

Инженерная геология



«наука о земле» («гео» - земля, «логос» - наука).

Геоло́гия (от др.-греч. γῆ «Земля» + Λόγος «учение, наука») — совокупность наук о строении Земли, её происхождении и развитии, основанных на изучении геологических процессов, вещественного состава, структуры земной коры и литосферы всеми доступными методами с привлечением данных других наук и дисциплин^{[1][2]}. Коротко геологию можно определить как науку о составе, строении и закономерностях развития Земли и изучение её поверхности

Палеонтология- развитие органического мира Земли в геологическом прошлом

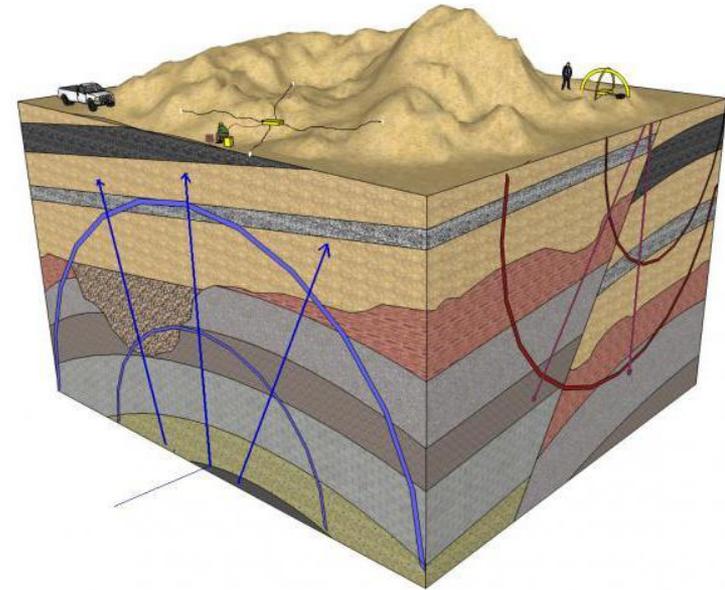


Геоморфология – изучает формирование рельефа Земной поверхности



Минералогия – наука о минералах, их составе, физических свойствах и процессах образования.

Геофизика – использует для изучения строения земной коры различных физических свойств горных пород (электрические, упругие, магнитные).



Геотектоника – наука о закономерностях строения и движения земной коры и порождающих их процессов



Инженерная геология – наука, изучающая геологические процессы верхних слоев земной коры и физико-механические свойства горных пород в связи с инженерно-строительной деятельностью человека

Механика
грунтов

Основания и
фундаменты

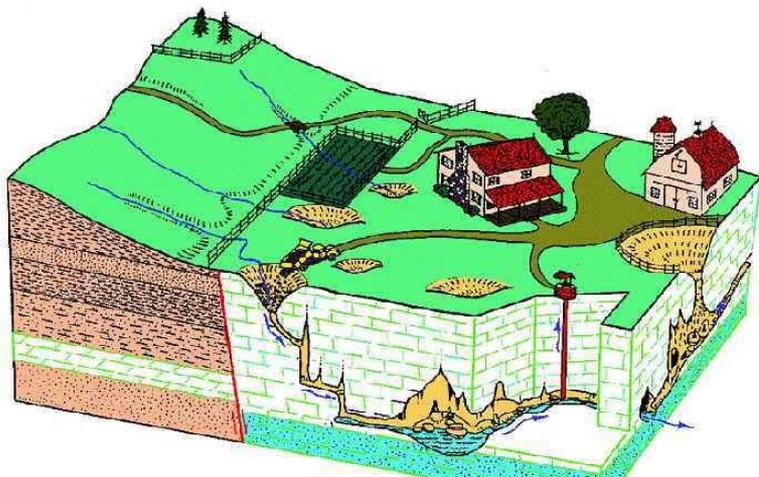


Инженерная геология

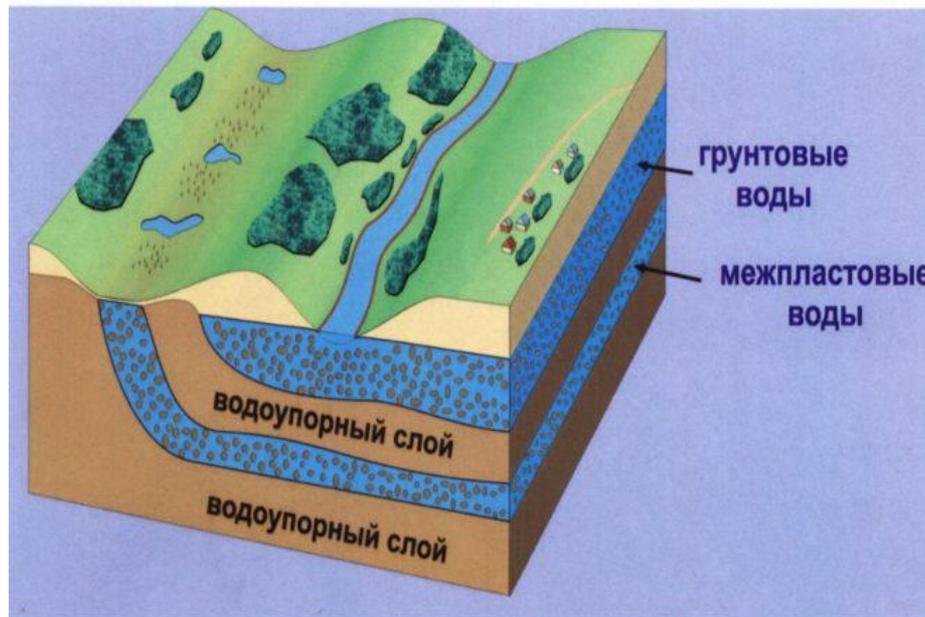
Грунтоведение



Инженерно-геологические



гидрогеологи
ПОДЗЕМНЫЕ ВОДЫ



Основными задачами инженерной геологии являются:

- изучение горных пород как грунтов основания, среды для размещения сооружений и строительного материала для различных сооружений;
- изучение геологических процессов, влияющих на инженерную оценку территории, выяснение причин, обуславливающих возникновение и развитие процессов;
- разработка мероприятий по обеспечению устойчивости сооружений и защите их от вредного влияния различных геологических явлений.

Предмет изучения инженерной геологии – знания о морфологии, динамике и региональных особенностях верхних горизонтов земной коры (литосферы) и их взаимодействии с инженерными сооружениями (элементами техносферы) в связи с осуществленной, текущей или планируемой инженерно-хозяйственной деятельностью человека







ИНЖЕНЕРНЫЕ ИЗЫСКАНИЯ

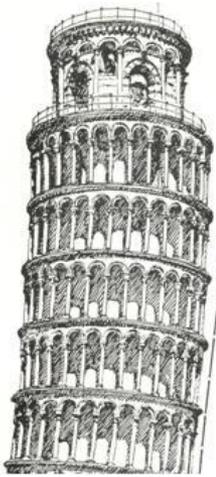
- инженерно-геодезические,
- инженерно-геологические
- инженерно-геотехнические,
- инженерно-гидрометеорологические
- инженерно-экологические

СП 47.13330.2016 Инженерные изыскания для строительства.

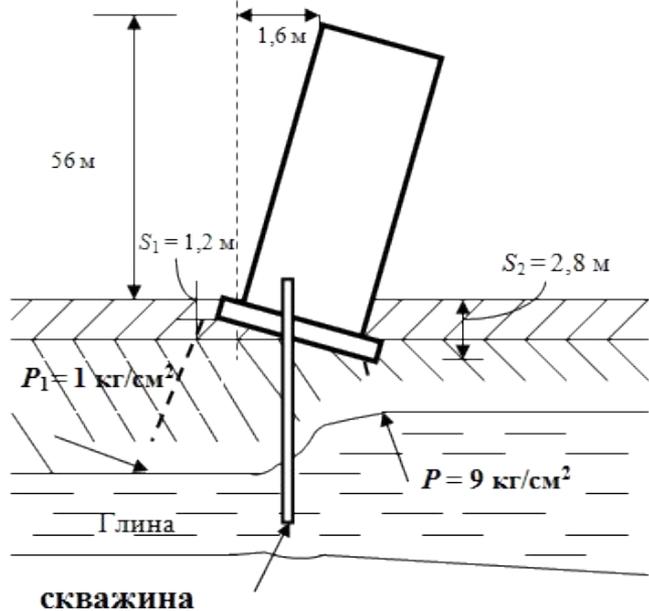
Геологическая среда – грунты, процессы



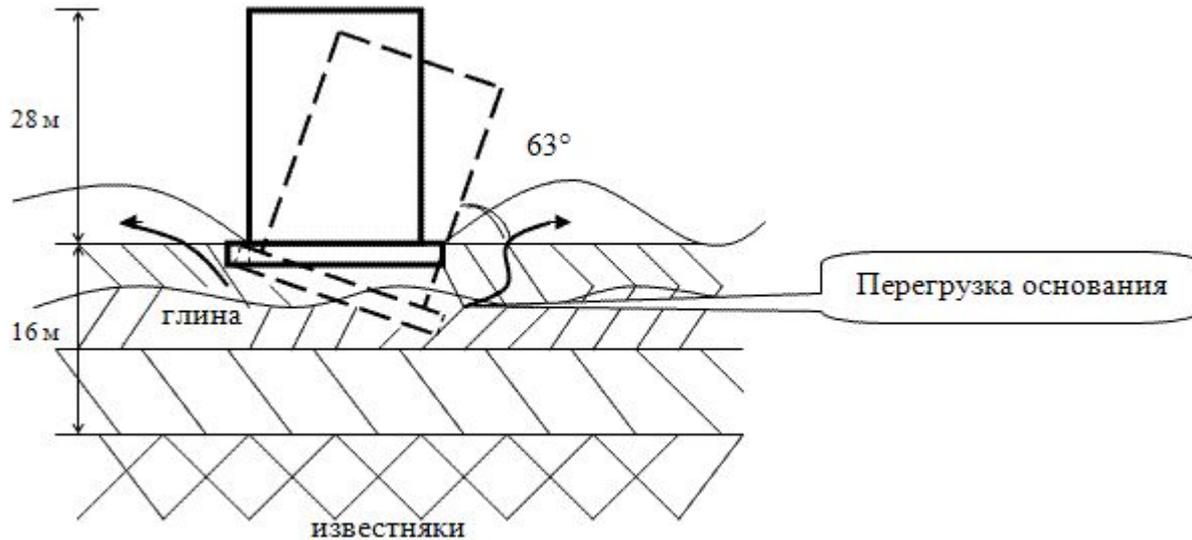
Примеры строительных ошибок



Пизанская башня



Авария Трансконского элеватора в Канаде



Оценка инженерно-геологических условий, состав инженерно-геологических

изысканий

сбор, изучение и обобщение архивных материалов изысканий на изучаемой площадке

выявление гидрогеологического режима, химического состава подземных вод и фильтрационных характеристик грунтов;

исследование геологического строения площадки

исследование закономерностей и факторов развития опасных геологических и инженерно-геологических процессов в пространстве и во времени;

исследования физико-механических свойств грунтов

составление прогноза изменений на площадке инженерно-геологических условий в связи со строительством и возможных опасных геологических и инженерно-геологических процессов

оценка геологического риска социальных и экономических потерь, обусловленных развитием карстово-суффозионных, оползневых и других опасных геологических и инженерно-геологических процессов

Технический отчет по результатам инженерно-геологических изысканий

Характеристику проектируемого здания или сооружения, в том числе ожидаемых техногенных воздействий на окружающую среду

сведения об архивных материалах изысканий Изученность инженерно-геологических условий

геолого-геоморфологическое описание площадки

Характеристика гидрогеологических условий

Сведения об опасных геологических и инженерно-геологических процессах, закономерностях, факторах и механизме их развития, интенсивности и частоте (вероятности) проявления

прогноз развития опасных геологических и инженерно-геологических процессов при строительстве и эксплуатации зданий и сооружений

характеристику структуры, состава и физико-механических свойств грунтов, наличие специфических грунтов

Характеристику экологической обстановки





эколого-гидрогеологические ИЗЫСКАНИЯ

Задачи изысканий

оценка существующей на момент строительства ситуации с подтоплением территории

прогноза изменения гидрогеологических условий в период строительства сооружения (оценки водопритоков в строительный котлован, влияния строительного дренажа, загрязнения пород зоны аэрации и подземных вод)

прогноз изменений гидрогеологических условий в период эксплуатации сооружения (влияние дренажей, подтопление, загрязнение подземных вод)

Состав изысканий

описание геологического строения, геоморфологии и гидрогеологических условий участка (площадки, трассы и т. д.) разработки проекта строительства, реконструкции

оценка современного экологического состояния подземной гидросферы

оценка геологических рисков
прогнозы изменения режима подземных вод



Гидрогеологические условия

наличие водоносных горизонтов, которые могут испытывать негативное влияние в процессе строительства и эксплуатации объекта

условия залегания, распространения и естественную защищенность этих горизонтов

состав, фильтрационные и сорбционные свойства грунтов зоны аэрации и водовмещающих пород

Наличие верховодки, глубину залегания первого от поверхности водоупора



возможность влияния техногенных факторов на изменение гидрогеологических условий

Закономерности движения грунтовых вод, условия их питания и разгрузки, режим



химический состав грунтовых вод, их загрязненность вредными компонентами и возможность влияния на условия проживания населения

Инженерно-геологическая документация

Итогом геологических изысканий являются геологические документы:
карты,
разрезы,
геологические отчеты.

Инженерно-геологический разрез представляет собой графическое отображение на вертикальной плоскости особенностей геологического строения по заданному направлению. Он строится по данным буровых работ, геолого-литологическим колонкам скважин, когда ряд буровых скважин на топографической или геологической карте объединяется линией и по этой линии выстраивается геологический профиль (разрез).

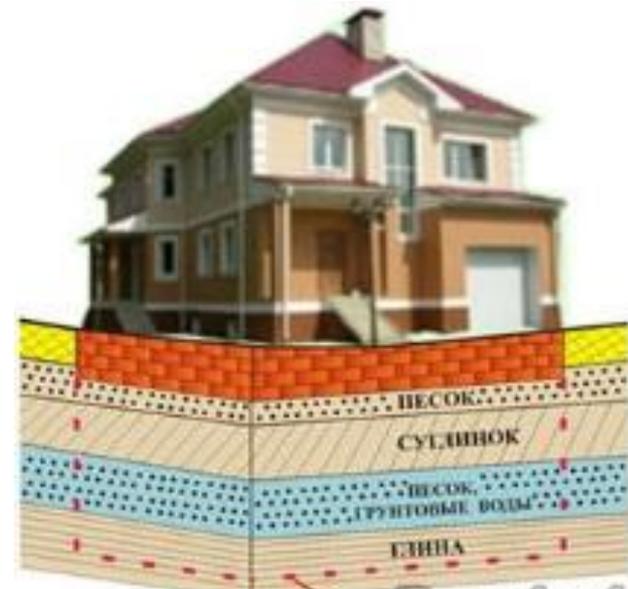
Инженерно-геологические разрезы служат для характеристики геологического строения местности, залегания подземных вод и вписывания строительных объектов в местность (например, подпорных стенок, причальных портовых сооружений, плотин гидроузлов и др.).

Инженерно-геологические условия

Инженерно-геологические условия — комплекс современных геологических особенностей, определяющих условия инженерных изысканий, строительства и эксплуатации инженерных сооружений или условия инженерно-хозяйственной деятельности человека в целом.

Задачи инженерно-геологических изысканий

- Выбор места, наиболее благоприятного в геологическом, отношении для данного сооружения
- Выявление инженерно-геологических условий в целях выбора наиболее рациональных фундаментов, а также технологический процесс выполнения строительных работ.
- Рекомендации необходимых мероприятий по инженерному улучшению выбранной территории (это: замачивание грунтов, крепление, мелиорация и т.д).



Геологическая карта с железными дорогами РОССИИ

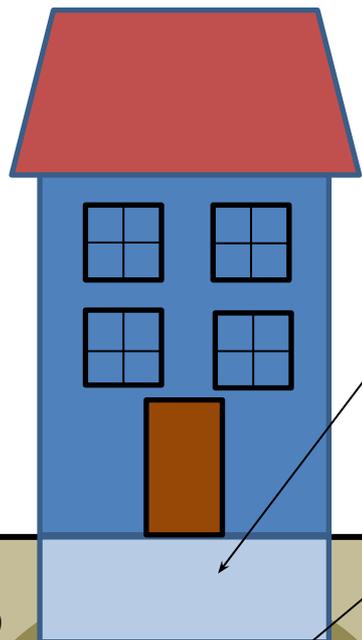


Основные понятия

Фундамент – подземная часть сооружения, принимающая нагрузку

Основание – область грунта, воспринимающая давление от сооружения

Несущий слой грунта – слой грунта под подошвой фундамента

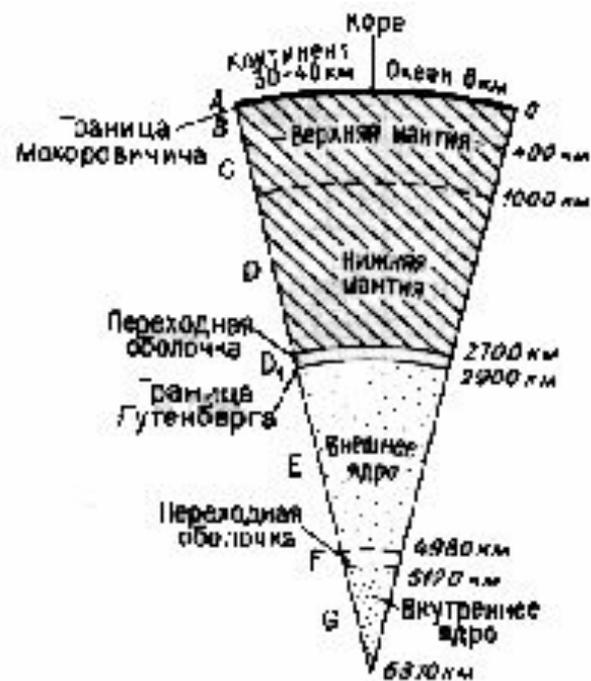
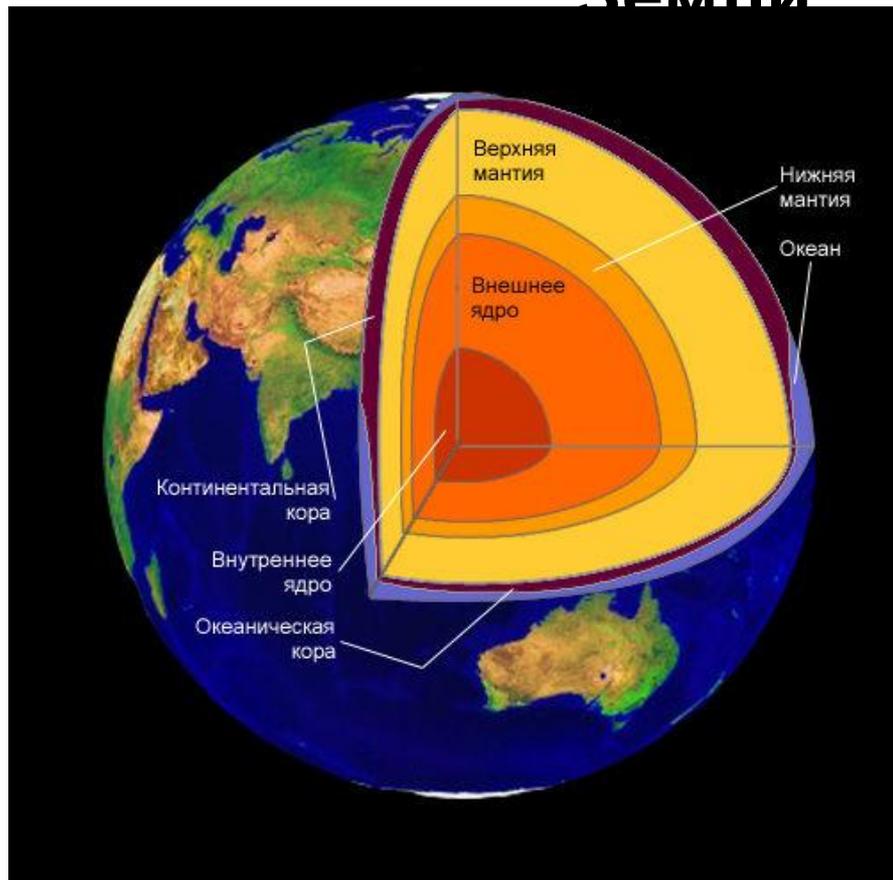


грунты

песок
к супес
ь глин
а глин
а

Подошва
фундамента

Строение Земли



Минералы

Классификационная группа	Распространение в земной коре	Основные минералы
1. Самородные элементы	Около 90 минералов - 0,1% массы земной коры	Золото, платина, серебро - драгоценные металлы, медь - цветной металл, алмаз - драгоценный камень, графит, сера, мышьяк
2. Сульфиды	Около 200 минералов - 0,25 % массы земной коры	Сфалерит - цинковая руда, галенит - свинцовая руда, халькопирит - медная руда, пирит - сырье для химической промышленности, киноварь - ртутная руда
3. Сульфаты	Около 260 минералов, ~ 0,1% массы земной коры	Гипс, ангидрит, барит - цементное сырье, поделочный камень и др.
4. Галлоиды	Около 100 минералов	Галит - каменная соль, сильвин - калийное удобрение, флюорит - фторид
5. Фосфаты	Около 350 минералов - 0,7% массы земной коры	Фосфорит - удобрение
6. Карбонаты	Около 80 минералов, ~ 1,8% массы земной коры	Кальцит, арагонит, доломит - строительный камень; сидерит, родохрозит - руды железа и марганца
7. Окислы	Около 200 минералов, ~ 17% массы земной коры	Вода, лед; кварц, халцедон, яшма, опал, кремний, корунд - драгоценные и полудрагоценные камни; бокситовые минералы - руды алюминия, минералы руд железа, олова, марганца, хрома и др.
8. Силикаты	Около 800 минералов, ~ 80% земной коры	Пироксены, амфиболы, полевые шпаты, слюды, серпентин, глинистые минералы - основные породообразующие минералы; гранаты, оливин, топаз, адуляр, амазонит - драгоценные и полудрагоценные камни

Самородные элементы



графит



алмаз



сульфиды

ЗОЛОТ



Минералы



Полевые шпаты



лабрадо
р



Альби



микрокли
н



ортокла
з

Шкала твердости



СЛЮДЫ



БИОТИ
Т



МУСКОВИ
Т

Таблица 1 . Важнейшие минералы магматических горных пород

Группа минералов	Наименование минерала	Химический состав	Содержание SiO ₂ , %	Плотность, г/см ³	Твердость	Отношение к выветриванию
Кварц	Кварц	SiO ₂	100	2,65	7	Не выветривается
Полевые шпаты	Ортоклаз	K ₂ O·Al ₂ O ₃ ·6SiO ₂	64,8	2,56	6	Выветриваются легче остальных минералов, превращаясь в каолинит
	Плагиоклазы: альбит	Na ₂ O·Al ₂ O ₃ ·6SiO ₂	68,7	2,62	6	
	олигоклаз	Изоморфная смесь Na ₂ O·Al ₂ O ₃ ·6 SiO ₂ и CaO·Al ₂ O ₃ ·2 SiO ₂	-	-	6	
	андезин		-	-	6	
	лабрадор		-	-	6	
	битовнит		-	-	6	
	анортит	CaO·Al ₂ O ₃ ·2 SiO ₂	43,2	2,76	6	
Слюды	Мусковит	Калиевая слюда	56	2,75	2-2,5	Мусковит выветривается труднее биотита
	Биотит	Железomagнези- альная слюда	32	3,2	2-2,5	
Темноокрашенные минералы	Авгит	Силикаты и алю-минаты кальция магния и железа	Около 40	3,0-3,6	6	Выветриваются труднее полевых шпатов
	Роговая обманка					
	Оливин					

Горные породы

природные агрегаты минералов более или менее постоянного состава и строения, образующие самостоятельные геологические тела.

Структура – строение
породы

Текстура – сложение
породы

Минералогический
состав

МАГМАТИЧЕСКИЕ ГОРНЫЕ ПОРОДЫ

Содержание SiO_2	Кислые SiO_2 78-64%	Средние SiO_2 64-53%	Основные SiO_2 53-45%	Ультраосновные SiO_2 30-45%	Характерные	
					структуры	Текстуры
интрузивные	Гранит, гранодиорит, гранитный пегматит, аплит, гранит-порфир	Диорит, сиенит, диорит-порфир, сиенит-порфир,	Габбро, лабрадорит, пироксенит, долерит	Перидотиты, дунит	от мелко- до крупнокристаллических; полнокристаллические; равномернозернистые, иногда порфировидные, пегматитовые	плотные; массивные пятнистые
Эффузивные	риолит, дацит, пемза, перлит, обсидиан	Андезит, трахит	базальт	пикрит	от афанитовых до среднекристаллических; полно- и неполнокристаллические, стекловатые; порфировые	пористые, реже плотные; пузыристые флюидальные миндалекаменные; массивные полосчатые
Минеральный состав						
Светлые минералы	кварц 25-40% КПШ 20-35% кислый плагиоклаз 25-35%	КПШ 60-80% средний, кислый плагиоклаз, редко кварц, нефелин	основной плагиоклаз			
Цветные минералы	биотит, роговая обманка 3-10%	роговая обманка, биотит, пироксены	пироксены 35-65% иногда оливин, роговая обманка	оливин 40-90% пироксены 10-60%, редко роговая обманка		

Магматические горные породы

Интрузивны

е



границы

т

Эффузивны

е



лабрадорит

т



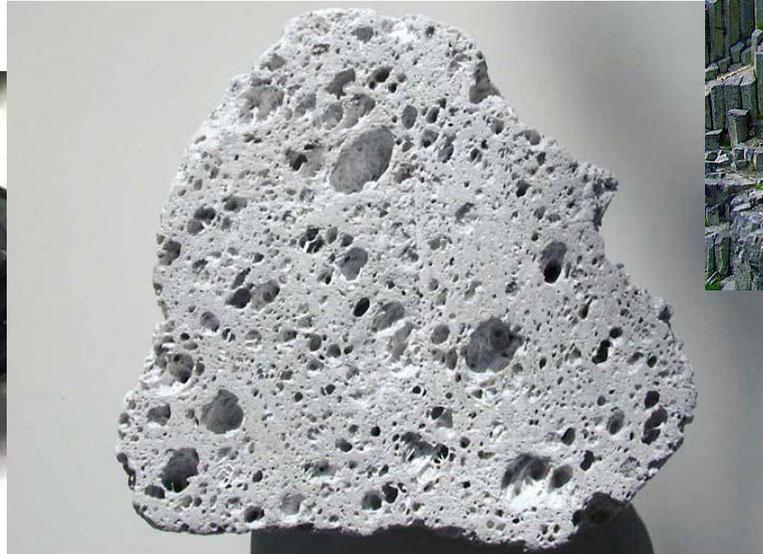
Габбро

о



базальт

т



Применение гранита



М.Сокол

Строительство, облицовочный материал бутовый камень для фундаментов, заборов и опорных стен) или кладочного материала (брусчатка, брекчия



Укладка гранитного пола в московском метрополитене



Гранитный пегматит

Пигматос (греческий) –крепкая связь



Состав : взаимопроращение кварца и полевого шпата

Структура: полнокристаллическая
пегматитовая (письменный гранит, еврейский камень)

Текстура :

Практическое значение. Собственно горная порода «пегматит» (письменный гранит) используется как недорогой поделочный камень.

Пегматитовые жилы гранитного состава являются основным источником полевых шпатов, используемых в керамической и стекольной промышленности.

Слюды и пьезокварц применяются в электротехнической промышленности.

Важнейший источник редких металлов: Li, Ta, Be, Cs, Rb, в меньшей степени - Sn, Nb.

Ряд минералов образуют в пегматитах и их экзоконтактах скопления с ювелирным качеством сырья: сподумен (кунцит), берилл (много разновидностей, включая изумруд), хризоберилл (александрит), топаз, гранат и ряд других, которые используются как драгоценные камни.

Габбро



Свойства

Относительная плотность - от 2750 кг/м³ до 3250 кг/м³

пористость – от 0,15% до 2,5%

водопоглощение – от 0,03% до 0,8% по массе,

сопротивление сжатию – от 85 МПа до 350 МПа,

истираемость – от 0,05 г/см² до 0,6 г/см²....

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ.

Строительный облицовочный камень

Щебень, дорожный камень

Габбро иногда содержат скопления рудных минералов и в этих случаях могут использоваться как руды меди, никеля и титана.



ЛАБРАДОРИТ



Плотность- 2700-2860 кг/м³,
прочность на сжатие от 40 до 162 МПа.
Высокая износостойкость – его
истираемость составляет порядка 0,5
г/м³. Водопоглощение – не более 0,21.

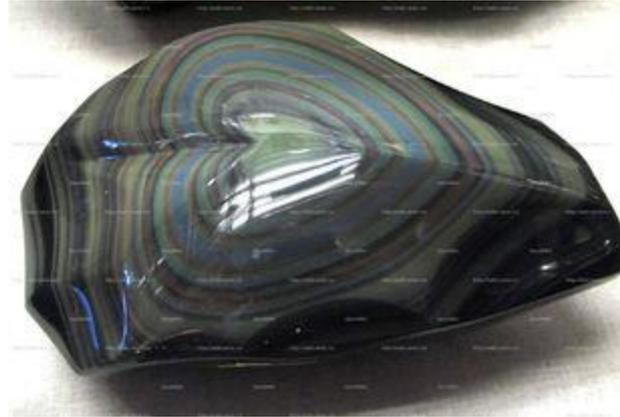


высококачественный облицовочный камень в основном в монументальной архитектуре хотя некоторые образцы с яркой голубой и зелёной иризацией используются как декоративно-подделочные камни. Лабрадоритом облицованы многие станции Московского метрополитена и здания города (часть цоколя гостиницы «Москва» отделка Мавзолея аллеи городов-героев в Александровском саду и др.), а также, например, колонны станции метро «[Проспект Ветеранов](#)» в [Санкт-Петербурге](#). Чаще всего это лабрадориты Головинского и Турчинского месторождений [Украины](#).

Применение лабрадора



обсидиан кислое вулканическое стекло



Обсидиан "радужный", более 15 см.. [Мексика](#). Образец: [Музей им. А.Е. Ферсмана](#).

Практическое значение. поделочный и декоративный камень.

Благодаря способности порошка обсидиана в сочетании с гашеной известью затвердевать под водой, применяется как гидравлическая добавка для портландцемента. Он используется также как добавка к извести, как сырьё для изготовления тёмного стекла и в качестве термоизоляции. Лезвия из обсидиана имеют гладкую кромку толщиной всего в несколько нанометров, что позволяет использовать их в качестве скальпелей.

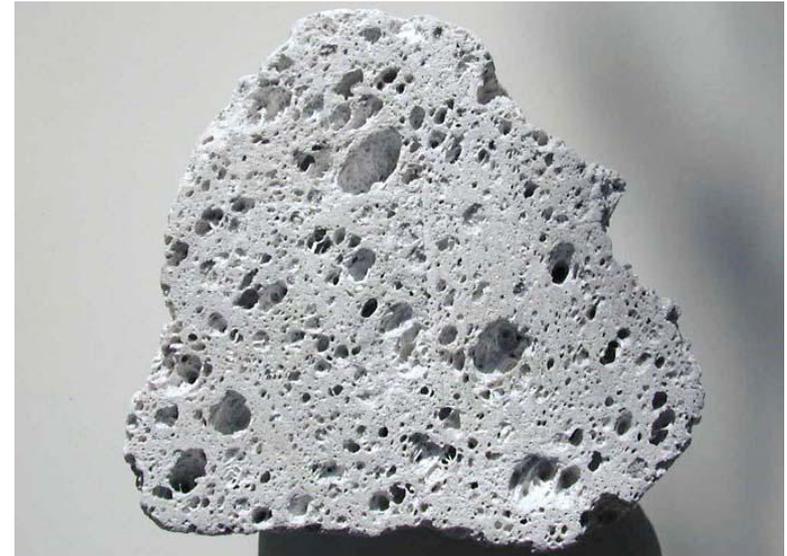
Обсидиан сыграл большую роль в истории [человечества](#): из него изготовляли [орудия труда](#), оружие и украшения, также с древних времён широко использовался в [глиптике](#) и декоративной скульптуре. Свои колюще-режущие орудия [майя](#), не умеющие выплавлять железо, изготавливали именно из обсидиана.

Пемза - пористое вулканическое стекло

Свойства

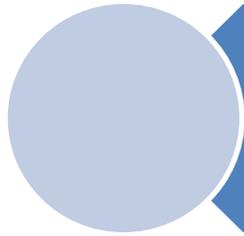
Пористость достигает 80 %.

Твердость по шкале Мооса - около 6, плотность 2—2,5 г/см³, объёмная масса 0,3—0,9 кг/см³ (пемза плавает в воде, пока не намокнет). Большая пористость пемзы обуславливает хорошие теплоизоляционные свойства, а замкнутость большинства пор — хорошую морозостойкость. Огнестойка. Химически инертна

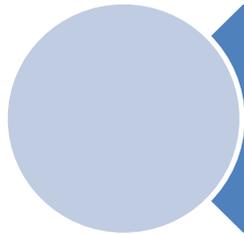


Используется как заполнитель в лёгких бетонах ([пемзобетоне](#)), как гидравлическая добавка к цементам и известям. В качестве [абразивного материала](#) применяется для шлифовки металла и дерева, полировки каменных изделий. Используется также для [гигиенического](#) удаления огрубевшей кожи [стоп](#). В [химической промышленности](#) из пемзы изготавливают [фильтры](#), используют как инертную основу для различных [катализаторов](#).

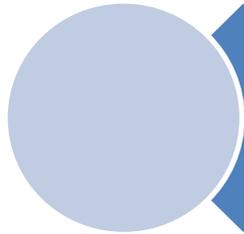
Осадочные горные породы



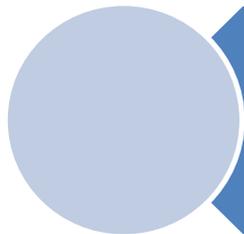
обломочные



хемогенные



органогенные



смешанные

Обломочные горные породы

суглинок



Песок



Лесс

супес



глин
а



Хемогенные породы



Гипс (гипсовый
камень)

Органогенные

Мел



Известняк-ракушечник



диатомит
Т



Смешанные

Мергель



Трепел



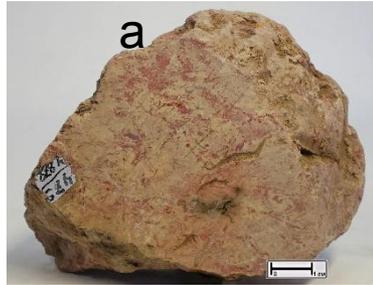
Метаморфические горные породы

Песчаник



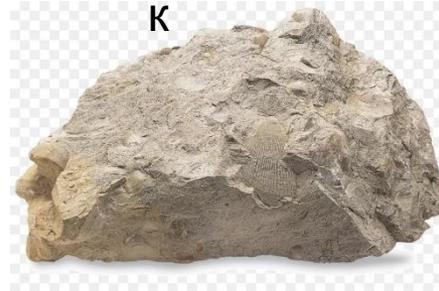
кварцит

Глина



Глинистый сланец

Известняк



Мрамор

гранит



гнейс

Классификации грунтов по строительным свойствам



Скальные (предел прочности на одноосное сжатие более 50 Мпа)



Полускальные (предел прочности на одноосное сжатие до 50 кг/см)



Крупно-обломочные



Песчаные



Глинистые



Искусственные

ГОСТ 12248-2010 Грунты. Методы лабораторного определения характеристик прочности и деформируемости (с Поправкой)

Скальные грунты-структуры с жесткими кристаллическими **связями** (гранит, известняк).

Класс включает в себя **две** группы грунтов :

1) **скальные**, куда входит три подгруппы пород- магматические, метаморфические, осадочные сцементированные и хемогенные

2) **полускальные** в виде **двух** подгрупп- магматические излившиеся и осадочные породы типа мергеля и гипса.

Деление этого класса на типы основано на особенностях минерального состава, например,

силикатного типа – гнейсы, граниты, **карбонатного** - мрамор, хемогенные известняки. Дальнейшее разделение грунтов на

разновидности проводится по свойствам:

по прочности - гранит – очень прочный, вулканический туф - менее прочный;

по растворимости в воде – кварцит - очень водостойкий, известняк - неводостойкий.

Класс скальных грунтов включает в себя группу скальных и полускальных грунтов и объединяет магматические, метаморфические и осадочные породы. На **равнинах** скальные грунты обычно располагаются на некоторой глубине под толщей осадочных пород, на поверхность земли они выходят редко.

Разновидность грунтов	Предел прочности на одноосное сжатие R_c , МПа
Скальные:	
Очень прочные	$R_c \geq 120$
Прочные	$120 > R_c \geq 50$
Средней прочности	$50 > R_c \geq 15$
Малопрочные	$15 > R_c \geq 5$
Полускальные:	
Пониженной прочности	$5 > R_c \geq 3$
Низкой прочности	$3 > R_c \geq 1$
Очень низкой прочности	$R_c < 1$

Состав грунтов

- **Грунт = твердые частицы + вода + воздух (газ)**

Классификация грунтов (простейшая)

№	Наименование / группа	Содержит глинистых частиц	Число пластичности J_p
1	Глины	> 30	> 0,17
2	Суглинок	10 ÷ 30	0,07 ÷ 0,17
3	Супесь	3 ÷ 10	0,01 ÷ 0,07
4	Песок	< 3	Не пластич.

- **Свойства твердых частиц.**

- Свойства твердых (минеральных) частиц зависят от размеров.

- **Классификация твердых**

<u>частиц:</u>	№ п/п	Поперечный размер (мм)
1	Галечные (щебень)	> 10 (20)
2	Гравелистые	2 ÷ 10 (20)
3	Песчаные	0,05 ÷ 2
4	Пылеватые	0,005 ÷ 0,05
5	Глинистые	< 0,005

Песчаные и глинистые грунты

Крупно-обломочные и

Разновидность грунтов	Размер зерен, частиц d, мм	Содержание зерен, частиц, % по массе
Крупнообломочные:		
— валунный (при преобладании неокатанных частиц — глыбовый)	>200	>50
— галечниковый (при неокатанных гранях — щебенистый)	>10	>50
— гравийный (при неокатанных гранях — дресвяный)	>2	>50
Пески:		
— гравелистый	>2	>25
— крупный	>0,50	>50
— средней крупности	>0,25	>50
— мелкий	>0,10	≥75
— пылеватый	>0,10	<75

Плотность сложения песка	Коэффициент пористости, e	Индекс плотности Id (Idmax=1)
Плотный	<0,55	>2/3
Средней плотности	0,55...0,7	2/3...1/3
Рыхлый	>0,7	<1/3

Глинист ые

- Число пластичности: $I_p = W_L - W_p$
- Показатель консистенции:
 $IL = (W - W_p) / (W_L - W_p)$

Разновидность глинистых грунтов	Чисто пластичности
Супесь	1—7
Суглинок	7—17
Глина	>17

Суглинки и глины	Супеси
Твердые $IL < 0$	Твердые $IL < 0$
Полутвердые $0 \leq IL \leq 0,25$	Пластичные $0 \leq IL \leq 1$
Тугопластичные $0,25 \leq IL \leq 0,5$	Текучие $IL > 1$
Мягкопластичные $0,5 \leq IL \leq 0,75$	
Текучепластичные $0,75 \leq IL \leq 1$	
Текучие $IL > 1$	

Основные свойства грунтов

- **Сжимаемость** – обусловлена изменением пористости, а следовательно и объема. Происходит переупаковка частиц
- **Водопроницаемость** – свойство пористых тел, является для грунтов переменной величиной, изменяющейся в процессе уплотнения под нагрузкой.
- **Контактная сопротивляемость сдвигу** – обусловлена лишь внутренним трением в сыпучих грунтах и трением со сцеплением в связных.
- **Деформируемость** – зависит от податливости и сопротивляемости структурных связей грунтов, от деформируемости отдельных компонентов образующих грунты.

Структурно-неустойчивые грунты

грунты, которые обладают способностью изменять свои структурные **свойства** под влиянием внешних воздействий с развитием значительных осадок, протекающих, как правило, с большой скоростью.



Мерзлые и вечно-мерзлые грунты



Лессовые грунты



Набухающие грунты



Слабые водонасыщенные грунты (илы, ленточные глины)



Торф и заторфованные грунты



Засоленные грунты



Насыпные грунты.

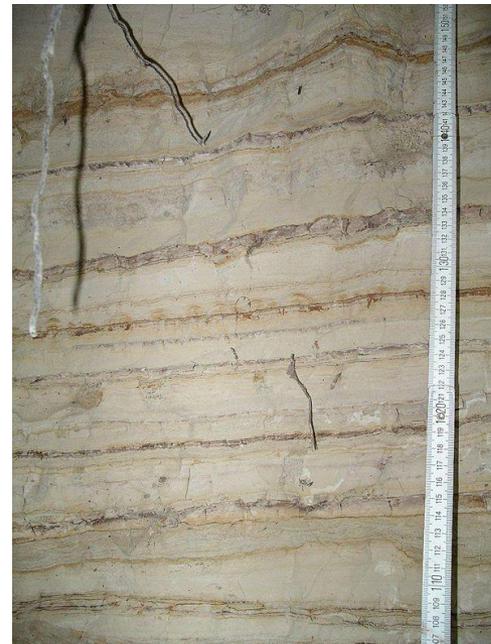
Мерзлые и вечномерзлые грунты

Грунты всех видов относятся к мерзлым, если они имеют отрицательную температуру и содержат в своем составе лед.

Грунты называются вечномерзлыми, если в условиях природного залегания они находятся в мерзлом состоянии непрерывно (без оттаивания) в течение 3 и более лет.





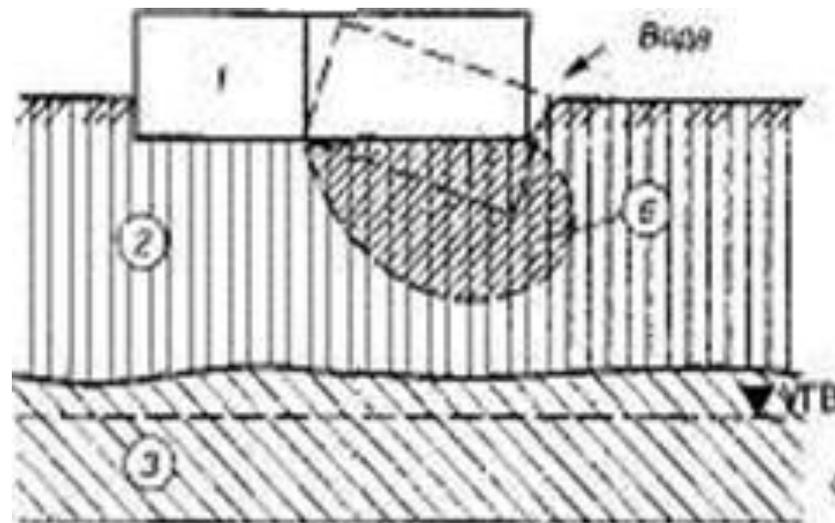


Ленточные глины



Просадочные лессовые грунты

Просадкой грунтов называется быстро протекающая осадка, возникающая при коренном изменении структуры грунтов вследствие избыточного увлажнения.



- здание; 2- породы просадочные; 3 - то же непросадочные; 4-грунтовая вода; 5- участок, где появилась просадка.

В сухом состоянии просадочные грунты отличаются повышенной пористостью и характерной способностью к резкому уплотнению при замачивании водой.

В соответствии со СНИП П-15—74 к просадочным относят лессы, лессовидные грунты, а также некоторые виды покровных глинистых грунтов со степенью влажности $G < 0,8$.

Набухающие

грунты увеличивают свой объем (набухают) при повышенной влажности и уменьшают объём при последующем снижении влажности.

Причины

- набухание при подъеме уровня грунтовых вод
- повышение влажности за счет подъема уровня грунтовых вод
- увлажнение грунта подземными и производственными водами
- изменение водно-теплового режима под действием сезонных климатических факторов
- накопление влаги под сооружениями в ограниченной по глубине зоне вследствие нарушений природных условий испарения при застройке (экранирование массива грунта сооружениями);

Последств

ия
Деформации
набухания и усадки

Засоленные грунты

-крупнообломочные, песчаные и пылевато-глинистые грунты, содержащие определенное количество легко- и среднерастворимых солей.

Последств

ия

Вынос солей и
развитие
неравномерных
просадок

Морозное пучение

грунта

Грунт пучинистый - дисперсный грунт, который при переходе из талого в мерзлое состояние увеличивается в объеме вследствие образования кристаллов льда

Причины

ы

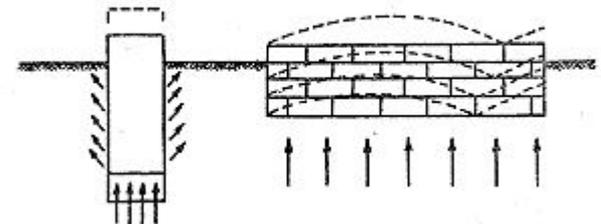
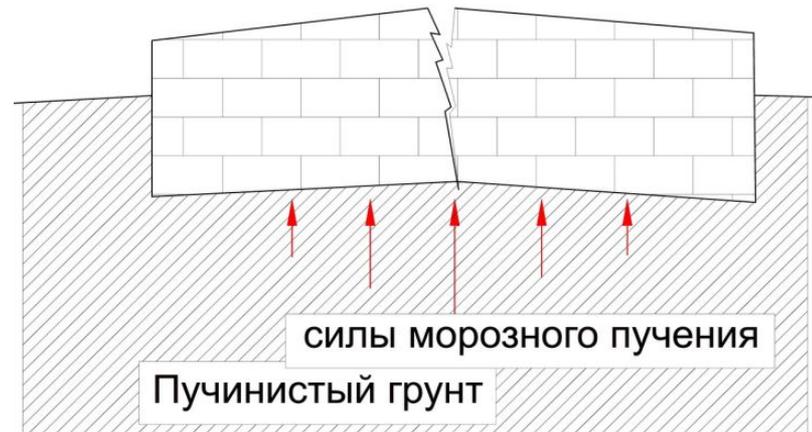
- водонасыщенность грунта
- отрицательная температура наружного воздуха
- колебания уровня подземных вод
- Капиллярное поднятие воды в грунтах



Последствия

ия

Деформации морозного пучения



Сильно сжимаемые

Торф, илы, ленточные
глины

грунты

Сильно сжимаемым относятся грунты, обладающие модулем общей деформации менее 5 МПа и имеющие коэффициент относительной сжимаемости около 0,015 см²/кг

Неравномерная осадка

