



НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АРХИТЕКТУРНО-  
СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (СИБСТРИН)

# **Механика грунтов.**

## **Основные термины и определения**

- Новосибирск 2016

# Нормативная и техническая литература

1. ГОСТ 25100-2011 «Грунты. Классификация».
2. СП 22.1333.2016 «Основания зданий и сооружений. Актуализированная редакция СНиП 2.02.01-83\*».
3. СП 24.1333.2011 «Свайные фундаменты. Актуализированная редакция СНиП 2.02.03-85».
4. Справочник проектировщика. Основания, фундаменты и подземные сооружения/ Е.А. Сорочан, Ю.Г. Трофименков. – М.: Стройиздат, 1985.
5. Далматов Б.И. «Механика грунтов, основания и фундаменты». – Л.: Стройиздат, 1988.
6. Цытович Н.А. «Механика грунтов». – М.: Высшая школа, 1983 (1963).
7. Малышев М.В., Болдырев Г.Г. Механика грунтов. Основания и фундаменты (в вопросах и ответах) /Учебное пособие. М.: Изд Ассоциации строительных вузов, 2004. – 328 с.
8. Заручевных И.Ю. Невзоров А.Л. Механика грунтов в схемах и таблицах/ Учебное пособие М.: 2007. – 136 с.

# **Курс «Механика грунтов, основания и фундаменты» (МГОиФ) в структуре других дисциплин**

**Механика грунтов является ветвью механики деформируемых сред (т. е. ветвью общей механики), поэтому при решении ее задач, начиная с расчета грунтовых оснований, используются основные законы механики, формулы и решения теории упругости.**

**Знания по механике грунтов необходимы в проектировании и строительстве сооружений, как наземных, так и подземных.**

## **Курс «Механика грунтов, основания и фундаменты» (МГОиФ) состоит из 2-х частей:**

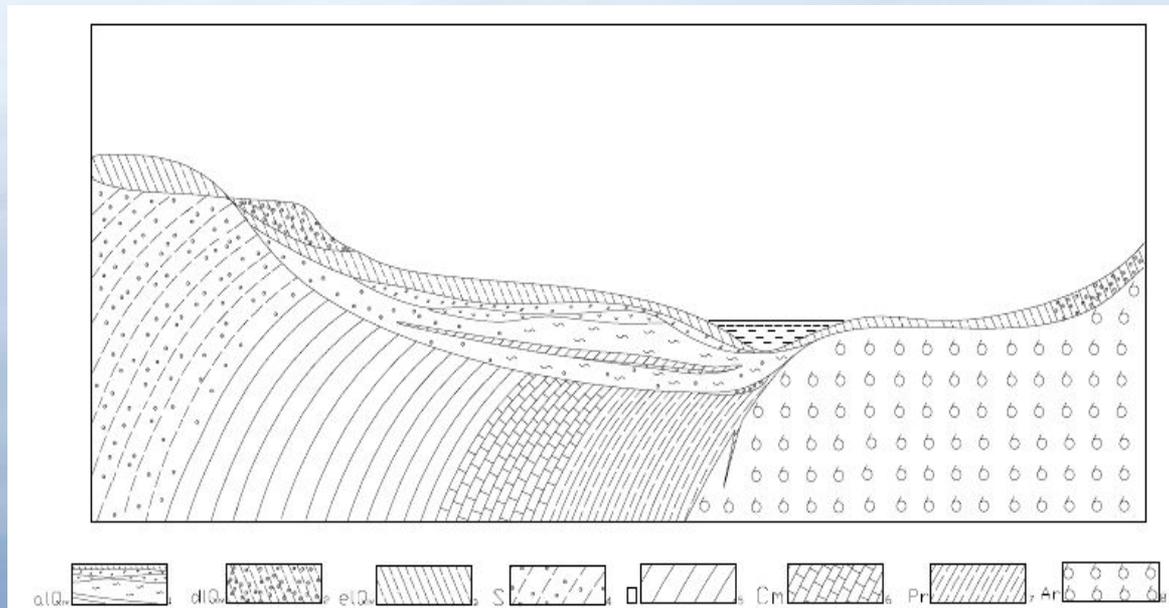
1. «Механика грунтов», в которой рассматриваются вопросы определения напряжений в грунтах, деформации и условия устойчивости массивов грунтов.
  2. «Основания и фундаменты», в которой рассматриваются вопросы расчета, проектирования и устройства фундаментов в различных грунтовых условиях.
- Механика грунтов и Основания – это теоретические курсы; фундаменты – их практическое приложение.

# Грунты

**Горная порода** – это совокупность минералов, характеризующаяся составом, структурой и текстурой.

**Грунты** – это любые горные породы, почвы, техногенные образования, расположенные в верхней части земной коры и являющиеся объектом инженерно-хозяйственной деятельности человека;

- это пористые материалы, поры которых полностью или частично заполнены водой



**Магматические горные породы** (изверженные ГП) образовались при медленном остывании магмы в верхних слоях земной коры (интрузивные породы – гранит, диорит, габбро), а так же при быстром остывании излившейся на поверхность магмы (эффузивные – базальт, порфир);

### **Осадочные горные породы**

образуются в результате выветривания, перемещения, осаждения и уплотнения продуктов разложения исходных магматических и метаморфических пород.

Бывают: **сцементированные** - песчаники, доломиты, алевролиты;

**несцементированные** - крупнообломочные, песчаные, глинистые лёссы, илы, торфы и почвы;

### **Метаморфические горные породы**

образуются в недрах земли из осадочных и магматических пород под действием высокой температуры и давления (сланцы, мрамор, кварциты, гнейсы)

# Грунтовое основание

- это толща грунтов, на которых возводится сооружение. Оно воспринимает нагрузки и деформируется. При чрезмерных деформациях основания возникают деформации сооружения, которые делают невозможным нормальную эксплуатацию и приводят в авариям.
- это массив грунта, находящийся непосредственно под подошвой фундамента.

## **Различают грунтовые основания:**

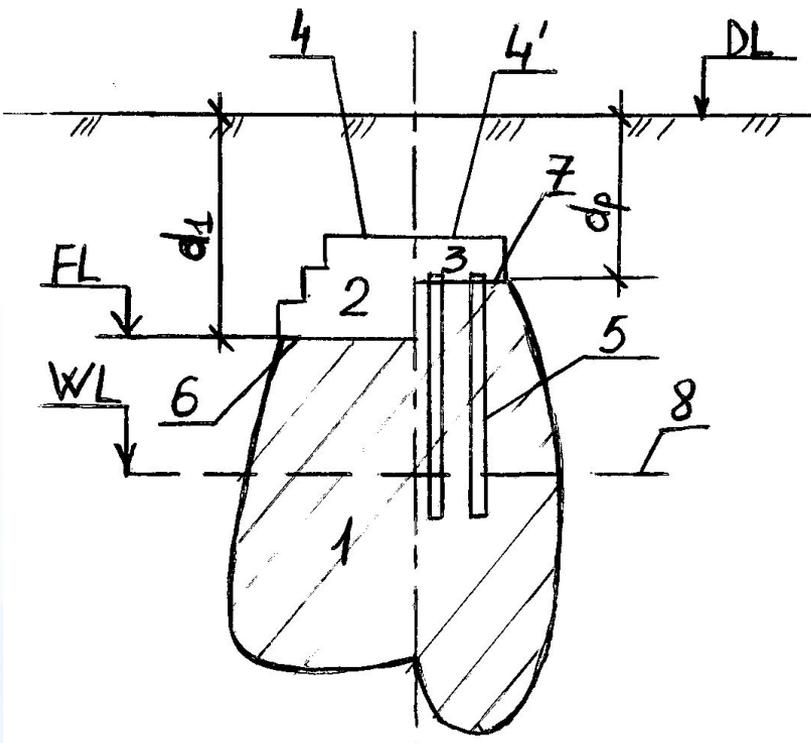
- **естественные, которые сложены природным грунтом;**
- **искусственные, представляющие собой уплотненные и закрепленные различными способами природные грунты;**

# *Фундамент*

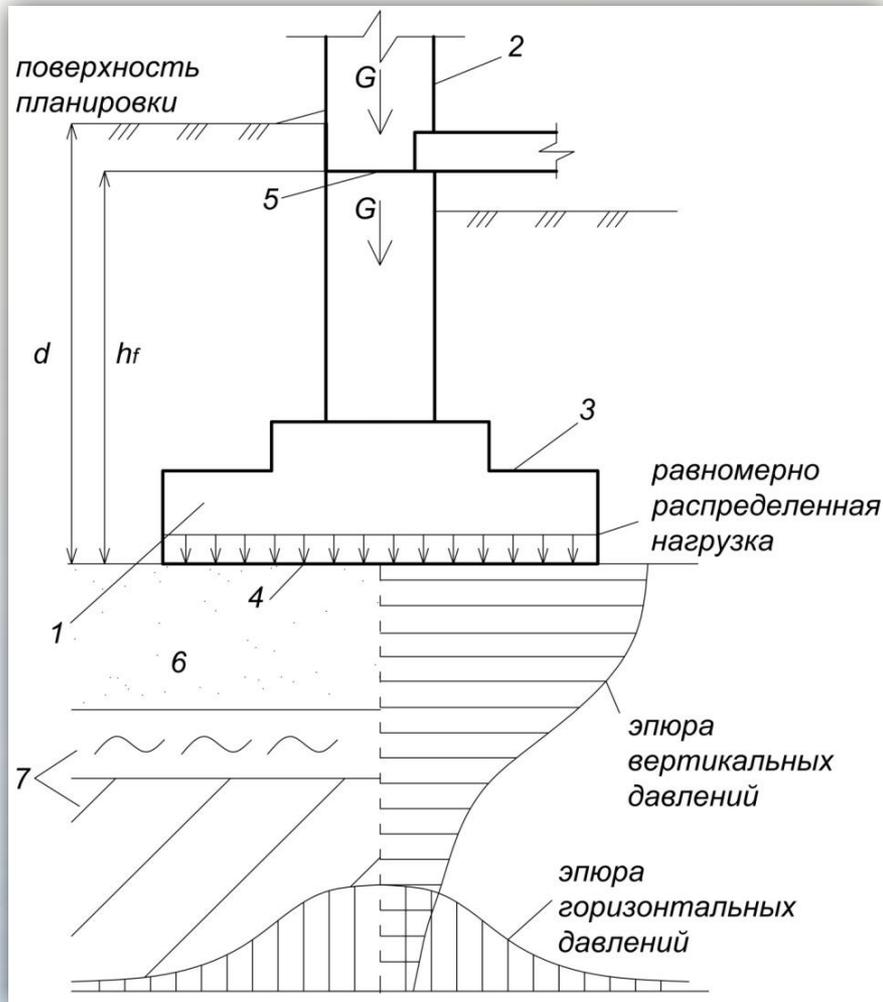
- это подземная часть сооружения, воспринимающая нагрузку от надземной части и передающая ее на грунт, который в этом случае становится и называется основанием.

Нижняя плоскость (поверхность) фундамента называется подошвой. Расстояние от поверхности планировки до уровня подошвы называется глубиной заложения фундамента.

**Основание, фундаменты и надземные конструкции неразрывно связаны между собой, взаимно влияют друг на друга и должны рассматриваться как единая система.**



- 1- грунтовое основание
- 2- фундамент мелкого заложения
- 3- свайный фундамент, состоящий из ростверка 3 и свай 5
- 4- обрез фундамента
- 4''- обрез ростверка
- 6- подошва фундамента
- 7- подошва ростверка
- 8- уровень подземных вод
- d1- глубина заложения фундамента
- dp- глубина заложения ростверка
- DL- планировочная отметка земли
- FL- отметка подошвы фундамента
- WL- отметка уровня подземных вод



**$hf$**  – высота фундамента

**$d$**  – глубина его заложения

**1** – фундамент

**2** – надземные конструкции

**3** – уступы

**4** – подошва фундамента  
(нижняя плоскость)

**5** – обрез фундамента  
(верхняя плоскость)

**6** – несущий слой грунта  
(воспринимающий давление от

фундамента)

**7** – подстилающие слои

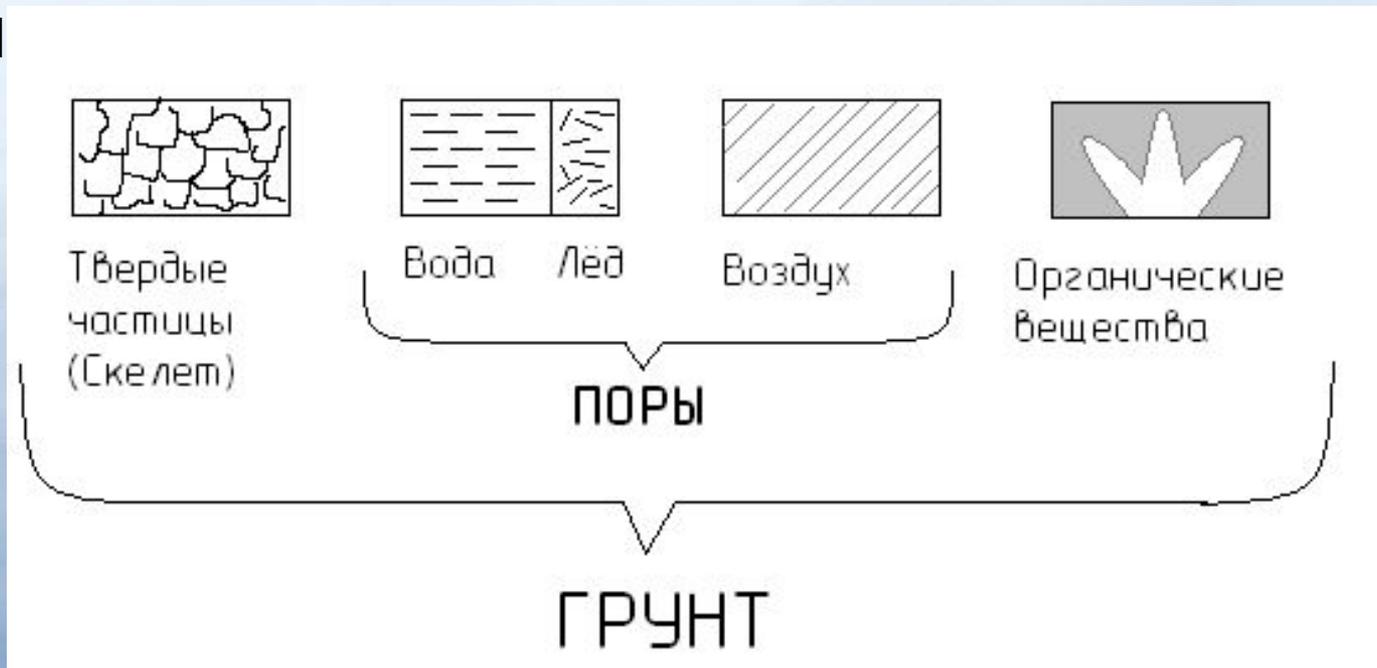
**Высота фундамента  $hf$  обычно несколько меньше глубины его заложения  $d$ , поскольку обрез фундамента располагают, как правило, ниже планировочной отметки поверхности земли.**

# Состав структура и текстура

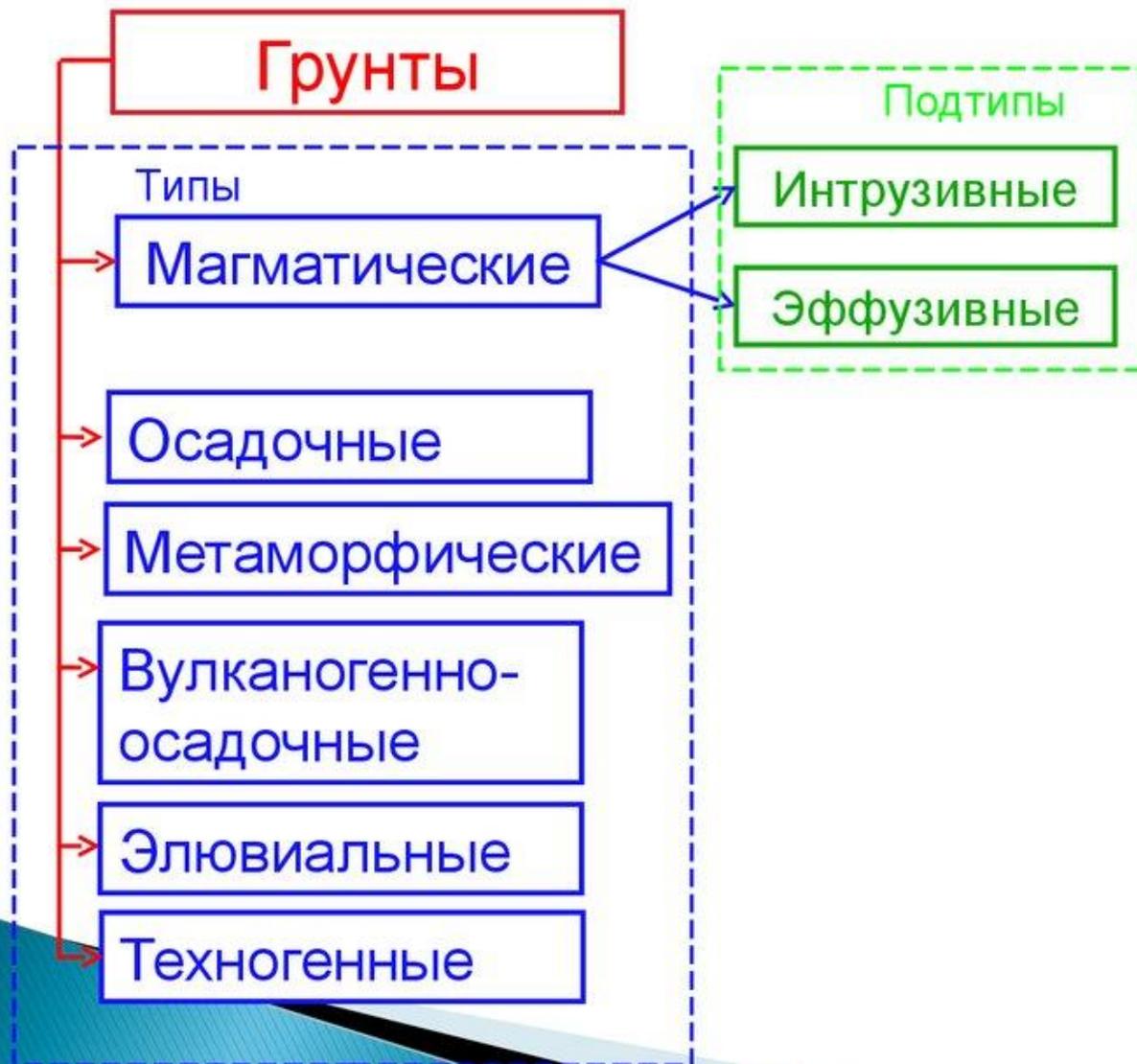
**Состав** грунта – перечень минералов, составляющих грунт или горную породу.

**Структура** – размер, форма и количественные соотношения слагающих породу частиц.

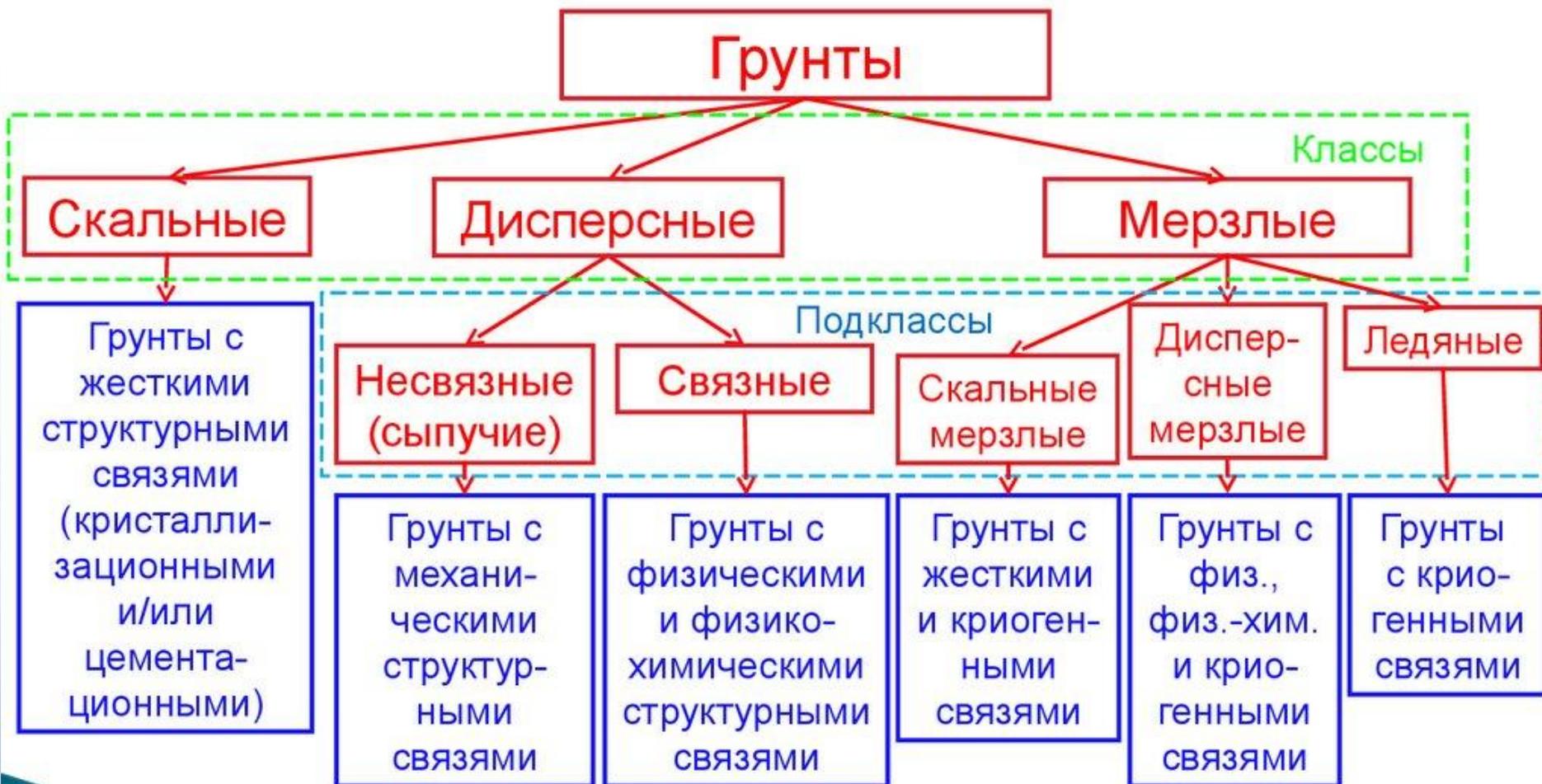
**Текстура** – это пространственное расположение элементов грунта, определяющее строение грун



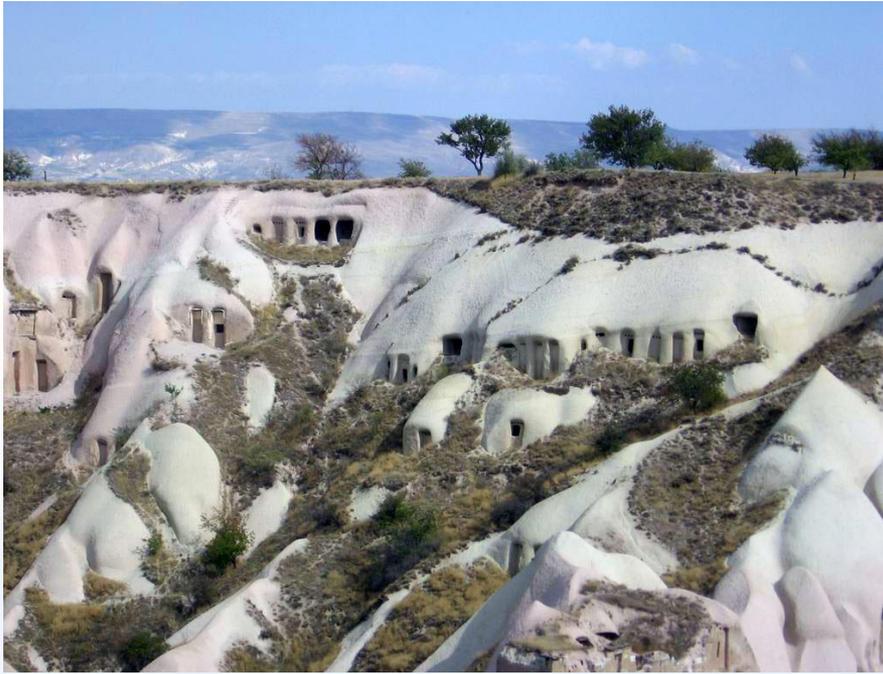
# Классификация грунтов по генезису (происхождению)



# Классификация грунтов по природе структурных связей (классы и подклассы)

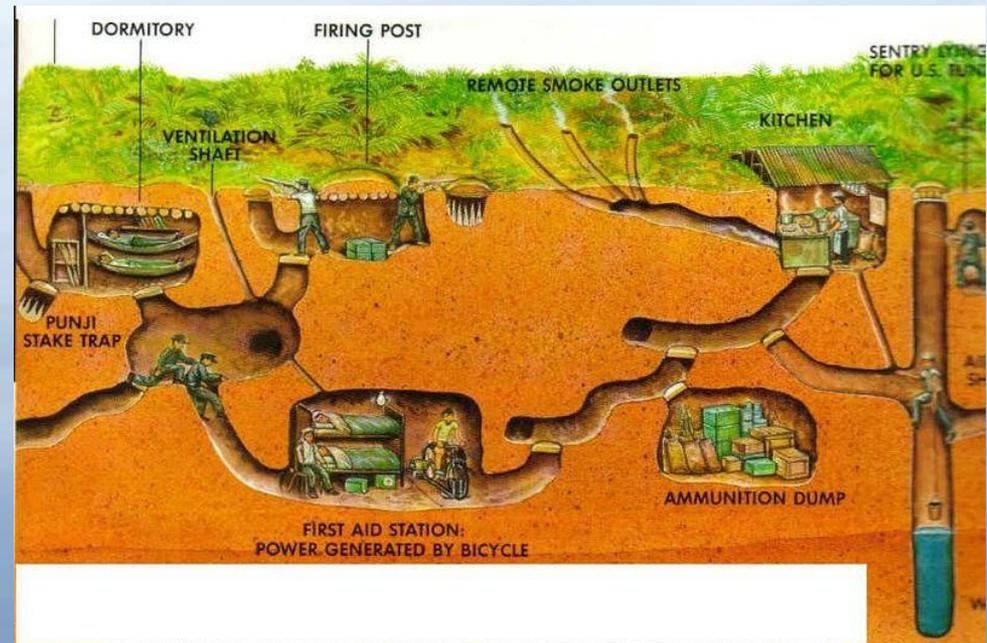
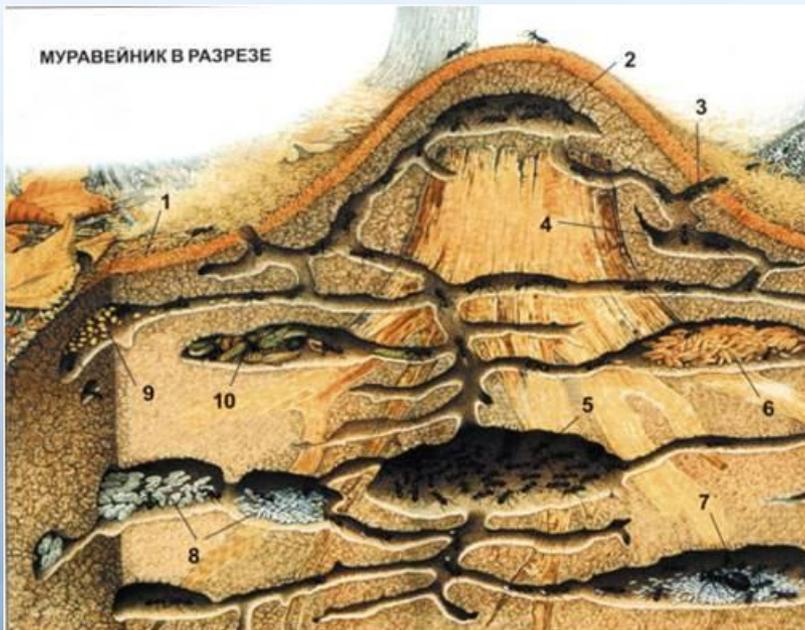
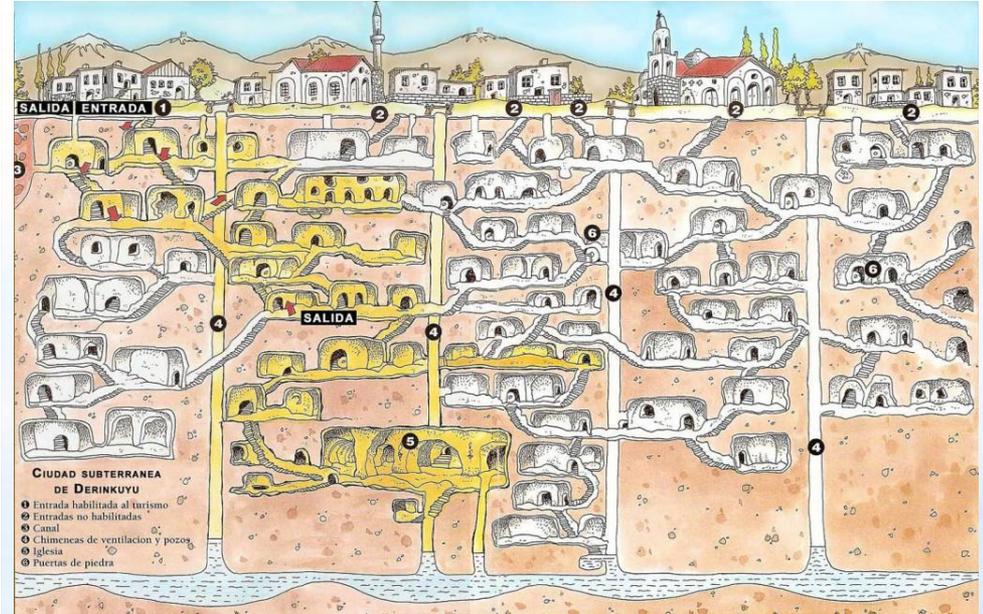


В мире известны несколько сотен древних подземных городов



Ландшафт местности в районе подземного города Каймакли (Турция, долина Гёреме в Каппадокии) напоминает лунный. Там образовались весьма необычные башни из затвердевшего вулканического туфа, которым дождь и ветер придали самые разнообразные формы.

# Структуру (геологический разрез) древнего подземного города Деренкуйу в Турции сравнивают с муравейником



## Структура (геологический разрез) древнего подземного города Деренкуйу в Турции в сравнении с муравейником



Подземные сооружения Деринкую насчитывают 52 вентиляционных шахты, 15000 входов. Самая большая шахта имеет глубину 85 м.

Нижняя часть города служила резервуаром для воды. Все отсеки Деринкую имеют подвалы, используемые в качестве холодильников. Первооткрывателем подземного лабиринта является Демир.

В мире известны несколько сотен древних подземных городов



В этой местности Турции обнаружены 36 подземных городов. Не все они имеют масштабы Каймакли или Деринкую, но их выработки представляют разветвленную сеть. Люди считают, что здесь существует еще множество подземных сооружений. Все известные на сегодняшний день города соединены между собой. Связующие штольни между Каймакли и Деринкую достигают длины 10 км.

Одним из первых вяжущих материалов служила природная необожженная глина.





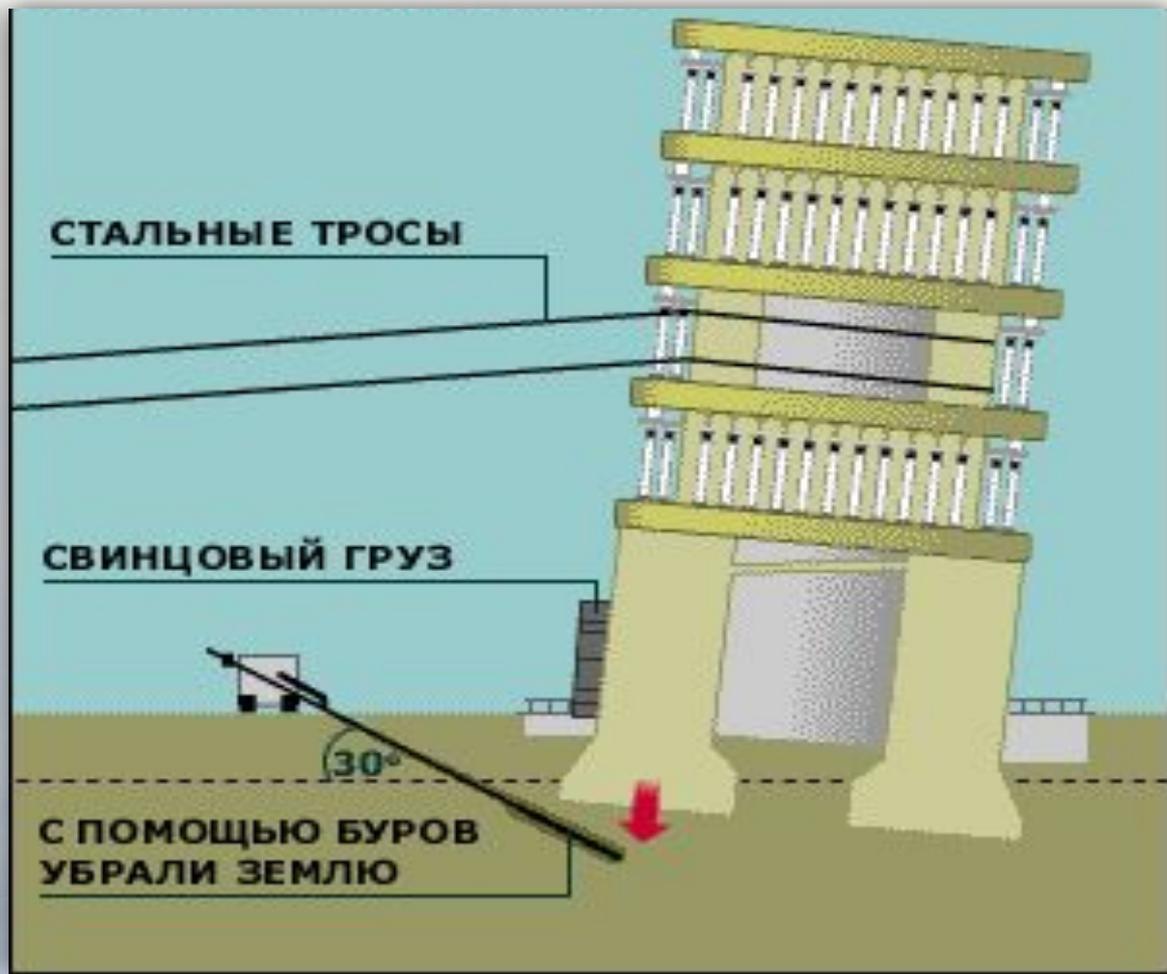
Древнейшие сооружения в Мексике стоят на скальных основаниях

# Великая Китайская стена



# Задачи в области механики грунтов и фундаментостроения

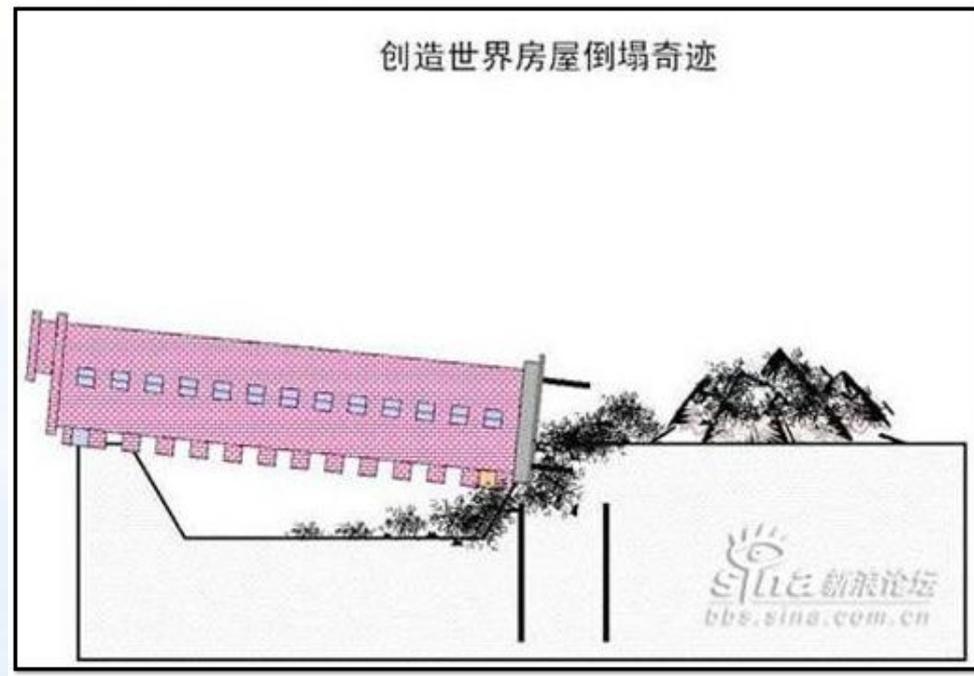
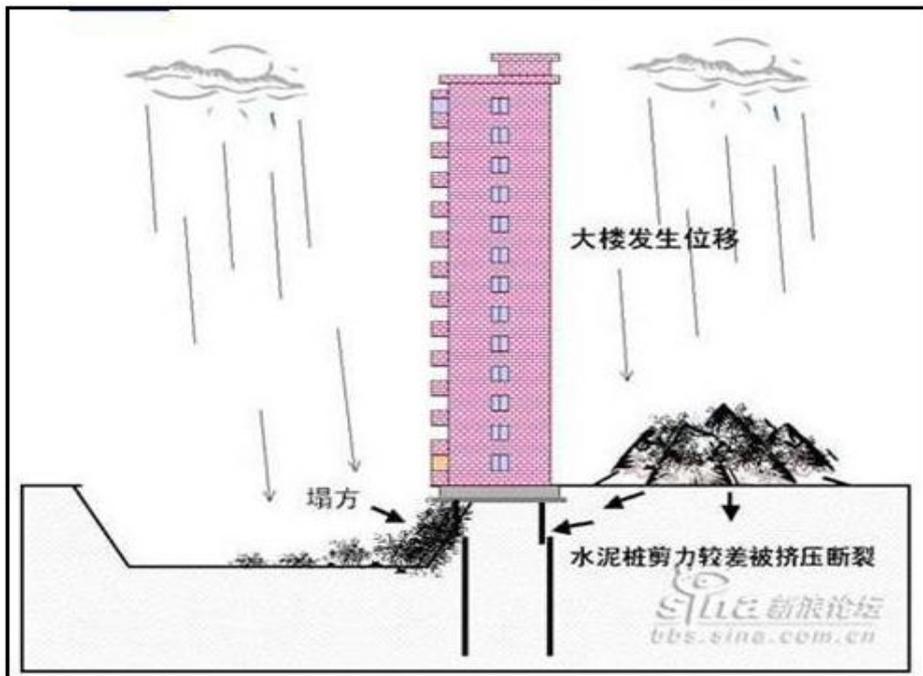
Недостаток знаний в области теории грунтов и техники фундаментостроения, а также отсутствие должного внимания к решению вопросов устройства фундаментов и их оснований являются источником серьёзных ошибок, встречающихся на практике, что нередко приводит сооружения к аварийным, а иногда к тяжёлым катастрофическим последствиям.



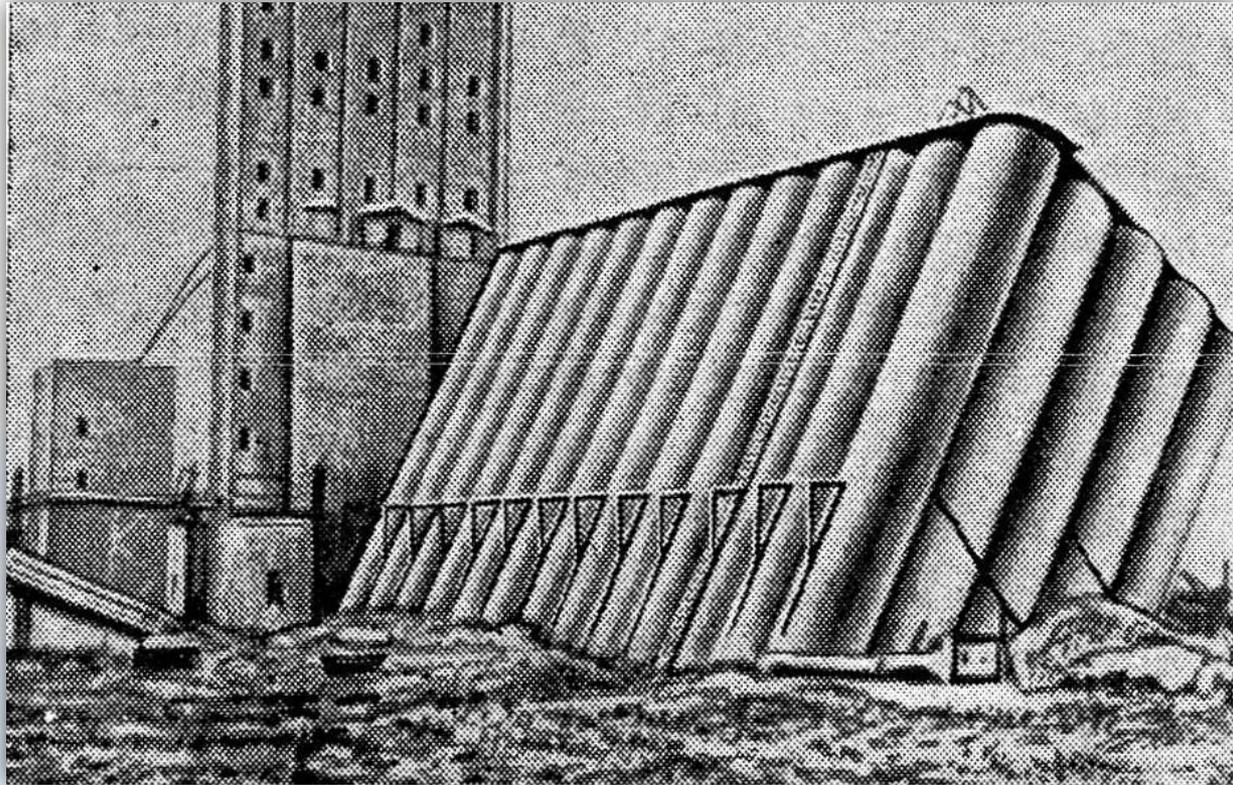
Не все сооружения стоят устойчиво. Наклон Пизанской башни известен всем. Башня наклонена на юг. Для предупреждения развития крена, на противоположную северную сторону были установлены противовесы - свинцовые пригрузы на бетонных балках и натянуты стальные тросы, закрепленные на самой башне для ее стабилизации.



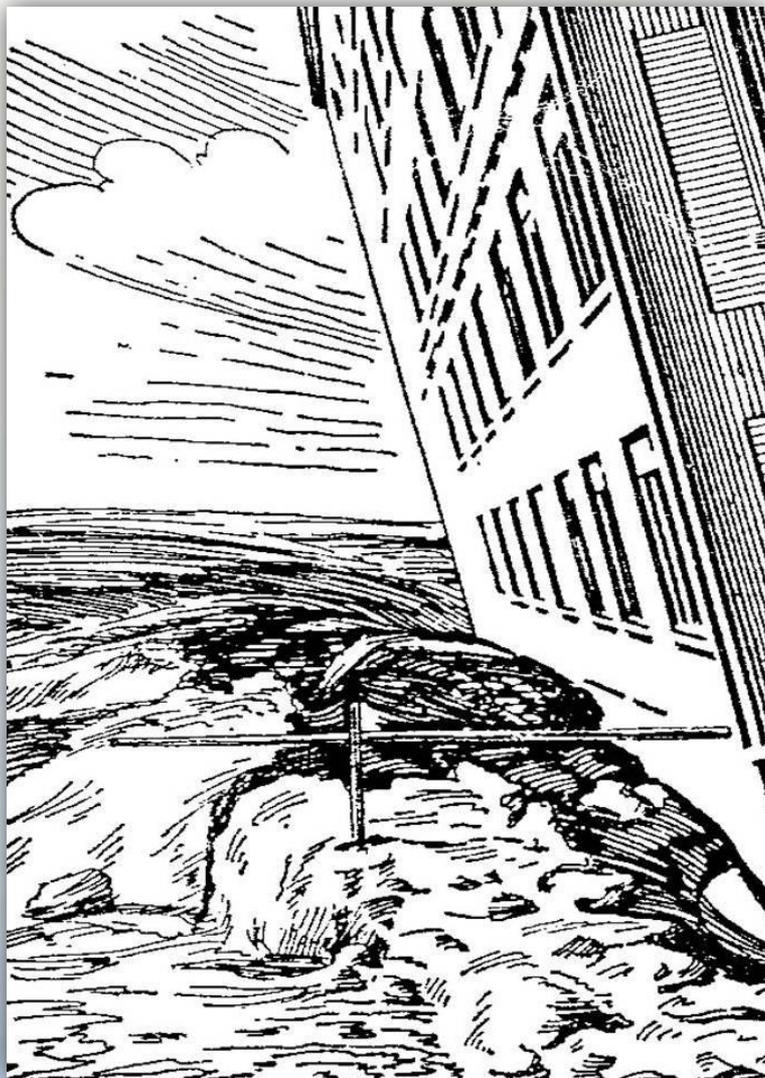
В 2010 г. упало многоэтажное здание в Шанхае)



Не все сооружения стоят долго.  
Пизанская башня известна всем;  
в 2010 г. упало многоэтажное здание в Шанхае)



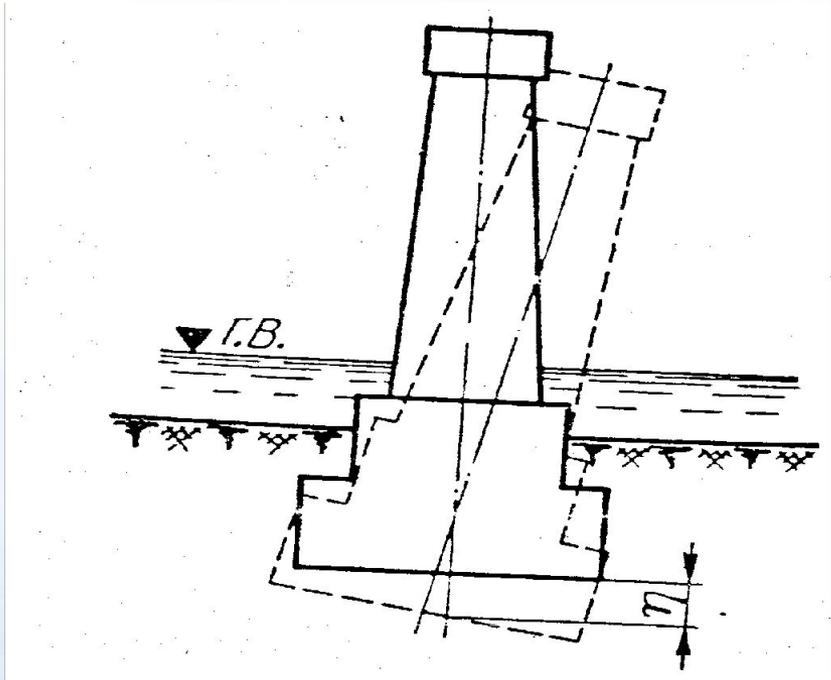
Авария Трансконского элеватора (г. Виннипег, Канада 1913 г.) в фазе полной потери устойчивости основания, связанной с выпором грунта (3 фаза)



Авария здания в Тунисе, из-за недостаточной прочности грунтового основания



Падение колокольни собора св. Марка в Венеции, вызванное разрушением грунтов основания



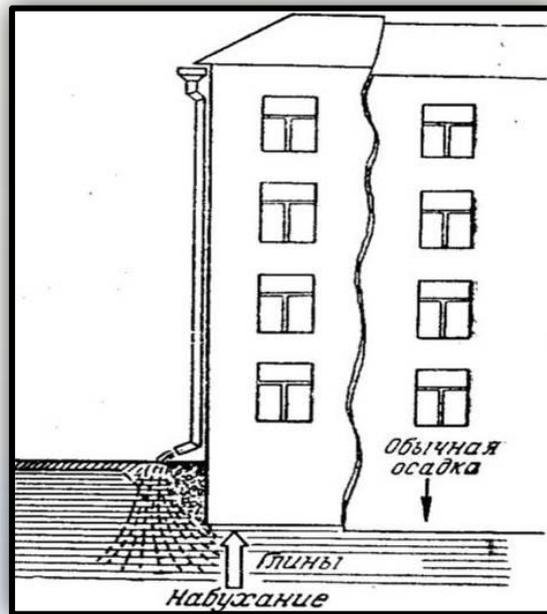
Осадка и наклон отдельно стоящей мостовой опоры



Типичный случай разрушения моста с просадкой и наклоном опоры (Япония 1923 г.)

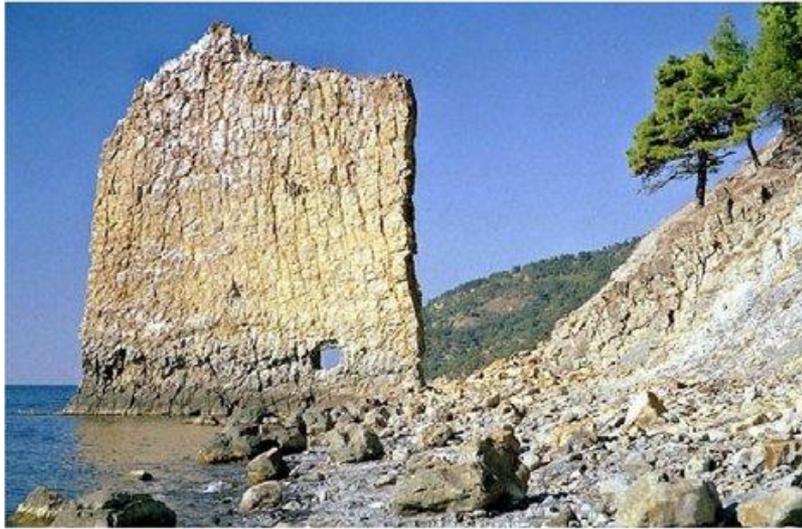


Обрушение железобетонного автомобильного моста  
4x24 м через р. Омь в пос. Северное НСО в 2005 г.



Деформации и дефекты домов при неравномерных осадках оснований

# Примеры и свойства скальных грунтов

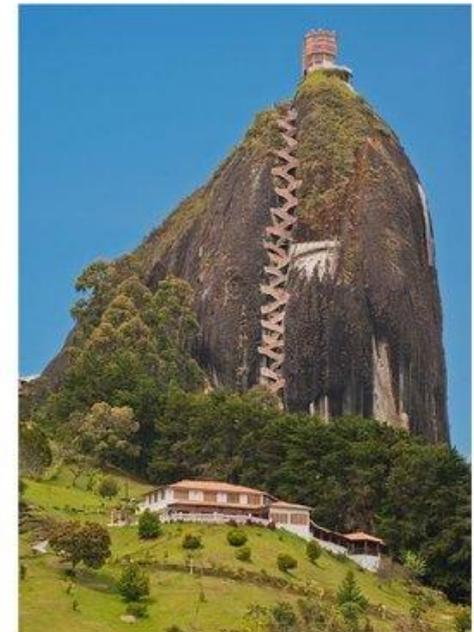


Для них свойственны такие отличительные характеристики, как:

- предел прочности очень высокий в момент их сжатия в процессе насыщения водой;
- нерастворимость;
- не размягчаются под действием жидкости
- высокая сопротивляемость нагрузкам – они не деформируются

## Примеры скальных грунтов:

- базальт
- песчаник
- гранит
- диабаз
- доломит
- известняк



# ***Дисперсные грунты***

***Дисперсные грунты*** могут быть несвязными (сыпучими), к которым относятся пески, или связными, к которым относятся глинистые грунты, прочность связей которых во много раз меньше прочности самих минеральных частиц.

**В большинстве случаев грунт состоит из трех фаз (компонентов):**

- твердых минеральных частиц;
- жидких включений (воды в различных видах и состояниях);
- газообразных включений.

# Оценочные характеристики

## ГРУНТОВ

Для оценки строительных свойств грунтов используют характеристики физико-механических свойств, которые подразделяют на 2 группы: **основные характеристики, определяемые на основе лабораторных исследований, и производные характеристики, определяемые расчетом.**

В лабораторных условиях определяют удельный вес грунтов, удельный вес частиц грунта и влажность. Удельный вес представляет собой вес единицы объема грунта в естественном состоянии. Если обозначить через  $V$ -объем, твердых частиц,  $V_2$  - объем пор,  $q_x$  - вес твердых частиц,  $d_2$  - вес воды в порах грунта (вес воздуха не учитывается), то удельный вес грунта можно выразить как отношение веса грунта (включая вес воды) к занимаемому им объему.

# *Текстура дисперсных грунтов*

Важными характеристиками грунтов являются структурная прочность и устойчивость структурных связей под влиянием внешних воздействий,, что зависит в первую очередь от текстуры (сложения) грунта.

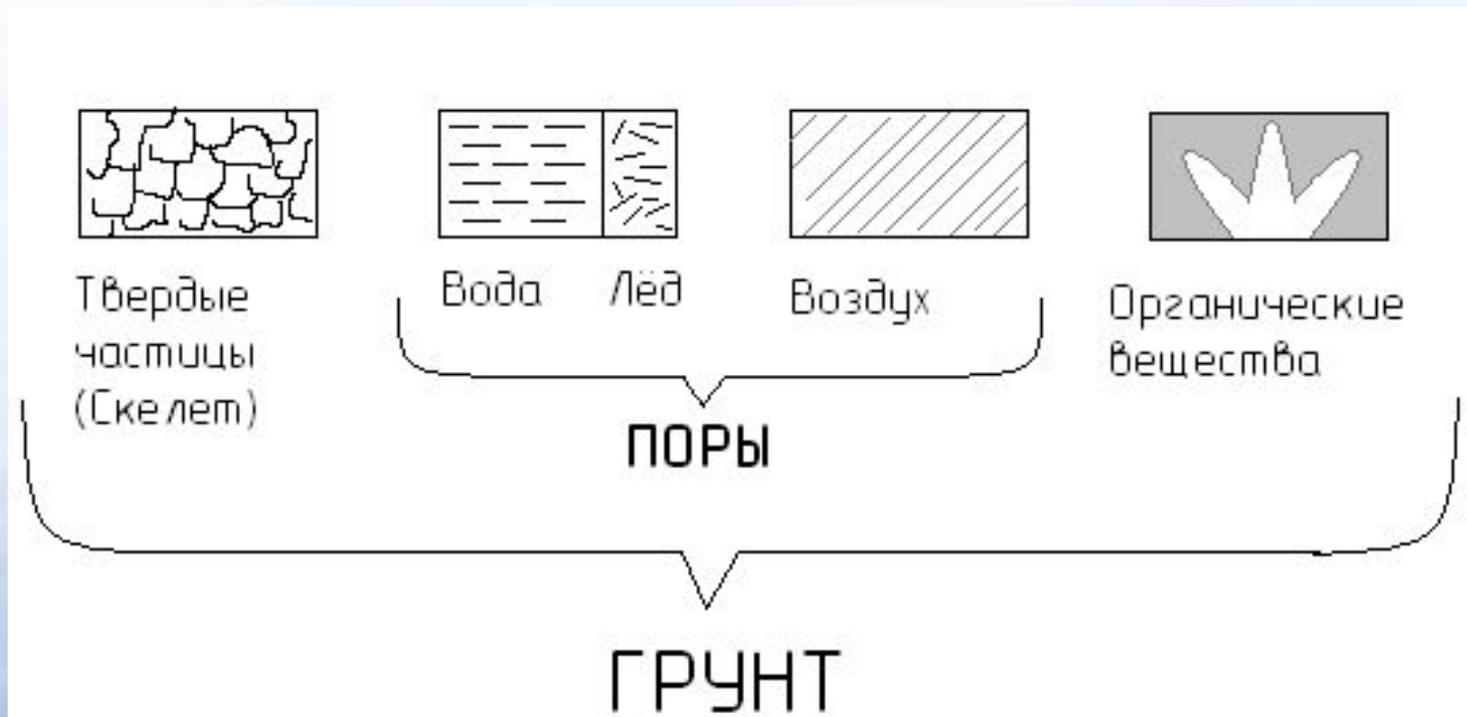
Под текстурой понимают пространственное размещение и взаимное расположение частиц грунтов и агрегатов, характеризующих неоднородность толщи в пласте. Существуют следующие виды текстуры грунтов: 1) слоистая (тонко- и глубокослоистые, ленточные, косослойные, сланцевые и пр.); 2) слитная (массивная и скрыто-слоистая); 3) сыпучая - для несвязных грунтов.

Как уже отмечалось, в природных условиях грунт состоит из элементов, находящихся в твердом, жидком и газообразном состояниях. При этом количественное соотношение объемов элементов грунтов зависит от внешних физико-геологических процессов и механических воздействий.

Познавательная задача для обучающихся может быть задана в форме вопроса или задания. В данном случае проблемная ситуация может быть создана путем вопроса: "В чем заключается и в чем проявляется динамика соотношения объемов элементов грунта?"

# Составные части (компоненты) грунтов

- Грунт - пористый материал, его поры полностью или частично заполнены водой.



Твердые частицы – скелет грунта. В дисперсных грунтах составляет 50-70 %, в скальных 97-98 %.

- Связи между частицами скальных и полускальных грунтов кристаллизационные (химические, внутримолекулярные). Они прочные, но хрупкие и не способны восстанавливаться после разрушения.
- В дисперсных грунтах (песок, гравий) – связи вообще отсутствуют. Взаимному перемещению частиц препятствуют силы трения и сцепления.
- В дисперсных связных грунтах (глины, суглинки) – связи водно-коллоидные, физико-химические, межмолекулярные.

# Гранулометрический состав грунтов. Методы его определения и изображения

- Гранулометрический состав (зерновой состав) - содержание в грунте зерен различной крупности, выраженное в процентах от массы
- Гранулометрический состав определяется рассеиванием на ситах, набор которых регламентируется стандартом.
- Гранулометрический состав очень мелких частиц определяется методом отмучивания.

# **Виды воды в различных**

**Массивах** Гравитационная подчиняется законам гидравлики.

Перемещается в грунте под действием гидродинамических сил (разности напоров).

**Капиллярная** – неподвижная (она задерживается в порах благодаря действию капиллярных сил)

**Связанная вода** образуется благодаря действию вокруг глинистых частиц электро-молекулярных сил. Такая вода характерна для глинистых грунтов. В песчаных в основном гравитационная.

**Прочносвязанная вода** находится в особом твердом состоянии ( $\rho = 2 \text{ г/см}^3$ ). Она обладает структурой в виде цепочек (у льда в виде кристаллической решетки). Этот вид воды можно отнести к твердому компоненту.

**Рыхлосвязанная** занимает промежуток между твердым и жидким состоянием.

# ***Виды воды в грунтовом***

## ***массиве***

При увеличении количества воды в грунте она начинает заполнять пустоты между частицами, которые имеют разные размеры и в том числе размеры капилляров (меньше 1 мм). Вода в грунте может быть 4-х видов (не считая замерзшей):

- 1. Свободная;**
- 2. Капиллярная – относится к гравитационной;**
- 3. Плотносвязанная - относится к связанной**
- 4. Рыхлосвязанная;**

## Роль отечественных ученых в становлении механики грунтов

- **Витрувий** (Рим I в. до н.э.) архитектор и инженер, в трактате *«Десять книг об архитектуре»* подчеркивал важность устройства надежных фундаментов, включая свайные.
- **Ш. Кулон** (Франция, 1773): первой фундаментальной работой по механике грунтов считается работа, в которой он дал решение задачи *о давлении грунта и подпорные стены*, применяемое и в настоящее время.
- **Ж. Буссинеск** (Франция, 1885) получил решение задачи *о напряжениях в упругом полупространстве при действии сосредоточенной силы*.
- **К.И. Фусс (1798), В.И. Курдюмов (1902), П.А. Миняев (1916), Н.П. Пузыревский (1924)** и др. выполнили работы по вопросам *сжимаемости и прочности грунтовых оснований*.

- **К. Терцаги** (1925 г. Вена), определяющим этапом в формировании механики грунтов как научной дисциплины послужило опубликование книги *«Строительная механика грунтов»*.  
В этой книге и последующих монографиях К.Терцаги дал систематическое изложение основ классической механики грунтов.
- В трудах **Н.М. Герсеванова, Н.А. Цытовича, В.П. Флорина, Б.И. Далматова** и др., получила в нашей стране значительное развитие *разработка вопросов оценки деформаций грунтов и расчета осадки фундаментов*, начатая Терцаги.
- В трудах отечественных ученых **В.В. Соколовского (1942), С.С. Голушкевича и В.Г. Березанцева (1948)** *теория предельного равновесия грунтов* также получила новое строгое развитие и разработку эффективных методов решения ее задач.

- **А.Н.Крылов, М.И. Горбунов-Посадов, Б.Н. Жемочкин, А.П. Сеницин, И.А. Симвулиди и др.** – область расчета фундаментных балок и плит на упругом основании.
- ***По деформируемости структурно неустойчивых грунтов и оценке их свойств*** выполнено много работ:
  - Работы **Н.А. Цытовича, С.С.Вялова** и др. посвящены деформациям *вечномерзлых* грунтов;
  - Работы **Ю.М. Абелева, Н.Я. Денисова, А.К. Ларионова** и др. по *лессовым* грунтам;
  - Работы **Л.С. Аморяна, Н.Н. Морарескула** и др. - по *торфянистым* грунтам.
- Благодаря исследованиям **Д.Д. Баркана, О.А. Савинова, П.Л. Иванова** и др. получила интенсивное развитие ***динамика грунтов***.
- Многочисленные исследования **Б.Д. Васильева, Д.Е. Польшина, А.Б. Фадеева** и др., посвящены оценке совместной работы несущих конструкций с деформируемым основанием.

Эти и многие другие работы, выполненные отечественными учеными, послужили основой для создания *теории расчета и норм проектирования оснований по предельным состояниям*.

- **Г.М. Ломизе.** Этот учёный был первым в области исследования поведения грунтов в условиях *сложного напряженного состояния*.
- **К.Е. Егоровым и Б.И. Далматовым** были получены многие решения практически важных задач напряженного состояния грунтов и расчета осадок сооружений.
- **Н.А. Цытович, В.И. Соломин, Н.Н. Маслов, С.С. Вялов, Ю.К. Зарецкий и др.** – выполнили ряд работ в области исследования грунтов; были удостоены Государственной премией СССР.

# Выводы

**К задачам фундаментостроения относятся:**

1. Необходимость правильно оценивать геодинамические процессы, свойства грунтов, возможность их деформации и потери устойчивости под действием нагрузок;
2. Улучшать в случае необходимости строительные свойства грунтов для возможности использования их в основании;
3. Определять рациональные размеры фундаментов и вид подземных конструкций сооружений;
4. Выбирать методы устройства фундаментов, при которых не нарушалась бы структура грунтов в основании в период строительства;
5. Разрабатывать методы по уменьшению или исключению воздействия геодинамических процессов на возводимые сооружения.

- **Выводы**

**Стоимость работ по подготовке оснований и устройству фундаментов обычно составляет 5-10 % от общей стоимости здания, а при сложных грунтовых условиях она может превысить 20 %. Это свидетельствует о важности изучения перечисленных основных задач курса.**

**СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!**