
 6 - зажимы

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МОДУЛЯ ДЕФОРМАЦИИ ГРУНТА

• Полевые испытания pressiометром



*Модуль деформации определяется в горизонтальном направлении.

Измеряется расширение резиновой камеры при заданном давлении жидкости или воздуха.

$$E_{pr} = K_r \cdot r_0 \cdot \frac{\Delta P}{\Delta r}$$

где K_r - корректирующий коэффициент, определяемый по результатам сопоставительных испытаний грунта штампами и pressiометром;
 r_0 - начальный радиус скважины;
 ΔP - приращение давления, МПа;
 Δr - приращение перемещения стенки скважины (по радиусу), см

1. Общие физические свойства почвы.

При определении плотности почвы используют стальные цилиндры-бурки, объемом 100 м³. Для этого, с заранее установленной повторностью, из каждого генетического горизонта почвы отбирают образцы ненарушенного сложения. Погруженный в почву бурчик окпывают и аккуратно вынимают его, подрезая почву по краям бурчика и очищая его внешние стенки. Затем закрывают бурчик крышками и взвешивают. После этого, при температуре 105°C в течение 6 часов высушивают образец в сушильном шкафу до абсолютно сухого состояния (постоянства массы) и взвешивают его. Затем определяют плотность почвы по приведенной формуле.



Рис. 3. Определение плотности почвы
 Источник: culturekor.ru