

Основы инженерно-геологической характеристики и оценки горных пород.

Строительная классификация горных пород

- 1. Инженерно-геологическая классификация горных пород (по Ф. П. Саваренскому и В. Д. Ломтадзе).**
- 2. Группа скальных и полускальных пород. Их принципиальное различие.**
- 3. Основные показатели физических, водных и механических свойств скальных и полускальных пород.**
- 4. Особенности деформационного поведения скальных и полускальных пород.**

1. Основания и среда зданий и сооружений.
2. Горные породы как коллектор подземных вод.
3. Горная порода как сырьё для получения строительных материалов.
4. Горные породы как объект рекультивации (восстановление)
5. Горные породы - как среда захоронения токсичных отходов.

Инженерно-геологическая классификация

- Все горные породы делятся на V групп:
- 1. Скальные
- 2. Полускальные
- 3. Рыхлые несвязные
- 4. Мягкие связные
- 5. Породы особого состава, состояния и свойств.

Инженерно-геологическая классификация горных пород

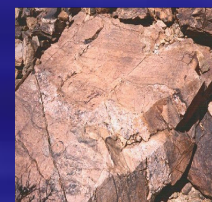
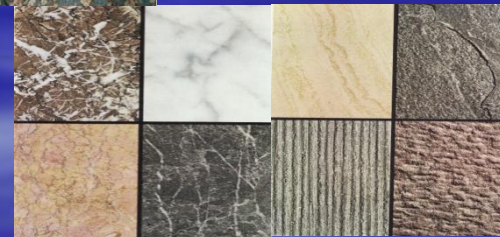
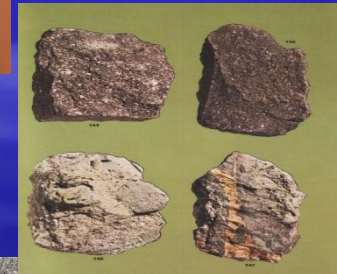
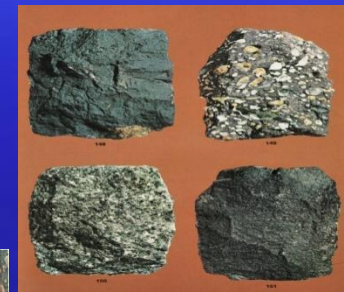
I. Твёрдые – скальные.

Магматические:

1. Глубинные интрузивные: граниты, сиениты, гранодиориты, габбро.
2. Полуглубинные и жильные: гранит – порфиры, сиенит – порфиры, габбро – порфириты и т. п.
3. Излившиеся – эффузивные: кварцевые и бескварцевые порфиры и порфириты, диабазы, липариты, трахиты, дациты, андезиты, базальты.

Метаморфические:

1. Массивные: мраморы, кварциты,
2. Сланцеватые: гнейсы, кристаллические сланцы.



Инженерно-геологическая классификация горных пород (продолжение)

Твёрдые – скальные.

Осадочные.

1. **Обломочные: песчаники и конгломераты с прочным цементом.**
2. **Органогенные и хемогенные: известняки и доломиты плотные и прочные.**

Техногенные.

1. **Искусственно улучшенные: породы I группы уплотнённые и укреплённые цементацией;**
2. **Искусственно преобразованные: породы II группы, преобразованные в скальные уплотнением или укреплением цементацией**



Инженерно-геологическая классификация горных пород (продолжение)

II. Относительно твёрдые полускальные.

Магматические и метаморфические.

1. Выветрелые, сильно трещиноватые и закарстованные породы I группы, имеющие пониженные показатели физико-механических свойств.

Осадочные.

1. Пирокластические: пемза, обсидиан, вулканические туфы, туффиты, туфогенные породы,
2. Обломочные: песчаники и конгломераты с глинистым цементом.
3. Глинистые: глинистые сланцы и аргиллиты.
4. Органогенные и хемогенные: известняки и доломиты глинистые, мергели, мел, кремнистые породы (диатомиты, опоки)

Техногенные.

1. Породы II группы уплотнённые или укреплённые;
2. Породы III и IV групп преобразованные до состояния полускальных уплотнением и укреплением цементацией, силикатизацией, синтетическими смолами или битумизацией;
глинистые породы, закреплённые термическим способом или силикатизацией.



Инженерно-геологическая классификация горных пород

III. Рыхлые несвязные

Осадочные:

- пески, гравий, галечники, щебенистые породы.

Техногенные:

- обломочные смеси, приготовленные дроблением и измельчением

(могут уплотняться и закрепляться методами осушения, трамбования, укатки, виброуплотнения, битумизации или гранулометрическими добавками.



IV. Глинистые (мягкие) связные

Осадочные:

- глины, суглинки, супеси, лёссовые породы;

Техногенные:

- Намытые или насыпанные и преобразованные глинистые грунты (могут уплотняться и закрепляться трамбованием, укаткой, электроосмосом и другими способами)



Инженерно-геологическая классификация горных пород

V. Породы особого состава, состояния и свойств

Осадочные.

Обломочные:

- пески-плывуны, песчаные илы.

Глинистые:

- глинистые породы засоленные, глинистые и

Органогенные и хемогенные:

- почвы, торфы, угли, гипсы, ангидриты, каменная соль.

Техногенные:

- Искусственно отсыпанные, состоящие из отходов промышленного и строительного производства, из смеси отходов производства и бытовых отброс; породы планомерно возведённых насыпей, отвалов и намытых площадей, а также изменённые вследствие подтопления, избыточного увлажнения и засоления



Физическое состояние горной породы зависит от природы и характера структурных связей

Вид и природа структурных связей в скальных и полускальных горных породах

Породы	Вид структурных связей	Физическая природа структурных связей
Магматические	Конденсационно-кристаллизационные	Межатомные силы — ионные, ковалентные
Метаморфические	То же	То же
Осадочные	Цементационные, у некоторых осадочных химических пород конденсационно-кристаллизационные	То же и частично молекулярные

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

Обязательно
зарисовать в тетрадь!

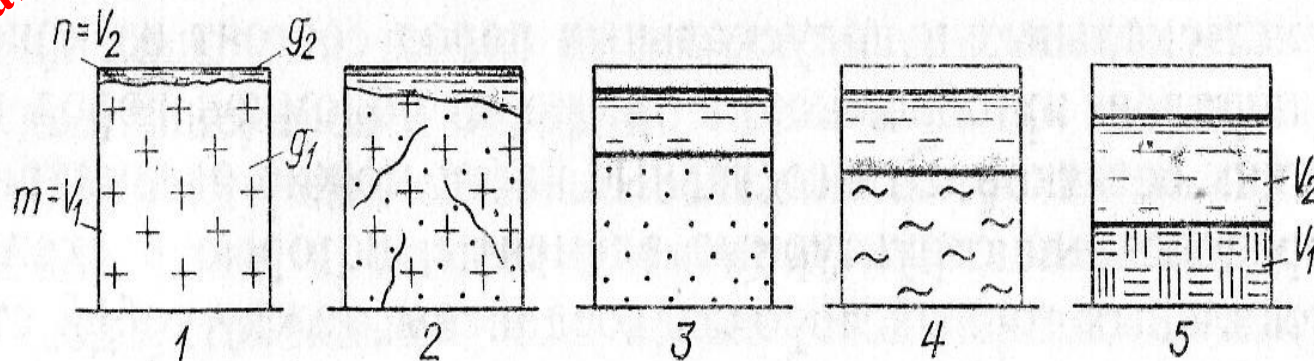


Рис. III-1. Схематическое изображение соотношения объема минеральной части (скелета) m и объема пор n в единице объема горных пород.

1 — скальные; 2 — полускальные; 3 — рыхлые несвязные; 4 — мягкие связные; 5 — торф.

Характеристики оценки скальных и полускальных пород

- Плотность породы – масса единицы объема

$$\rho = (g_1 + g_2) / (v_1 + v_2)$$

- Плотность минеральной части – средняя плотность всех входящих в состав минералов.

$$\rho = g_1 / v_1$$

- Плотность скелета – масса единицы объема без учета пор и влажности $\rho_d = g_1 / (v_1 + v_2) = \rho / 1+W$

- Влажность естественного сложения - содержание воды в породе в условиях ее естественного залегания.

Количественное содержание воды в пород выражается:

1) весовой влажностью — отношением веса воды к весу скелета породы;

2) объемной влажностью — отношением объема воды к объему породы.

Влагоемкость

- Это способность горных пород удерживать в пустотах (порах, кавернах и трещинах) воду.
- Влагоемкость оценивается по относительному или объёмному содержанию (в %) влаги путём взвешивания образцов породы, насыщенных водой и высушенных до постоянного веса.

По характеру распределения воды в пустотах породы различают:

гигроскопическую (характерную для грунтов, залегающих близко к поверхности),

молекулярную,

капиллярную,

полную влагоемкости.

Инженерно-геологическая классификация горных пород

Физические и водные свойства классификационных групп пород

Группа	Физико-механические свойства	
	Физические	Водные
I	Плотность высокая (2,65—3,10 г/см ³), пористость незначительная — доли процента, редко больше	Невлагоемкие, практически нерастворимые, водопроницаемы только по трещинам. Коэффициент фильтрации не превышает 10 м/сут, удельное водопоглощение $\omega < 5$ л/мин
II	Плотность средняя (2,20—2,65 г/см ³), пористость до 10—15 %, у отдельных разновидностей выше. Сквозность изменяется в широких пределах	Слабовлагоемкие. Водопроницаемость изменяется в зависимости от трещиноватости и выветрелости, коэффициент фильтрации изменяется от 0,5 до 30 м/сут (ω до 15 л/мин) у слабо- и средневодопроницаемых и более 30 м/сут ($\omega > 15$ л/мин) у сильноводопроницаемых
III	Плотность (1,40—1,90 г/см ³) и пористость (25—40 %) изменяются в широких пределах	Невлагоемкие или слабовлагоемкие (тонко- и мелкозернистые разновидности), практически нерастворимые, водопроницаемые. Коэффициент фильтрации до 30 м/сут у слабо- и средневодопроницаемых и превышает 30 м/сут у сильноводопроницаемых
IV	Плотность (1,10—1,20 до 1,90—2,10 г/см ³), пористость (20—30 до 75—80 %) и влажность (12—15 до 75—80 %) изменяются в широких пределах	Влагоемкие, нерастворимые, слабоводопроницаемые или водупорные. Коэффициент фильтрации обычно меньше 0,1 м/сут
V	Горные породы характеризуются специфическими свойствами, требуют специальных методов исследований и индивидуальной оценки	

Плотность и пористость скальных и полускальных пород

(по В. Д. Ломтадзе)

Плотность и пористость скальных и полускальных горных пород

Породы	Плотность минеральной части, г/см ³		Плотность породы, г/см ³		Пористость, %	
	от	до	от	до	от	до
Гранит	2,67	2,72	2,55	2,65	0,06	2,0
Сиенит	2,65	2,70	2,60	2,65	0,1	3,5
Гранодиорит	2,66	2,80	2,62	2,79	0,2	5,0
Диорит	2,70	2,92	2,67	2,90	0,1	3,5
Габбро	2,87	3,10	2,85	3,05	0,02	1,5
Перидотит	3,00	3,25	2,90	3,20	0,02	2,0
Пироксенит	3,15	3,32	3,00	3,25	0,1	1,0
Кварцевый порфир	2,65	2,69	2,54	2,62	—	—
Липарит	2,45	2,65	2,20	2,50	4,5	8,0
Порфир	—	—	2,55	2,66	—	—
Трахит	—	—	2,20	2,30	3,0	8,0
Кварцевый порфирит	—	—	2,62	2,76	0,5	3,5
Порфирит	2,70	2,99	2,64	2,91	0,4	4,3
Андезит	—	—	2,30	2,60	—	—
Диабаз	2,79	3,05	2,74	3,00	0,08	4,5
Базальт	2,82	2,95	2,46	2,67	3,0	6,0
Гнейс	2,67	2,72	2,62	2,70	—	—
Кварцит	2,74	3,05	2,61	2,81	4,8	8,3
Песчаник крепкий	2,69	2,74	2,64	2,70	1,6	10,0
Песчаник слабый	2,62	2,74	2,68	2,31	16,0	26,0
Алевролит	2,61	2,83	2,00	2,44	14	30
Мрамор	2,70	2,71	2,69	2,70	0,1	1,0
Известняк крепкий	2,70	2,71	2,63	2,70	5,0	13,7
Известняк слабый	2,40	2,60	1,80	2,30	10	22,0
Доломит крепкий	2,82	2,84	2,62	2,74	3,4	12,4
Доломит слабый	2,28	2,74	1,90	2,40	—	—
Мергель	2,65	2,80	2,20	2,60	—	—
Мел	2,63	2,73	1,30	1,40	—	—
Глинистый сланец	—	—	2,40	2,60	—	—
Аргиллит	2,63	2,86	2,30	2,60	—	—
Опока	2,22	2,48	1,64	1,79	39	49
Диатомит	—	—	0,4	0,9	—	—
Угли	1,25	1,75	1,20	1,62	—	—
Вулканические туфы	2,71	2,84	—	—	—	—
Туфогенные породы	2,65	2,79	2,49	2,54	—	—

Водопроницаемость, водопроницаемость и водоустойчивость – важнейшие характеристики любой породы

Следовательно, водопроницаемость горных пород зависит от их свойств (скважность и размер пустот), гидрогеологических условий (действующий напор) и свойств воды (вязкость). Мерой водопроницаемости горных пород служит коэффициент фильтрации K_{ϕ} , который является показателем их способности пропускать через себя воду в большем или меньшем количестве в единицу времени с большей или меньшей скоростью. В соответствии с этим используют два различных значения для выражения коэффициента фильтрации — объемное и скоростное. Первое значение (объемное) показывает количество воды Q , протекающее в единицу времени через сечение породы F

$$K_{\phi} = Q / (FI),$$

при $F=1$ и $I=1$ $K_{\phi} = Q$, м³/сут, см³/сут.

Второе значение (скоростное) показывает скорость v движения воды при градиенте, равном единице,

$$v = K_{\phi} I,$$

при $I=1$ $K_{\phi} = v$, м/сут, см/сут.

В инженерно-геологической и гидрогеологической практике пользуются главным образом скоростным значением коэффициента фильтрации. Ориентировочно степень водопроницаемости горных пород характеризуется данными, приведенными в табл. II-16.

Проницаемость подсчитывают по формуле

$$K_{\pi} = \frac{Q \eta l \cdot 1000}{F t (p_1 - p_2)},$$

где K_{π} — коэффициент проницаемости, м²; Q — количество жидкости, профильтровавшейся через породу за 1 с, см³; l — длина пути фильтрации, см; η — вязкость жидкости при температуре опыта, π; F — площадь поперечного сечения, см²; $p_1 - p_2$ — перепад давления, напор, Па, МПа; t — время, с.

Коэффициент фильтрации K_{ϕ} и коэффициент проницаемости K_{π} связаны между собой следующей зависимостью:

$$K_{\phi} = K_{\pi} \gamma_{ж} / \eta,$$

где $\gamma_{ж}$ — плотность жидкости.

Записать в тетрадь
основные формулы,
звездочкой

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.

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

Трещиноватость скальных и полускальных пород

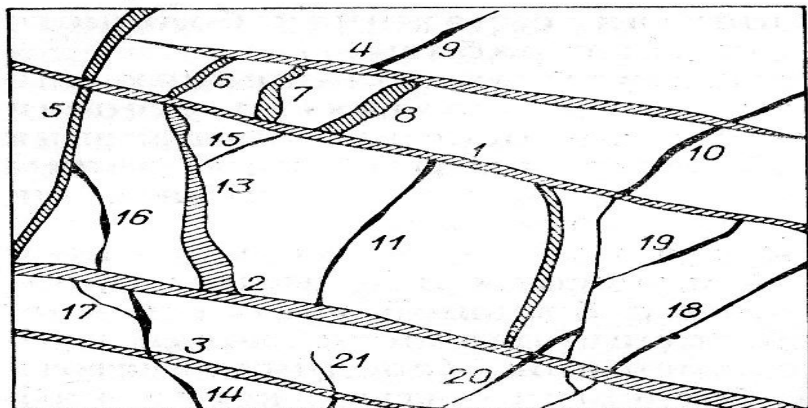


Рис. II-13. Зарисовка расположения трещин в обнажении для подсчета трещинной пустотности.

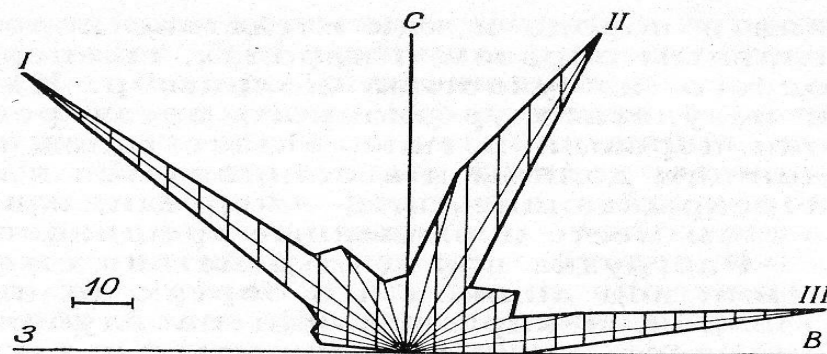


Рис. II-9. Роза трещин.
I—III — системы трещин: I — аз. пр. СЗ 320°;
II — аз. пр. СВ 20°; III — аз. пр. СВ 80°; 10 —
число измерений.

ТАБЛИЦА II-16

Примерное подразделение горных пород по степени водопроницаемости и трещиноватости

Характеристика горных пород	Коэффициент фильтрации, м/сут	Удельное водопоглощение, л/мин
Практически водоупорные, нетрещиноватые	<0,01	<0,005
Очень слабопроницаемые и слаботрещиноватые	0,01—0,1	0,005—0,05
Слабопроницаемые и слаботрещиноватые	0,1—10	0,05—5
Водопроницаемые, трещиноватые	10—30	5—15
Сильнопроницаемые, сильнотрещиноватые	30—100	15—50
Очень сильнопроницаемые и сильнотрещиноватые	>100	>50

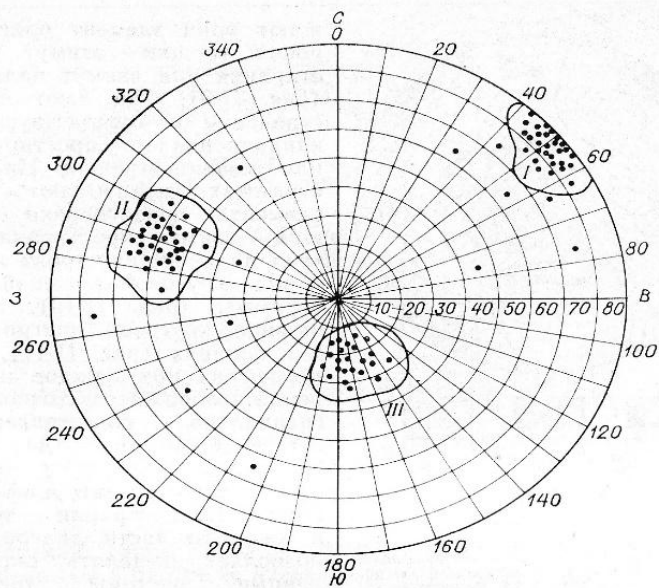


Рис. II-10. Диаграмма трещиноватости.

I—III — системы трещин: I — аз. пад. СВ 50°; L 80—90°; II — аз. пад. СЗ 290°; L 55—65°;
III — аз. пад. ЮВ 170°; L 15—30°.

Трещиноватость скальных и полускальных пород тесно связана со степенью их выветрелости

■ Оценка выветрелости и трещиноватости скальных и полускальных пород требует знания закономерностей процессов выветривания и тщательного полевого изучения массивов этих пород по естественным обнажениям и кернам скважин.

ТАБЛИЦА 11-18

Характеристика зоны выветривания горных пород на разных глубинах (по И. И. Гинзбургу)

Характер разрушения пород	Подзоны по преобладающим процессам	Окраска, текстурные особенности и физическое состояние	Особенности состава
Преимущественно химическое	Окисления и конечного гидролиза	Бурая, красная, обеленная, текстура часто бобовая, поздраватая, олитовая, землистая. Глинистая порода пластичная	Охры полуторных окислов железа, алюминия и других конечных продуктов выветривания, иногда галлузита и каолинита
	Конечного выщелачивания, развития гидролиза и слабого окисления (в бедных железом породах)	Пестрая, красноватая, пятнистая, зеленая. Заметны следы реликтовой текстуры. Глинистая порода пластичная	Накопление промежуточных продуктов выветривания — глинистых минералов и других минеральных образований в коллоидно-дисперсном состоянии. Неравномерное распределение гидроокислов. Каолинит (на гранитах), бейделлит, монтмориллонит (на основных породах)
	Конечной гидратации силикатов, развития выщелачивания, начала окисления (в богатых железом силикатах) и начала гидролиза	Пестрая, пятнистая, красноватая, зеленоватая и другая более светлая и яркая, чем у исходной породы. Сохранились текстурные черты исходной породы. Глинистая порода слабoplastичная	Накапливаются промежуточные продукты выветривания — глинистые минералы — гидрослюда, гидрохлориты, монтмориллониты, бейделлит, иногда карбонаты, опал
Преимущественно физическое	Гидратации силикатов и начала выщелачивания. Преобладание физического выветривания	Исходные породы, едва затронутые — главным образом процессами физического выветривания. Начальные продукты выветривания имеют цвет исходных пород	Начальные продукты выветривания и дезинтеграции — глыбы, щебенка, дресва

$$K_{\text{выветрелости}} = \rho_{\text{выветр.}} / \rho_{\text{исход.}}$$

Невыветрелые (монолитные)

$K_{\text{св}} = 1$. Породы залегают в виде сплошного монолита

Слабовыветрелые (трещиноватые)

$1 > K_{\text{св}} \geq 0,9$. Породы залегают в виде несмещенных отдельностей

Выветрелые

$0,9 > K_{\text{св}} \geq 0,8$. Породы залегают в виде скопления кусков, переходящего в трещиноватые разности

Сильновыветрелые (рухляки)

$K_{\text{св}} < 0,8$. Породы залегают в рассматриваемом объеме в виде отдельных кусков

Трещиноватость скальных и полускальных пород тесно связана со степенью их выветрелости

Т А Б Л И Ц А III-25

Классификация горных пород по степени уменьшения упругости в зависимости от выветрелости и трещиноватости (по С. Кудо)

Группа или зона пород	Характеристика пород	e_d/E_d		$(E_d - e_d)/E_d$
A	Породы невыветрелые, ненарушенные, почти без трещин	Очень хорошая	$>0,75$	$<0,25$
B	Породы слабовыветрелые и слаботрещиноватые	Хорошая	$0,5—0,75$	$0,25—0,50$
C	Породы выветрелые с поверхности, трещиноватые. Трещины частично заполнены незначительным количеством глинистого материала	Достаточная	$0,35—0,50$	$0,50—0,65$
D	Породы значительно выветрелые, с открытыми трещинами, которые содержат глинистый материал	Недостаточная	$0,20—0,35$	$0,65—0,80$
E	Породы целиком выветрелые, сильнотрещиноватые	Плохая	$<0,20$	$>0,80$

e_d – модуль упругости по образцу

E_d – модуль упругости в массиве

Модуль упругости

- (модуль Юнга) коэффициент пропорциональности между вертикальным давлением на грунт и относительной вертикальной деформацией грунта. Определяется по опытам на сжатие при разгрузке первоначально уплотненного образца.

Механические свойства скальных и полускальных пород

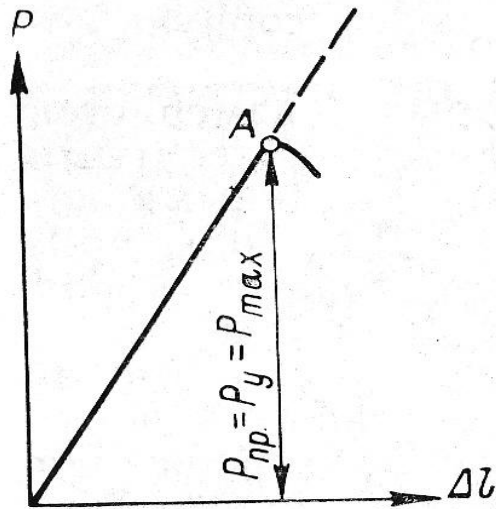


Рис. III-8. Диаграмма результатов испытаний скальных пород на сжатие.

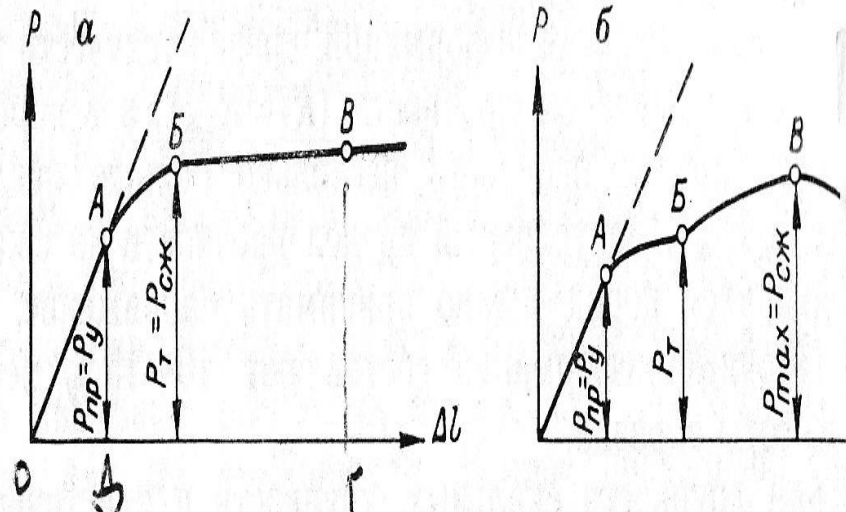


Рис. III-9. Диаграммы результатов испытаний полускальных сжатие.
а — породы неупрочняющиеся; б — породы упрочняющиеся.

Принципиальные различия в деформационном поведении скальных и полускальных пород!

Обязательно зарисовать в тетрадь!

Виды разрушения скальных и полускальных пород в зависимости от физического состояния

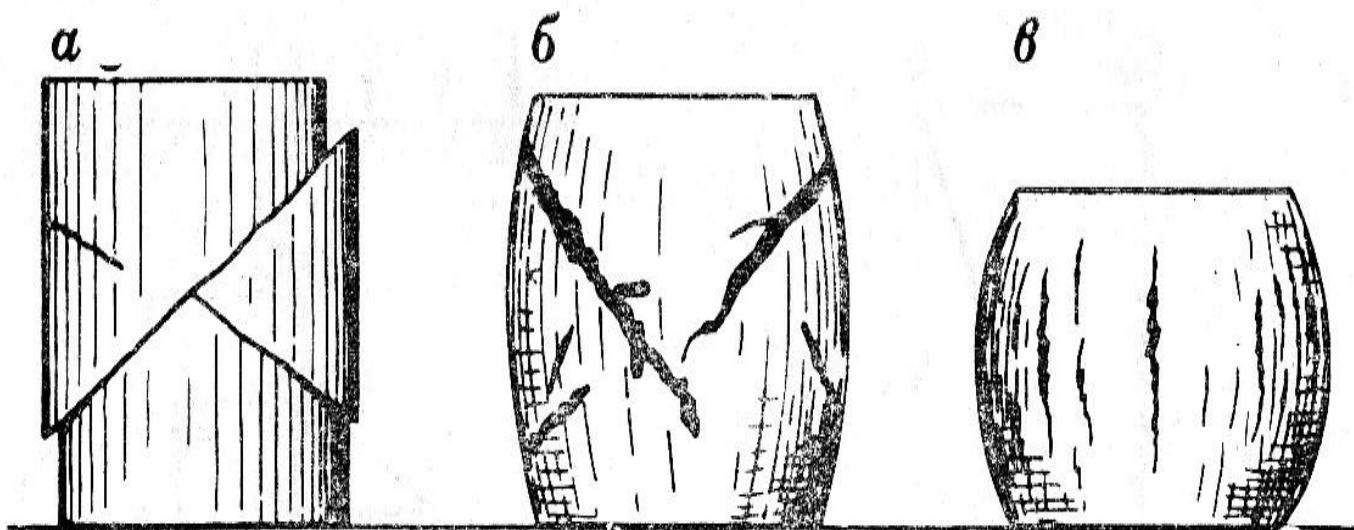


Рис. III-10. Виды разрушения скальных и полускальных горных пород.
а — хрупкий; б — хрупкопластический; в — пластический.

Зарисовать в тетрадь!

Упругие свойства скальных и полускальных пород могут быть представлены модулем упругости и коэффициентом поперечной деформации или коэффициентом бокового давления

Т А Б Л И Ц А III-11

Значения характеристик упругих свойств скальных и полускальных горных пород

Породы	Модуль упругости, 10^3 МПа	Коэффициент поперечной деформации
Гранит	30—68	0,15—0,30
Сиенит	50—88	0,14—0,26
Габбро	60—125	0,11—0,38
Диабаз	80—110	1,26—0,38
Базальт	20—100	0,20—0,23
Мрамор	35—97	0,15—0,27
Кварцит	50—85	0,13—0,26
Гранито-гнейс	17—50	0,20—0,32
Доломит	30—80	0,25—0,27
Известняк плотный	25—75	0,25—0,33
Известняк слабый	7—15	0,30—0,35
Мергель	15—46	0,30—0,40
Песчаник плотный	30—72,5	0,15—0,25
Песчаник слабый	6—20	0,20—0,30

Записать основные формулы!

Закон Гука

$$\sigma = E \times \Delta l / l$$

Коэффициент Пуассона

$$\mu = \varepsilon_x / \varepsilon_z$$

Коэффициент бокового давления

$$\xi = P_\sigma / P$$

Различные показатели прочности скальных и полускальных пород

ТАБЛИЦА III-8
Временное сопротивление сжатию наиболее распространенных типов скальных и полускальных горных пород

Породы	$R_{сж}$, МПа	Породы	$R_{сж}$, МПа
Магматические		Метаморфические	
Гранит	100—230	Мрамор	60—140
Сиенит	100—200	Кварцит	160—400
Гранодиорит	110—250	Гнейс	80—220
Диорит	110—260	Гнейсо-гранит	80—220
Габбро	100—300	Кристаллический сланец	20—160
Кварцевый порфир	110—220	Осадочные	
Липарит	90—180	Доломит	15—200
Порфир	100—220	Известняк крепкий	60—200
Трахит	50—150	Известняк слабый	7—50
Кварцевый порфирит	100—200	Мергель	0,5—10
Дацит	80—170	Мел	0,5—15
Порфирит	120—240	Песчаник крепкий	50—180
Андезит	30—150	Песчаник слабый	1,5—50
Диабаз	110—330	Алевролит	8—80
Базальт	80—240	Аргиллит	0,5—50
Вулканический туф	3—80	Глины уплотненные и аргиллитоподобные	0,5—3

ТАБЛИЦА III-9
Данные о прочности некоторых типов горных пород на скалывание, разрыв и изгиб

Породы	Сопротивление, МПа		
	скалыванию	растяжению	изгибу
Гранит	60—80	4—5	10—24
Сиенит	—	3—5	4—20
Диорит	—	4—6	—
Габбро	—	5—6	18—26
Диабаз	65—230	5	—
Кварцит	40—160	4—6	13—22
Гнейс	40—160	4—5	6—12
Мрамор	18—130	5	7—20
Известняк крепкий	10—130	5	5—20
Песчаник крепкий	20—75	2—6	1,5—21,5

Рассмотрение механических свойств скальных и полускальных пород всегда связано с их напряжённым состоянием.

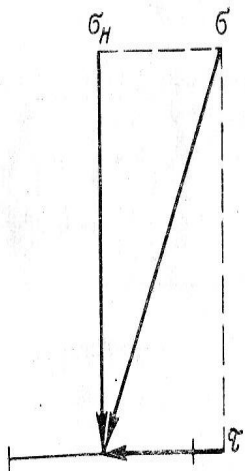


Рис. III-11. Общее, нормальное и касательное напряжения на произвольно выбранной площадке — сечении внутри породы.

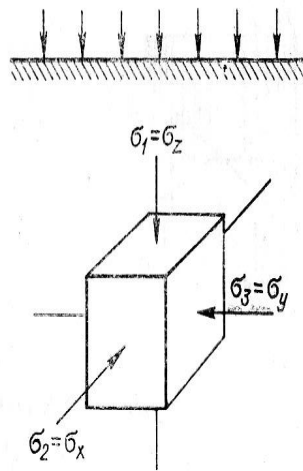


Рис. III-12. Элементарный объем породы, на который действуют только нормальные напряжения, а касательные отсутствуют.

Зарисовать!

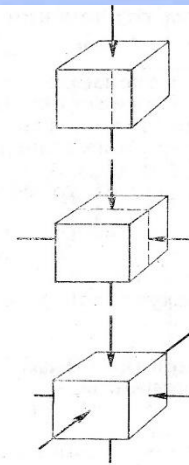


Рис. III-13. Одноосное, двухосное и трехосное напряженное состояние породы.

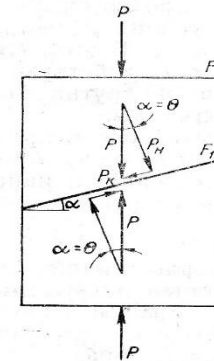


Рис. III-14. Действие нормальной и касательной составляющих силы P на поверхность произвольно выбранного сечения F .

На рис. III-14 видно, что если на поверхность горизонтального сечения какого-то объема горных пород площадью F действует равномерно распределенная нагрузка P , то нормальное в этом сечении напряжение σ_n является одновременно главным и равно

$$\sigma_n = \sigma_1 = P/F.$$

Площадь любого другого сечения, наклонного к горизонту под углом α , равна

$$F_1 = F/\cos \alpha,$$

а составляющие силы P , ориентированные нормально и по касательной к этому сечению, соответственно равны

$$P_n = P \cos \alpha; P_k = P \sin \alpha,$$

тогда нормальные и касательные напряжения при рассматриваемом одноосном напряженном состоянии равны

$$\sigma_n = \frac{P_n}{F_1} = \frac{P \cos \alpha \cos \alpha}{F} = \sigma_1 \cos^2 \alpha = \frac{1}{2} \sigma_1 (1 + \cos 2\alpha);$$

$$\cos^2 \alpha = \frac{1}{2} (1 + \cos 2\alpha)$$

$$\tau = \frac{P_k}{F_1} = \frac{P \sin \alpha \cos \alpha}{F} = \sigma_1 \sin \alpha \cos \alpha = \frac{1}{2} \sigma_1 \sin 2\alpha.$$

$$\sin \alpha \cdot \cos \alpha = \frac{1}{2} \sin 2\alpha$$

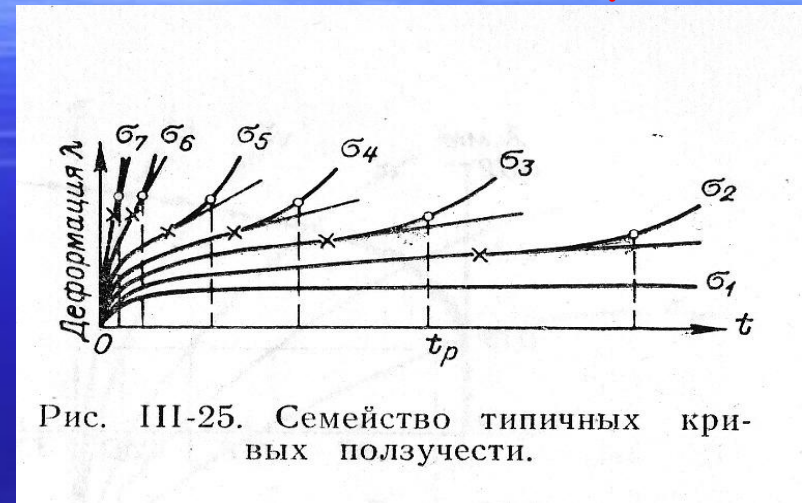
В сложном напряжённом состоянии в скальных и полускальных породах должны учитываться различные виды деформаций

ТАБЛИЦА III-10
Деформации скальных и полускальных горных пород

Группа пород	Деформации	Развитие во времени	Характер деформаций
Скальные	★ Обратимые	Мгновенные Развивающиеся во времени	Упругие. Весьма характерны в обычных условиях Упруговязкие. Развиваются в особых геологических условиях в течение геологических эпох, периодов
	★ Необратимые	Мгновенные Развивающиеся во времени	Пластические — остаточные. Возникают, когда усилия превышают прочность породы Вязкопластические. Развиваются так же, как и упруговязкие
Полускальные	★ Обратимые	Мгновенные Развивающиеся во времени	Упругие. Характерны для большинства полускальных пород Упруговязкие. Характерны для многих полускальных пород, развиваются в обычных условиях в течение месяцев, лет, десятков лет, т. е. во времени, соизмеримом со строительством и эксплуатацией сооружений
	★ Необратимые	Мгновенные Развивающиеся во времени	Пластические (остаточные). Возникают, когда усилия превышают предел упругости или прочность пород Вязкопластические. Развиваются так же, как и упруговязкие

У пород полускальных ярко проявляются **реологические свойства**, т. е. способность деформироваться во времени при постоянной нагрузке или снижать напряжения при деформировании с постоянной скоростью (крип и релаксация)

$$\lambda = \lambda_{\text{усл. мгн.}} + \lambda(t)$$



Динамика развития деформаций горных пород во времени под влиянием постоянной нагрузки характеризуется несколькими стадиями:



1. Начальная упругих или упругих и пластических деформаций, протекающая быстро, условно мгновенно, возникающая сразу после приложения нагрузки (0 – 1);
2. Неустановившаяся, затухающая ползучесть, проявляющаяся в нарастании деформации с уменьшающейся скоростью (1 – 2);
3. Установившаяся ползучесть – пластическо-вязкое течение, когда скорость нарастания деформации достигает минимального значения и становится постоянной (2 – 3);
4. Прогрессирующая или разрушающая ползучесть, когда нарастание деформации приобретает характер прогрессирующего течения со всё возрастающей скоростью и характеризует разрушение породы (3 – 4).



Характеристика и оценка скальных и полускальных грунтов по ГОСТ 25100 - 12

ГОСТ 25100—95

ПРИЛОЖЕНИЕ А

(обязательное)

Термины и определения

Грунт — горные породы, почвы, техногенные образования, представляющие собой многокомпонентную и многообразную геологическую систему и являющиеся объектом инженерно-хозяйственной деятельности человека.

Грунты могут служить:

- 1) материалом оснований зданий и сооружений;
- 2) средой для размещения в них сооружений;
- 3) материалом самого сооружения.

Грунт скальный — грунт, состоящий из кристаллитов одного или нескольких минералов, имеющих жесткие структурные связи кристаллизационного типа.

Грунт полускальный — грунт, состоящий из одного или нескольких минералов, имеющих жесткие структурные связи цементационного типа

Условная граница между скальными и полускальными грунтами принимается по прочности на одноосное сжатие ($R_c \geq 5$ МПа — скальные грунты, $R_c < 5$ МПа — полускальные грунты)

Грунт дисперсный — грунт, состоящий из отдельных минеральных частиц (зерен) разного размера, слабо связанных друг с другом; образуется в результате выветривания скальных грунтов с последующей транспортировкой продуктов выветривания водным или золовым путем и их отложения.

Структура грунта — пространственная организация компонентов грунта, характеризующаяся совокупностью морфологических (размер, форма частиц, их количественное соотношение), геометрических (пространственная композиция структурных элементов) и энергетических признаков (тип структурных связей и общая энергия структуры) и определяющаяся составом, количественным соотношением и взаимодействием компонентов грунта.

Текстура грунта — пространственное расположение слагающих грунт элементов (слоистость, трещиноватость и др).

Состав грунта вещественный — категория, характеризующая химико-минеральный состав твердых, жидких и газовых компонентов.

Строительная классификация ГОСТ 25100 – 97 выделяет скальные и полускальные грунты только на основе различения структурных связей, что противоречит рассмотренным выше положениям!

Т а б л и ц а 1 — Класс природных скальных грунтов.

Класс	Группа	Подгруппа	Тип	Вид	Разновидности	
1	2	3	4	5	6	
Скальные (с жесткими структурными связями — кристаллизационными и цементационными)	Скальные	Магматические	Силикатные	Интрузивные	Перидотиты, дуниты, пироксениты	Выделяются по: 1 пределу прочности на одноосное сжатие в водонасыщенном состоянии; 2 плотности скелета грунта; 3 коэффициенту выветрелости; 4 степени размягчаемости; 5 степени растворимости; 6 степени водопроницаемости; 7 степени засоленности; 8 структуре и текстуре; 9 температуре
				Основного состава	Габбро, нориты, анортозиты, диабазы, диабазовые норфириты, долериты	
				Среднего состава	Диориты, сиениты, норфириты, ортоклазовые норфириты	
				Кислого состава	Граниты, гранодиориты кварцевые, сиениты, диориты, кварцевые норфириты, кварцевые норфириты	
		Эффузивные	Основного состава	Базальты, долериты		

Обратить внимание и запомнить!



Согласно ГОСТ 25100 из группы эффузивных пород к полускальным грунтам относятся только вулканогенно-обломочные породы!

9 Окончание таблицы 1

1	2	3	4	5	6
	Полускальные	Эффузивные	Силикатные	Вулканогенно-обломочные грунты*	
		Осадочные	Силикатные	Аргиллиты, алевролиты, песчаники	
			Кремнистые	Опоки, трепела, диатомиты	
			Карбонатные	Мела, мергели, известняки*	
			Сульфатные	Гипсы, ангидриты	
			Галоидные	Галиты, карнолиты	

* Грунты одного вида, отличающиеся по значению прочности на одноосное сжатие.

Критерием различения скальных и полускальных грунтов по ГОСТ 25100 является только показатель временного сопротивления сжатию!

Скальные

$R_{сж} > 5 \text{ МПа}$

Полускальные

$R_{сж} < 5 \text{ МПа}$

В рассмотренной выше классификации истинно скальные породы характеризуются

$R_{сж} > 50 \text{ МПа}$

ГОСТ 25100—95

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

(обязательное)

Разновидности грунтов

1 Класс природных скальных грунтов

1.1 По пределу прочности на одноосное сжатие R_c в водонасыщенном состоянии грунты подразделяют согласно таблице Б.1.

Т а б л и ц а Б.1

Разновидность грунтов	Предел прочности на одноосное сжатие R_c , МПа
Очень прочный	Св. 120
Прочный	От 120 до 50 включ.
Средней прочности	Менее 50 » 15 »
Малопрочный	» 15 » 5 »
Пониженной прочности	» 5 » 3 »
Низкой прочности	» 3 » 1 »
Очень низкой прочности	» 1

1.2 По плотности сухого грунта ρ_d грунты подразделяют согласно таблице Б.2.

Т а б л и ц а Б.2

Разновидность грунтов	Плотность сухого грунта ρ_d , г/см ³
Очень плотный	Св. 2,50
Плотный	От 2,50 до 2,10 включ.
Рыхлый	Менее 2,10 » 1,20 »
Очень рыхлый	» 1,20

1.3 По коэффициенту выветрелости K_{wr} грунты подразделяют согласно таблице Б.3.

В ГОСТ 25100 разновидности скальных грунтов выделяются на основе произвольного отбора частных признаков!

ГОСТ 25100—95

Таблица Б.3

Разновидность грунтов	Коэффициент выветрелости K_{wr} , д. с.
Невыветрелый	1
Слабовыветрелый	Менее 1 до 0,90 включ.
Выветрелый	» 0,90 » 0,80 »
Сильновыветрелый	» 0,80

1.4 По коэффициенту размягчаемости в воде K_{sof} грунты подразделяют согласно таблице Б.4.

Таблица Б.4

Разновидность грунтов	Коэффициент размягчаемости в воде K_{sof} , д. с.
Неразмягчаемый	$\geq 0,75$
Размягчаемый	$< 0,75$

1.5 По степени растворимости в воде грунты подразделяют согласно таблице Б.5.

Таблица Б.5

Разновидность грунтов	Количество воднорастворимых солей q_{sr} , г/л
Нерастворимый	Менее 0,01
Труднорастворимый	От 0,01 до 1 включ.
Среднерастворимый	Св. 1 » 10 »
Легкорастворимый	» 10

1.6* По степени водопроницаемости грунты подразделяют согласно таблице Б.6.

* Применяется также и для класса дисперсных грунтов.

ГОСТ 25100—95

Таблица Б.6

Разновидность грунтов	Коэффициент фильтрации K_f , м/сут
Неводопроницаемый	Менее 0,005
Слабоводопроницаемый	От 0,005 до 0,30 включ.
Водопроницаемый	Св. 0,30 » 3 »
Сильноводопроницаемый	» 3 » 30 »
Очень сильноводопроницаемый	» 30

1.7 По степени засоленности D_{sat} грунты подразделяют согласно таблице Б.7.

Таблица Б.7

Разновидность грунтов	Количество воднорастворимых солей D_{sat} , %
Незасоленный	≤ 2
Засоленный	> 2

1.8 По структуре и текстуре грунты подразделяют согласно таблице Б.8.

Таблица Б.8

Подгруппа грунтов		Структура	Текстура
Магматические	Интрузивные	Мелко-, средне- и крупнокристаллическая	Массивная, порфировая, миндалекаменная
	Эффузивные	Стекловатая, неполнокристаллическая	
Метаморфические		Такая же, как у магматических грунтов	Гнейсовая, сланцеватая, слоистосланцеватая, тонкослоистая, полосчатая, массивная и др.
Осадочные		Мелко-, средне- и крупнокристаллическая	Массивная, слоистая