

Геология

кафедра геотехники СПбГАСУ

для студентов ФБФО

Курс Moodle «Геология»

Пароль ГЕО

*Доцент кафедры геотехники,
кандидат геолого-минералогических наук*

Заводчикова Мария Борисовна

1206611@gmail.com



Инженерная геология - отрасль геологии, изучающая состав и свойства верхних слоев земной коры, а также различные геологические процессы в связи с инженерной деятельностью человека.

объекты изучения

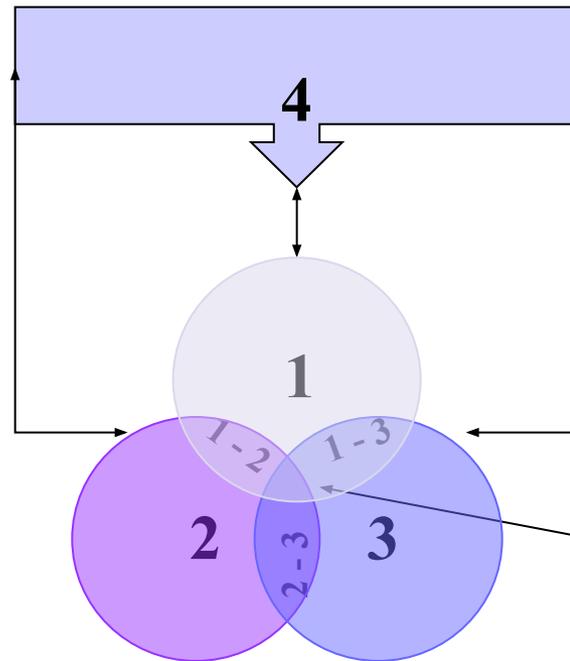


литосфера - земная кора

Задачи, решаемые инженерной геологией:

- выбор оптимального в геологическом плане места строительства объекта;
- 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.

Структура инженерно-геологического знания



4 – специальная инженерная геология.

1 – Грунтоведение (инженерная петрология).

2 – Инженерная геодинамика.

3 - Региональная ИГ.

(1 – 2 – 3) – Общая инженерная геология.

Грунтоведение - наука о формировании горных пород, их состава, состояния и физико-механических свойств.

Инженерная геодинамика – наука, объектом изучения которой являются геологические и инженерно-геологические процессы и явления

Специальная инженерная геология - раздел инженерной геологии, изучающий условия строительства сооружений

Региональная ИГ - наука о закономерностях формирования инженерно-геологических условий различных территорий

Горные породы (грунты) –

Грунт – любые горные породы, почвы, осадки и техногенные образования, рассматриваемые как многокомпонентные динамические системы и как часть геологической среды и изучаемые в связи с инженерно-хозяйственной деятельностью человека (ГОСТ 25100-2011).

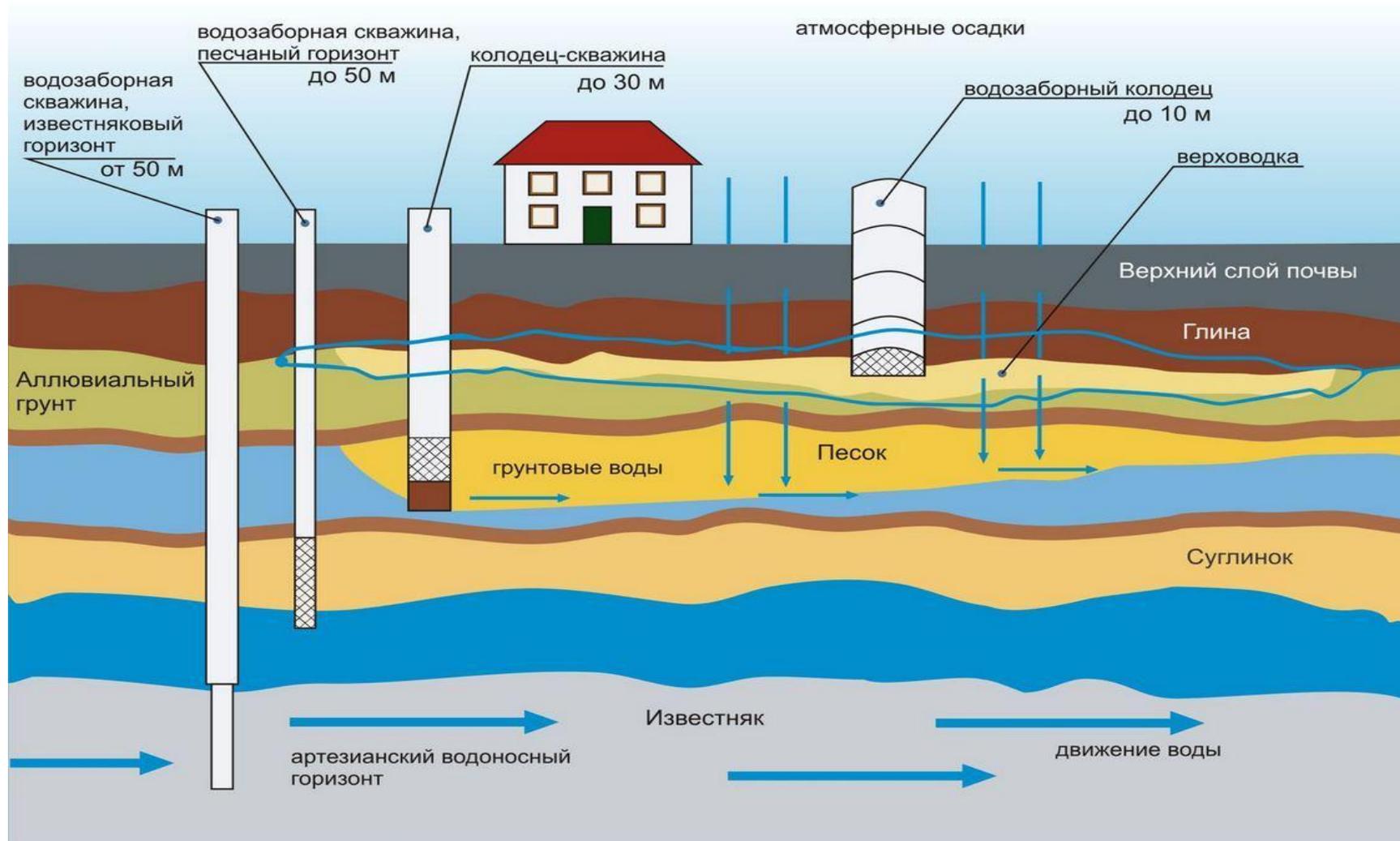
Грунты могут служить:

- ✓ Основания и среда зданий и сооружений.
- ✓ Коллектор подземных вод.
- ✓ Сырье для получения строительных материалов.
- ✓ Среда захоронения токсичных отходов.

Основания и среда зданий и сооружений



Горные породы как коллектор подземных вод



Горные породы



Речная галька



Морская галька



Песок



Глина



Гранит



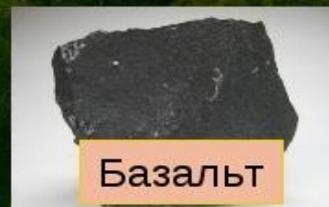
Мрамор



Каменная соль



Каменный уголь



Базальт

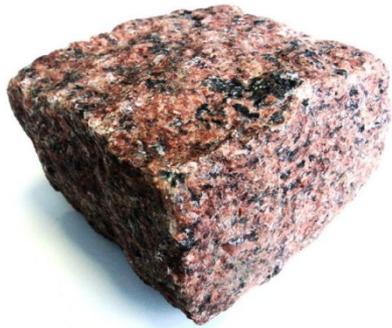


Известняк

Горные породы по генезису

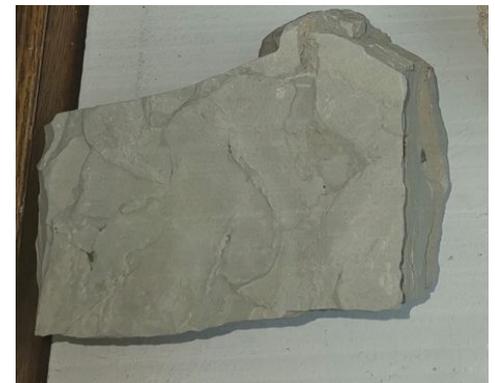
Магматические

- Интрузивные
- Эффузивные



Осадочные

- Глинистые
- Обломочные
- Хемогенные и биогенные



метаморфические



Горные породы согласно классификации ГОСТ 25100-2011 делятся на:

- **Скальные грунты** - грунты, имеющие жесткие структурные связи кристаллизационного и/или цементационного типа (в основном магматические и метаморфические)
- **Дисперсные грунты** - грунты, состоящие из совокупности твердых частиц, зерен, обломков и др. элементов, между которыми есть физические, физико-химические или механические структурные связи. Дисперсные грунты представляют собой осадочные горные породы (обломочные, глинистые, органоминеральные и органические).
- **Мерзлые грунты** - грунты, имеющие отрицательную или нулевую температуру, содержащий в своем составе видимые ледяные включения и (или) лед-цемент. В класс входят скальные, дисперсные и ледяные грунты.

В класс дисперсных грунтов входят две группы:

- **несвязные грунты** (с механическими связями) — обломочные осадочные породы в виде крупнообломочных образований и песков;
- **связные грунты** (с водно-коллоидными связями) — осадочные породы в виде минеральных (глинистых), органо-минеральных и органических образований. Земная кора практически повсеместно (не менее 60 % объема осадочных пород) покрыта глинистыми образованиями.



Классификация дисперсных погод по гранулометрическому составу согласно ГОСТ 25100-2011 (Таблица Б. 9)

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

Классификация глинистых пород по гранулометрическому составу

Название пород четвертичного возраста	Содержание частиц d<0,002 мм, в %	Соотношение между песчаной и пылевой фракциями
Глина тяжелая	>60	песч. > пыл.
Глина тяжелая пылеватая	<60	песч. < пыл.
Глина	30-60	песч. > пыл.
Глина пылеватая	30-60	песч. < пыл.
Суглинок тяжелый	20-30	песч. > пыл.
Суглинок тяжелый пылеватый	20-30	песч. < пыл.
Суглинок средний	15-20	песч. > пыл.
Суглинок средний пылеватый	15-20	песч. < пыл.
Суглинок легкий	10-15	песч. > пыл.
Суглинок легкий пылеватый	10-15	песч. < пыл.
Супесь тяжелая	6-10	песч. > пыл.
Супесь тяжелая пылеватая	6-10	песч. < пыл.
Супесь легкая	3-6	песч. > пыл.
Супесь легкая пылеватая	3-6	песч. < пыл.
Песок	<3	песч. > пыл.
Песок пылеватый	<3	песч. < пыл.

Гранулометрический состав

Относительное содержание по массе частиц грунта различного размера, выраженное в процентах к общей массе сухого грунта, называется *зерновым (гранулометрическим) составом грунта*.

Определение гранулометрического состава заключается (ГОСТ 12536-2014) в установлении процентного содержания в грунте по массе частиц того или иного размера.



В инженерной геологии грунты подразделяют по размерам частиц на **четыре фракции**: гравийную (и галечниковую), песчаную, пылеватую и глинистую

не обладают связностью в сухом состоянии и не набухают в воде. Водопроницаемость их значительна

Пластичность, липкость, набухание, проявляются в очень сильной степени

Классификация фракций Табл. 1

Фракция	Размер фракции, мм	
Валуны и глыбы:		
крупные	>800	
средние	800-400	Водопроницаемость таких частиц
мелкие	400-200	достигает более 100 м/сут.
Галька и щебень:		
очень крупные	200-100	Наличие этих частиц в грунте в количестве более 30% придает ему прочность и устойчивость.
крупные	100-60	
средние	60-40	
мелкие	40-20	
Гравий и дресва:		
крупные	20-10	
средние	10-4	
мелкие	4-2	
Песчаные частицы:		
грубые	2-1	
крупные	1-0,5	отличаются от песчаных способностью легко переходить в плавунное состояние.
средние	0,5-0,25	
мелкие	0,25-0,10	
тонкие	0,10-0,05	
Пылеватые частицы:		
крупные	0,05-0,01	Водопроницаемость грунтов, состоящих из пылеватых (особенно мелких пылеватых) частиц, крайне незначительна.
мелкие	0,01-0,002	
Глинистые частицы:		
грубые	0,002-0,001	
тонкие	<0,001	

Характеристика составляющих компонент грунта

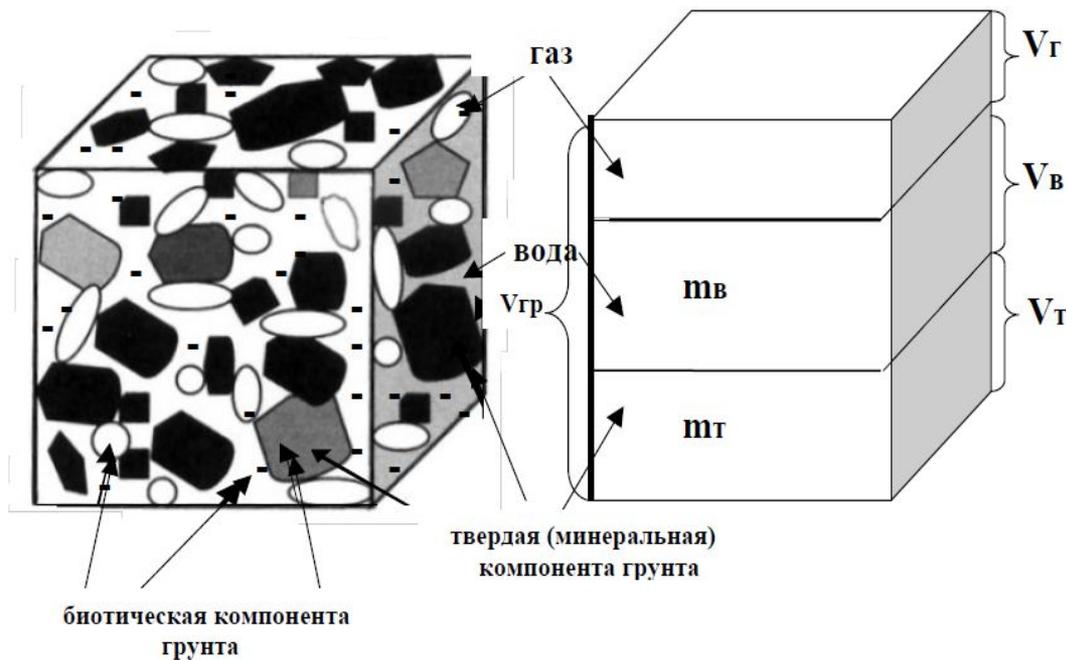
Минеральная компонента

Жидкая компонента

Газообразная компонента

Биотическая компонента

Активно взаимодействуют между собой, обуславливая определенные строительные качества грунтов



$V_{Гр}$ – объём грунта

$V_{Т}$ – объём твердой (минеральной) части грунта

$V_{П}$ – объём пустот (заполненных водой и воздухом или газами)

$V_{В}$ – объём воды

$V_{Г}$ – объём газа (воздуха)

$$V_{Гр} = V_{П} + V_{Т}$$

$$V_{П} = V_{В} + V_{Г}$$

$m_{гр}$ – масса грунта

$m_{т}$ – масса твердой

(минеральной) части грунта

$m_{в}$ – масса воды

$$m_{гр} = m_{т} + m_{в}$$

Грунт 4-х фазная система!!!!

Минералогический (минеральный) состав грунтов.

Определяет в конечном счете как саму породу, так и ее состояние и инженерно-геологические свойства!!!

Минеральные образования, входящие в состав твердого компонента грунта, подразделяют на 4 группы:

- **Первичные** (порообразующие) минералы – кварц, слюды, полевые шпаты. Образуют скелет грунта.
- **Вторичные** (глинистые, оксиды и гидроксиды железа и алюминия и др) выполняют роль цементирующего вещества.
- **органическое вещество и органо-минеральные комплексы**
- **лед**

Виды воды в грунтах

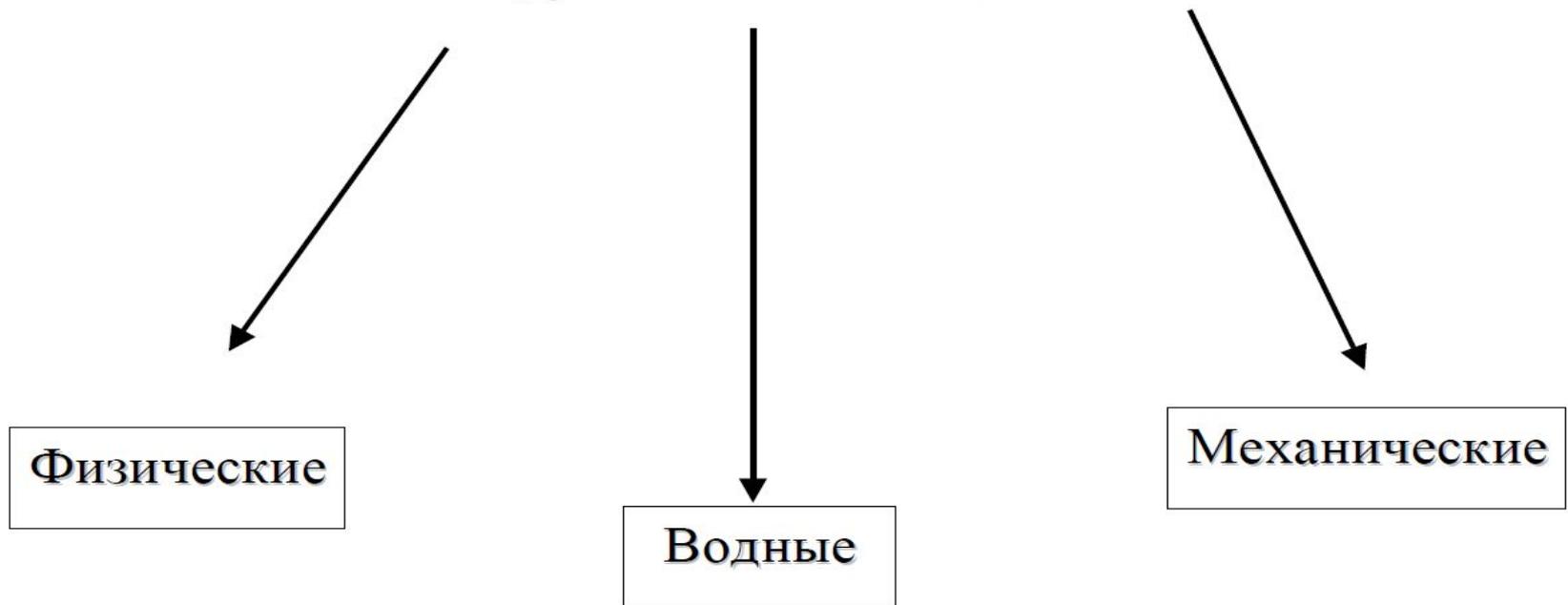
Вода в грунтах может находиться в трех агрегатных состояниях: парообразном, жидком и твердом.

Все формы воды можно разделить:

- Парообразная (находится в воздухе, который заполняет поры породы (0,001% от веса грунта));
- СВЯЗАННАЯ ВОДА (Связанная вода не подчиняется действию силы тяжести и удерживается силами молекулярных связей, значительно превышающими силу тяжести)
 - прочносвязанная (гигроскопическая)
 - Рыхлосвязанная
 - Капиллярная
- свободная (гравитационная)
- в твердом состоянии (лед)
- кристаллизационная и химически связанная

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

Физико-механические свойства песчаных и глинистых грунтов и их показатели



Их выражают и оценивают с помощью определенных показателей- **характеристик**.

Главнейшими физическими свойствами песчаных и глинистых пород являются плотность, пористость и влажность.

Плотность

Плотность грунта естественной влажности -
Отношение массы грунта к объему

плотность минеральной части
 ρ_s (ρ_m) – отношение массы твердых частиц к объему



Плотность скелета грунта ρ_d ($\rho_{ск}$) –
отношение массы сухого грунта к объему



Коэффициент пористости e характеризует отношение объема пор к объему твердой компоненты, выражается в долях единицы

Консистенцией грунта называют его состояние, характеризующие способность сохранять свою форму без или при наличии внешнего механического воздействия.

□ Влажность, при которой грунт переходит из пластичного состояния в текучее, называется влажностью верхнего предела пластичности (W_L) – **граница текучести**. Влажность грунта на границе текучести определяется методом балансировочного конуса (по ГОСТ 5180-84).

□ Влажность, при которой грунт переходит из пластичного состояния в твердое, называется влажностью нижнего предела пластичности (W_p) – **границей раскатывания**. Влажность грунта на границе раскатывания определяется методом раскатывания (ГОСТ 5180-84).

Расчетные характеристики:

□ **Число пластичности** – интервал влажности, в пределах которого глинистая порода находится в пластичном состоянии, выражается в процентах:

$$I_P = W_L - W_P.$$

□ Для количественной характеристики консистенции грунтов определяют показатель консистенции (I_L) – **показатель текучести**, рассчитываемый по формуле (д.ед.)

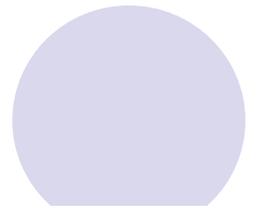
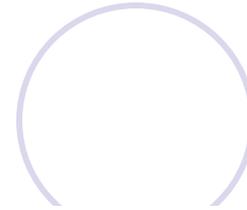
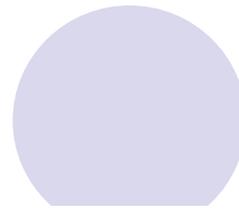
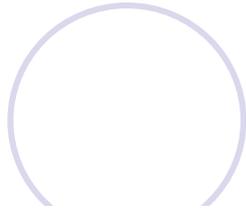
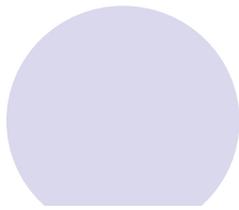
$$I_L = \frac{W - W_P}{W_L - W_P} = \frac{W - W_P}{I_P}$$

Классификация глинистых грунтов по числу пластичности с учетом гранулометрического состава по ГОСТ 25100-2011

Разновидность глинистого грунта	Число пластичности, I_p	Содержание песчаных частиц (2-0,05 мм), %
Супесь: песчанистая	$1 \leq I_p < 7$	≤ 50
пылеватые	$1 \leq I_p < 7$	< 50
Суглинок: легкий песчанистый	$7 \leq I_p < 12$	≥ 40
легкий пылеватый	$7 \leq I_p < 12$	< 40
тяжелый песчанистый	$12 \leq I_p < 17$	≥ 40
тяжелый пылеватый	$12 \leq I_p < 17$	< 40
Глина: легкая пылеватая	$17 \leq I_p < 27$	≥ 40
легкая пылеватая	$17 \leq I_p < 27$	< 40
тяжелая	≥ 27	Не регламентируется

Глинистые грунты	I_L
Супеси:	
твердые	< 0
пластичные	$0 - 1$
текучие	> 1
Суглинки и глины:	
твердые	< 0
полутвердые	$0 - 0.25$ вкл.
тугопластичные	$0.25 - 0.50$ вкл.
мягкопластичные	$0.50 - 0.75$ вкл.
текучепластичные	$0.75 - 1.0$ вкл.
текучие	> 1.0

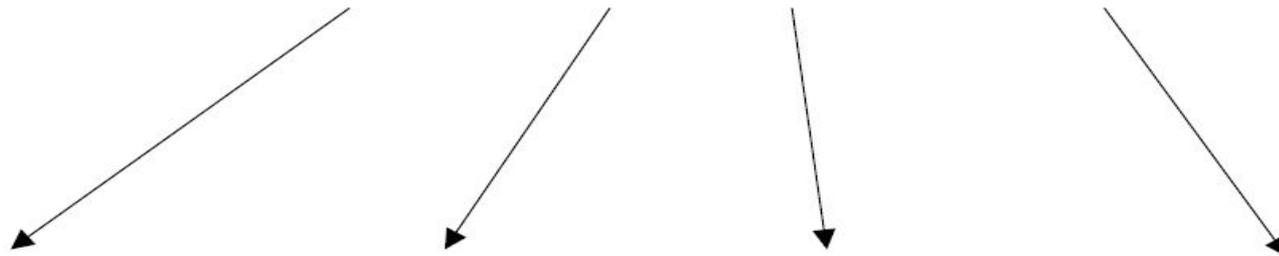
Классификация глинистых пород по консистенции согласно ГОСТ 25100-2011 (Таблица Б.19)



Водные свойства песчаных и глинистых грунтов

Определяют отношение песчаных и глинистых грунтов к воде и при инженерно-геологической оценке имеют важное значение.

Основные показатели



водоустойчивость

влажеоёмкость

капиллярность

водопроницаемость

Под влагоёмкостью породы понимается её способность вмещать и удерживать определённое количество воды.

Различают породы:

- влагоёмкие (глины и суглинки);
- средне влагоёмкие (супеси, пески мелкозернистые и тонкозернистые;
- невлагоёмкие (пески, галечники, щебень).

Водопроницаемость – способность пород пропускать гравитационную воду через поры (рыхлые породы) или трещины (плотные породы) под действием напора.

Водопроницаемость пород (или их фильтрационные свойства) характеризует **коэффициент фильтрации k_f** (см/с, м/ч или м/сут), представляющим собой скорость движения подземных вод при гидравлическом градиенте, равном 1.

Разновидность грунта	k_f , м/сут
Водонепроницаемые	$\leq 0,005$
Слабоводопроницаемые	0,005-0,3 вкл
Водопроницаемые	0,3-3 вкл
Сильноводопроницаемые	3-30 вкл
Очень сильноводопроницаемые	>30

Коэффициент фильтрации является основной расчетной характеристикой при расчетах фильтрации, водопритоков, водопонижений, дренажей, прогноза формирования зоны подтопления, прогноза осадок сооружений во времени и др.!!!!

Приближенная оценка величин коэффициента фильтрации возможна по табличным данным.

Для получения более обоснованных значений коэффициента фильтрации применяют расчетные, лабораторные и полевые методы.

Характеристики водопроницаемости необходимы для проектирования дренажных мероприятий любых территорий!

Механические свойства горных пород определяют их поведение под воздействием внешних усилий – нагрузки!

Необходимы для расчета величины осадок сооружений, оценки степени устойчивости оползневых склонов и откосов выемок и др

Прочностные

под прочностью грунтов понимается их способность сопротивляться разрушению под влиянием механических напряжений

Характеризуются:

- Сцеплением
- Углом внутреннего трения
 - сопротивлением сжатию
 - сопротивлением скалыванию
 - сопротивлением растяжению

Деформационные

определяются их сжимаемостью под нагрузкой, обусловленной смещением минеральных части относительно друг друга и соответственно уменьшением объема пор вследствие деформации частиц породы, воды и газа.

Характеризуются:

- модулем общей деформации E ,
- коэффициентом Пуассона ν ,
- коэффициентами сжимаемости a и консолидации,
- модулем упругости E_y
- модулями сдвига и объемного сжатия

Механические свойства определяют в лабораторных и полевых условиях (ГОСТ 12248-2011; ГОСТ 20276-2012).

Деформационные свойства

В лабораторных условиях сжимаемость определяют в специальных приборах – одометрах в условиях, исключающий возможность бокового расширения образца грунта, помещенного в жесткое металлическое кольцо (метод компрессионного сжатия).



Прочностные свойства.

28

В зависимости от передаваемой нагрузки различают следующие типы испытаний: одноосное сжатие, одноплоскостной сдвиг и трехосное сжатие.

- ✓ Сопротивление сдвигу характеризует прочность **дисперсных** (песчаных и глинистых) грунтов, т. е. их способность сопротивляться разрушению.
- ✓ Испытания пород на трехосное сжатие правильнее моделируют их напряженное состояние в естественных условиях залегания и дают достаточно надежные данные о сопротивлении сдвигу, но они более сложны, чем испытания в срезных приборах. Поэтому они не могут быть массовыми в условиях производственных исследований.



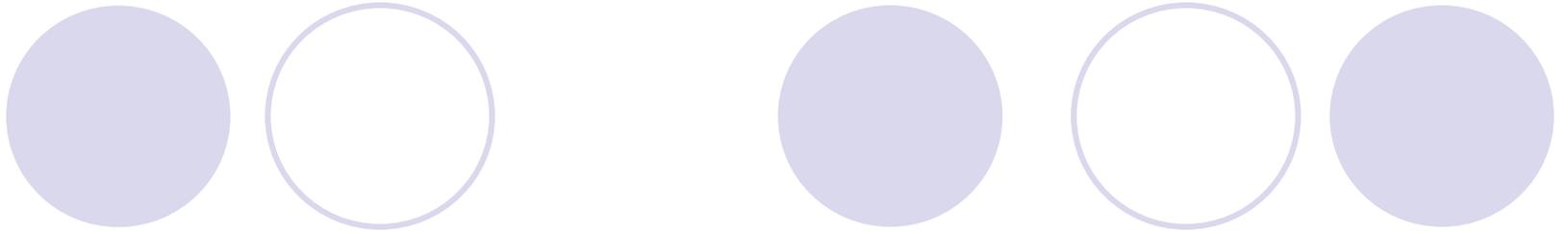
Одноплоскостной сдвиг



Трехосное сжатие



Одноосное сжатие



Параметры физико-механических свойств грунтов определяются в полевых условиях и лаборатории в ходе инженерно-геологических изысканий!!!

Основы организации инженерных изысканий в строительстве

Строительству любых инженерных сооружений всегда предшествует их проектирование, которое выполняется по материалам инженерных изысканий. Фундаменты проектируются индивидуально для каждого объекта с учетом особенностей инженерно-геологических, гидрогеологических и климатических условий площадки строительства!!!

Стадии инвестиционно-строительного цикла

Стадии, Затраты %	Предпроектная стадия	Проектно-изыскательские работы (ПИР)		Строительно- монтажные работы	Пуско- наладочные работы
		Инженерные изыскания	проектирован ие		
По времени	5....10	10....20		70...85	До 10
По затратам	Меньше 1	2....6		93...97	2....3

Система инженерных изысканий в строительстве

Инженерные изыскания в строительстве включают в себя:

- 1 **Инженерно-геодезические изыскания** (изучают и анализируют данные о рельефе земельного участка, его гидросети, растительности; наличии и расположении зданий и сооружений, линейных объектов, наземных и подземных коммуникаций)
- 2 **Инженерно-гидрометеорологические изыскания** (изучают климатические условия территории и прогнозируют их изменения в период строительства и эксплуатации).
- 3 **Инженерно-экологические изыскания** (выполняют для оценки экологической обстановки в зоне строительства)
- 4 **Инженерно-гидрологические изыскания** (проводятся для изучения гидрологического режима территории суши, прилегающей к площадке строительства)
- 5 **Инженерно-геологические изыскания**
(выполняются для оценки инженерно-геологических условий района строительства)

Инженерно-геологические изыскания – основа инженерных изысканий!!!

Инженерно-геологические изыскания выполняются для:

- Оценки инженерно-геологических условий района строительства;
- Выбора типа фундамента;
- Способа производства работ нулевого цикла;
- Определение целесообразности разработки мероприятий по инженерной защите окружающей среды.



Инженерно-геотехнические изыскания выполняются под отдельные здания и сооружения на площадках с изученными инженерно-геологическими условиями с целью построения расчетной геотехнической модели взаимодействия зданий и сооружений с геологической средой.

При проведении инженерных изысканиях применяют следующие основные виды работ:

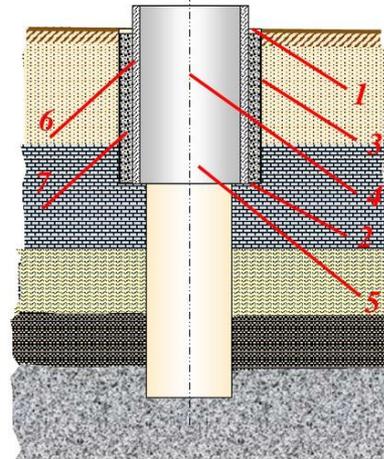
- **Инженерно-геологическая рекогносцировка** (*сбор и обобщение ранее накопленной информации*)
- **Инженерно-геологическая съемка** (*комплексное изучение из условий для выбора района и места расположения сооружений*)
- **Инженерно-геологическая разведка** (*метод получения информации об инженерно-геологических условиях некоторой области литосферы путем проведения различных работ*)
- **Режимные инженерно-геологические исследования** (*метод получения информации об изменении состояния геологической среды во времени*)
- **Инженерно-геологическое опробование**
- **Методы полевых инженерно-геологических исследований**

Бурение

- ✓ Объект инженерно-геологического бурения - верхняя часть земной коры, находящаяся в зоне взаимодействия с инженерными сооружениями.
- ✓ Средняя глубина инженерно-геологических скважин составляет 20 м.
- ✓ При инженерно-геологических работах наиболее часто используют *шурфы* и *буровые скважины*.
- ✓ *Шурфы* — колодцеобразные вертикальные выработки прямоугольного (или квадратного) сечения.



Элементы буровой скважины



- **Устье скважины (1)** – пересечение трассы скважины с дневной поверхностью
- **Забой скважины (2)** – дно буровой скважины, перемещающееся в результате воздействия породоразрушающего инструмента на породу
- **Стенки скважины (3)** – боковые поверхности буровой скважины
- **Ось скважины (4)** – воображаемая линия, соединяющая центры поперечных сечений буровой скважины
- **Ствол скважины (5)** – пространство в недрах, занимаемое буровой скважиной.
- **Обсадная колонна (6)** – колонна соединенных между собой обсадных труб. Если стенки скважины сложены из устойчивых пород, то в скважину обсадные колонны не спускают

В процессе проходки выработок:

✓ производят отбор и упаковку образцов грунтов (в соответствии с ГОСТ 12071 – 2000). Пробы отбирают послойно, на всю глубину выработки, но не реже чем через каждые 0,5—1,0 м. Наиболее детально опробуется слой, который будет **несущим основанием сооружений**.

✓ Производят отбор проб воды для лабораторных исследований.

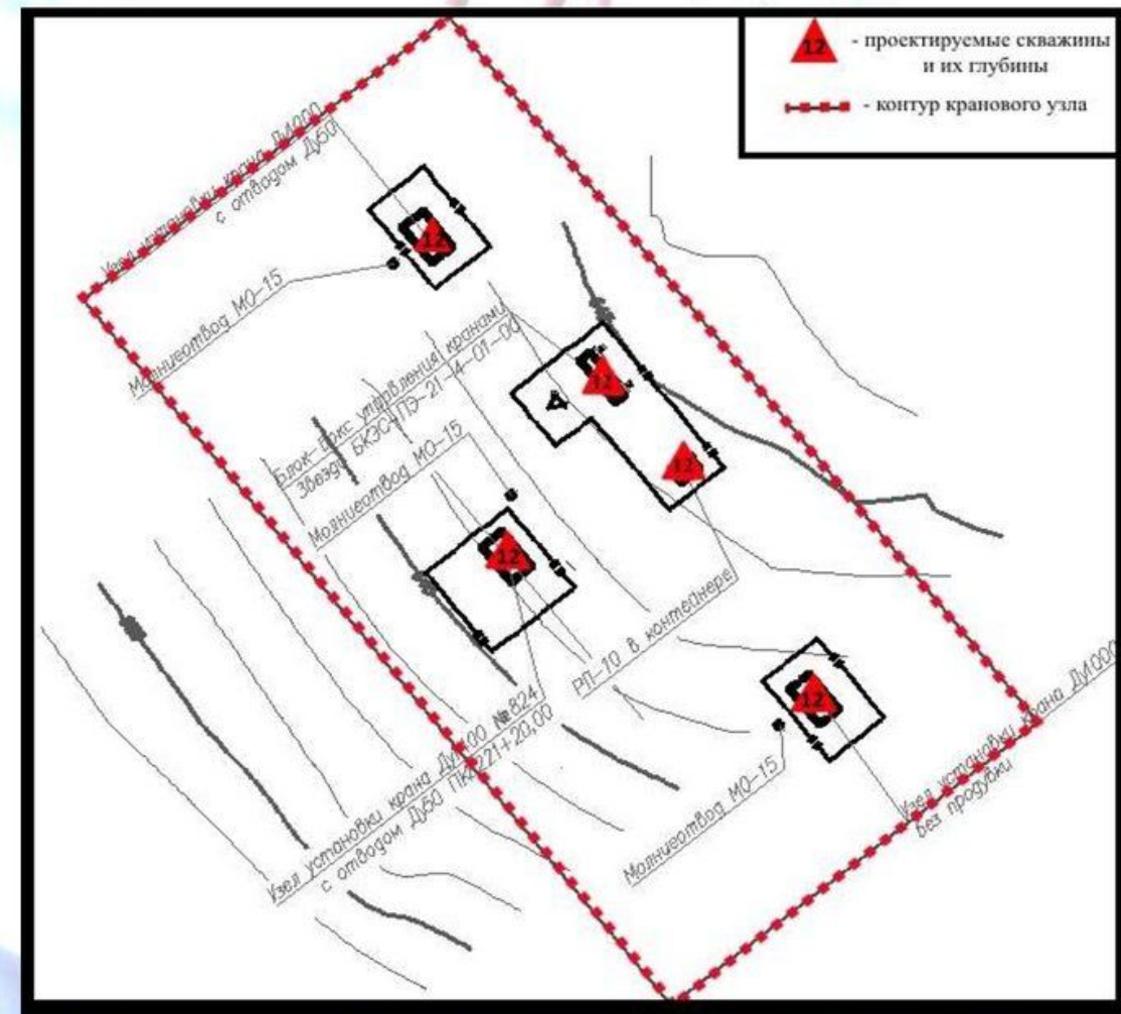
Отбирают образцы нарушенной и ненарушенной структуры, и образцы рыхлых пород.

Образцы рыхлых пород отбирают при помощи грунтоносов.



*Одним из важных вопросов из разведки является создание сети точек наблюдения и схем опробования, т.е. как на местности размещены горные выработки и точки производства опытных и геофизических работ!
Размещение зависит от сложности строения участка и от характера проектируемого сооружения!*

План расположения скважин



Подземные воды как один из факторов инженерно-геологической обстановки.

Гидрогеология – наука о подземных водах, которая изучает:

□ их происхождение и формирование,

□ условия распространения,

□ законы движения, режим,

□ запасы и состав,

□ занимается вопросами практического использования подземных вод в народном хозяйстве,

□ и разработкой мероприятий по борьбе с подземными водами при ведении горных работ, строительстве и эксплуатации различных объектов

Подземная вода (ПВ)-

это свободная вода, заполняющая поры и трещины горных пород и располагается ниже отметки поверхности земли.

Классификации ПВ:

1. по положению в разрезе:

Верховодка, грунтовая вода, межпластовые напорные и ненапорные воды.

2. по химическому составу (по сумме солей): пресные, минерализованные, солоноватые, соленые и рассолы.

3. по происхождению (свободная, гравитационная, капиллярная, конденсационная, ювениальная - образуются из кислорода и водорода, выделяющихся из магмы)

4. По температуре воды (по А.В. Щербакову)
(переохлажденные (меньше 0), холодные (0-20), термальные, перегретые)

5. По гидравлическому признаку: напорные и безнапорные. Так же выделяют

- в скальных массивах –трещиновато-жильные и трещиновато-карстовые;
- в зоне вечной мерзлоты – над-, меж-, под- мерзлотные воды



В гидрогеологическом отношении все породы делятся на 3 группы:

1. Водопроницаемые – галечники, гравий, песок. Рыхлые песчаники и все сильнотрещиноватые породы.

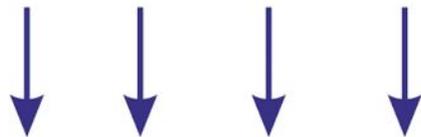
2. Полупроницаемые – глинистые пески, лесс, известняки, песчаники и слаботрещиноватые метаморфические и магматические породы.

3. Практически непроницаемые – глины, суглинки и все массивные кристаллические и осадочные породы, если они не трещиноватые.

Водопроницаемые и полупроницаемые породы образуют в земной коре систему водоносных горизонтов.

Водоносным горизонтом называется водопроницаемый пласт, насыщенный водой, и ограниченный водонепроницаемыми породами снизу и сверху, или только снизу.

Атмосферные осадки



Суглинок

Зона аэрации

Верховодка

Песок
(водоносный слой)

Грунтовая вода

Глина
(первый водоупор)

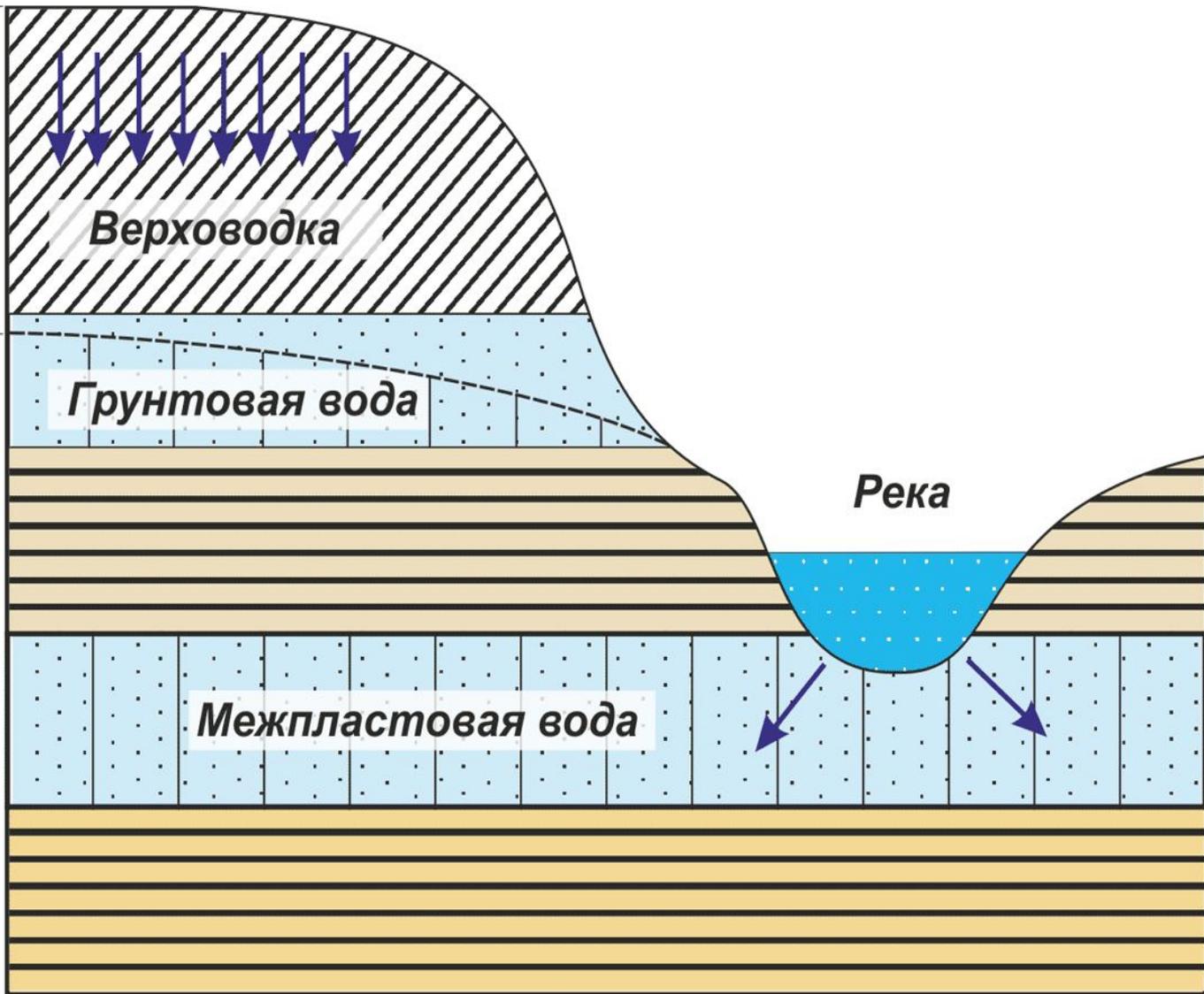
Песок
(водоносный слой)

Река

Зона полного насыщения

Межпластовая вода

Глина
(второй водоупор)



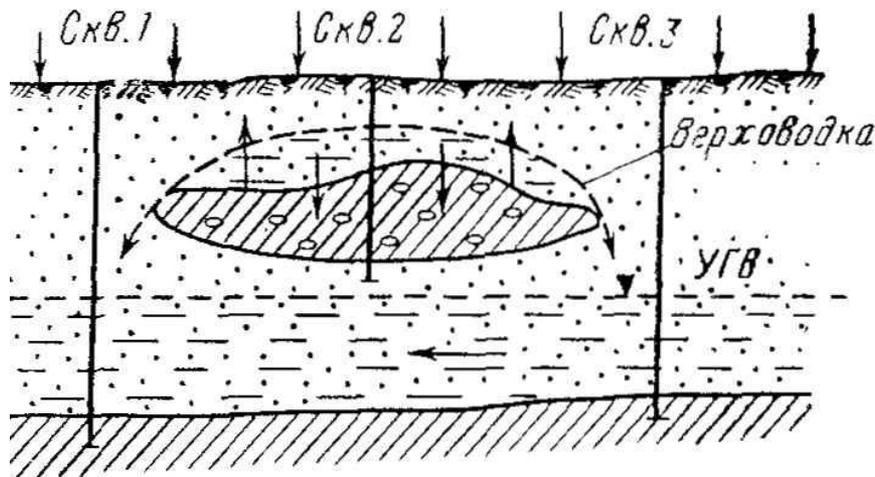
Подземные воды – добро и зло

- ✓ Хозяйственно-питьевое водоснабжение.
- ✓ Бальнеологические цели.
- ✓ Извлечение ценных химических элементов (бор, бром, йод, стронций, литий и др.).
- ✓ Энергетический ресурс.

-
- ✓ Затапление котлованов (траншей)
 - ✓ Нарушение устойчивости стенок котлована
 - ✓ Прорыв дна котлована под воздействием напорных вод
 - ✓ Проседание поверхности грунта за счет водопонижения
 - ✓ Подтопление подвалов зданий и сооружений
 - ✓ Агрессивная среда к строительным материалам.

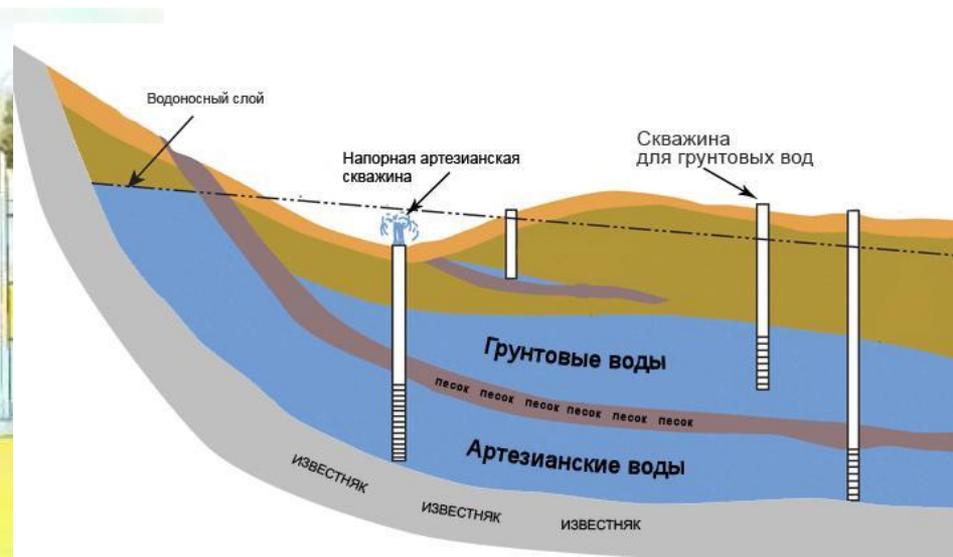
Верховодка

- Формируется в пределах зоны аэрации на сравнительно небольшой глубине от поверхности земли в результате инфильтрации атмосферных осадков. По существу, это временное скопление воды на отдельных линзах водонепроницаемых пород среди водопроницаемых в супесях и лессах. Такие скопления воды распространены, как правило, локально.
- Мощность от 0,5 до 2-3 м, редко больше. Верховодки представляет значительную опасность для строительства. Залегая в пределах подземных частей зданий и сооружений, она может вызвать их подтопление, если заранее не были предусмотрены меры дренирования или гидроизоляции.



Грунтовые водоносные горизонты

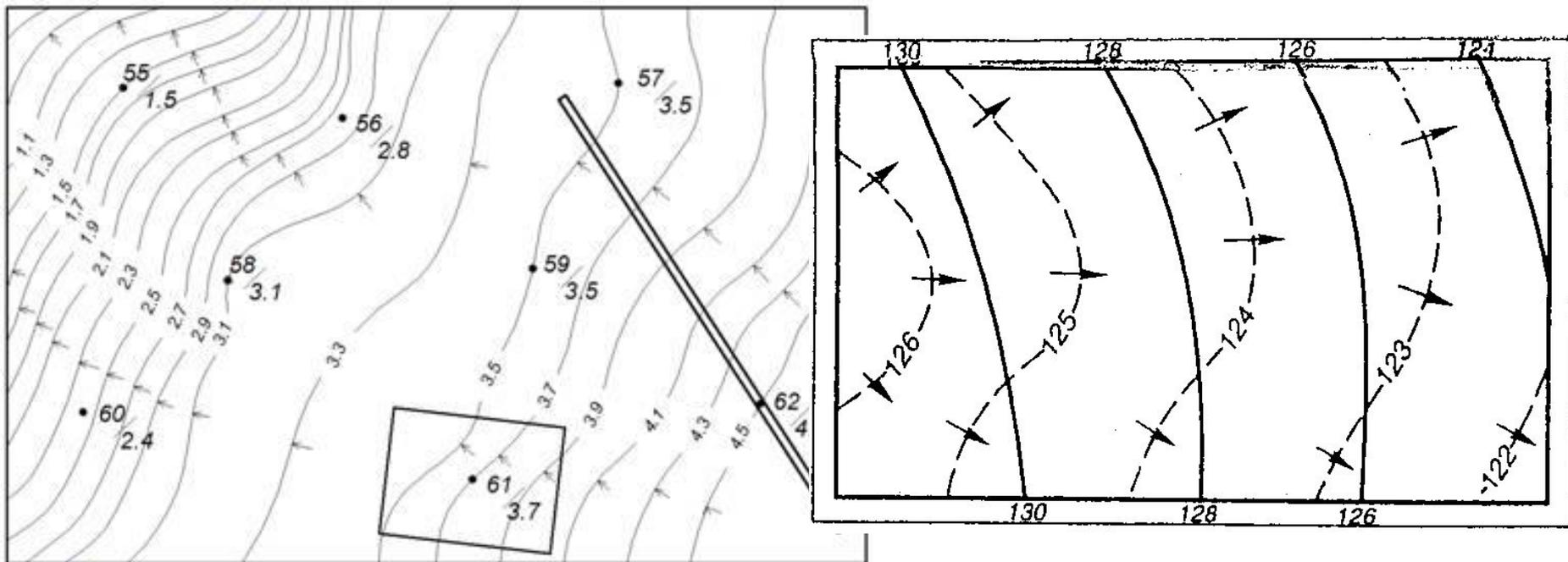
- Они приурочены к первому от поверхности водовмещающему слою, расположенному на первом от поверхности водонепроницаемом слое. Они могут накапливаться как в рыхлых пористых породах, так и в трещиноватых и закарстованных горных породах. В грунтовых водах следует различить верхнюю поверхность (уровень), или зеркало, грунтовых вод и водоупорное ложе.
- Мощность водоносного горизонта определяется расстоянием от зеркала (уровня) грунтовых вод до водоупорного ложа.
- Грунтовые воды по гидравлическим особенностям – безнапорные.



Грунтовые воды наиболее доступны для водоснабжения, но легко подвержены загрязнению.

Особенности распространения грунтовых вод в пределах изучаемого участка характеризуют с помощью карт гидроизогипс.

Гидроизогипса — линия, соединяющая точки с одинаковыми абсолютными или относительными отметками уровней грунтовых вод.





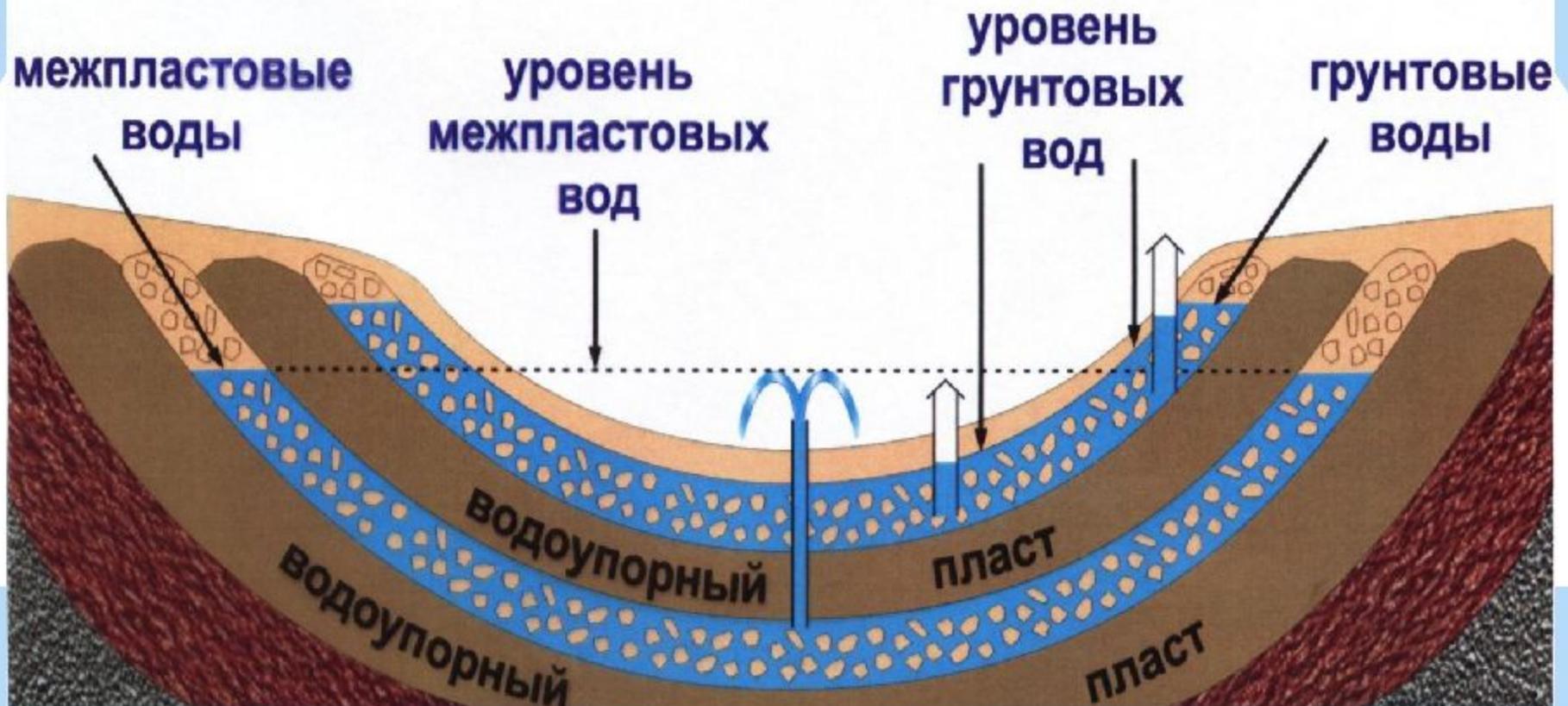
Межпластовые воды

напорные (артезианские)

безнапорные

Артезианские — напорные подземные воды Артезианские — напорные подземные воды, заключённые в водоносных пластах горных пород Артезианские — напорные подземные воды, заключённые в водоносных пластах горных пород между водоупорными слоями. При вскрытии буровой скважиной Артезианские — напорные подземные воды, заключённые в водоносных пластах горных пород между водоупорными слоями. При вскрытии буровой скважиной или шурфом Артезианские — напорные подземные воды, заключённые в водоносных пластах горных пород между водоупорными слоями. При вскрытии буровой скважиной или

Артезианская вода



КАРТА ВОДОНОСНЫХ ГОРИЗОНТОВ ЛЕНОБЛАСТИ



Архей-протерозойский
Отмечается постоянное превышение содержания железа.



Вендский
В водах большинства водозаборов отмечается низкое содержание фтора.



Нижнекаменноугольный
Подземные воды напорные, умеренно жесткие. На юге территории в низах комплекса воды с повышенным содержанием сульфатов, на востоке минерализация достигает 13,9 г/дм³.



Верхнекаменноугольный
Подземные воды преимущественно слабонапорные. По химическому составу гидрокарбонатные магниево-кальциевые, умеренно жесткие.



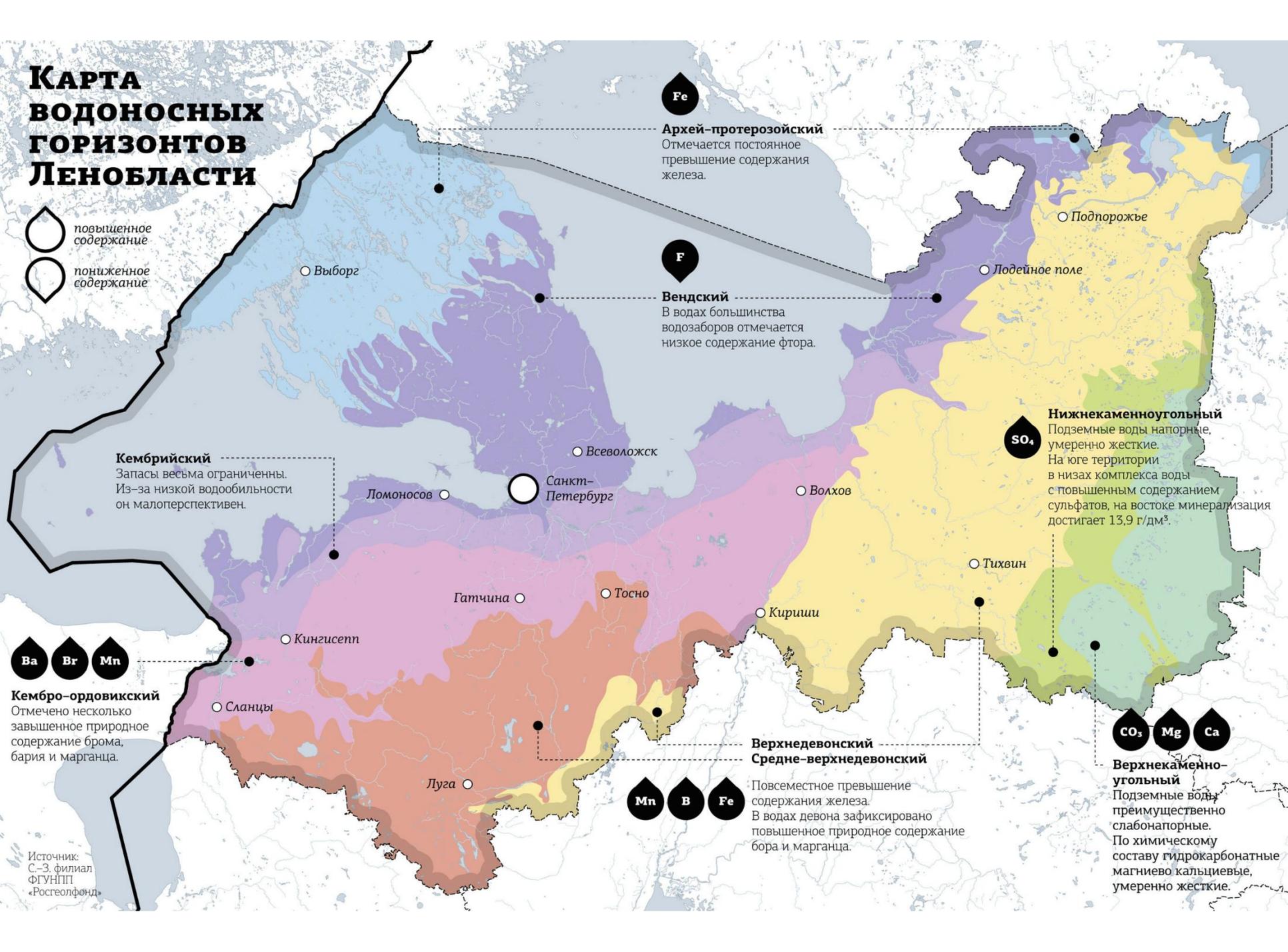
**Верхнедевонский
Средне-верхнедевонский**
Повсеместное превышение содержания железа. В водах девона зафиксировано повышенное природное содержание бора и марганца.

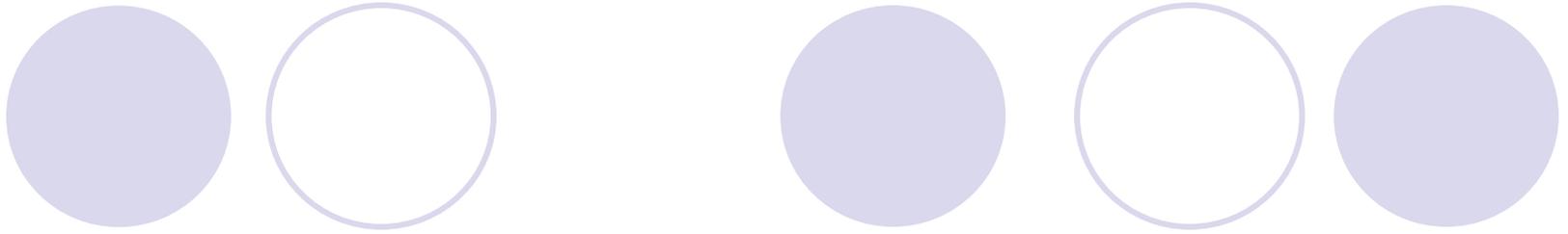
Кембрийский
Запасы весьма ограничены. Из-за низкой водообильности он малоперспективен.



Кембро-ордовикский
Отмечено несколько завышенное природное содержание брома, бария и марганца.

Источник:
С.-З. филиал
ФГУНПП
«Росгеолфонд»





С подземными водами связан ряд опасных процессов и явлений!

- ✓ Карстообразование
- ✓ Плывуны
- ✓ Суффозионные явления
- ✓ Агрессивность подземных вод и коррозия
- ✓ Подтопление
- ✓ Водопритоки

Особое место в системе подземных вод занимают **карстовые воды**, приуроченные к массивам растворимых пород. Схема строения массива карстовых пород.



Карст представляет собой комплекс явлений и процессов, результатом которых является возникновение поверхностных и глубинных пустот в растворимых водою горных пород.

В зависимости от состава пород различают:

- ✓ карбонатный (известняк, доломит, мел, мрамор и пр.),
- ✓ сульфатный (гипс, ангидрит)
- ✓ соляной (каменная, калийная соли).

Процессы развития карста наиболее ярко проявлены в образовании карстовых форм – поверхностных и подземных.

Поверхностные: воронки, котловины, балки, долины, шахты, колодцы.

Подземные: пещеры.

Заполняющие эти каналы и пещеры подземные воды называются **карстовыми**.

Иногда в карстовых пещерах образуются подземные озера, а в некоторых районах по карстовым каналам текут постоянно действующие карстовые реки.



РАЙОНЫ РАСПРОСТРАНЕНИЯ КРУПНЕЙШИХ КАРСТОВЫХ ПОЛОСТЕЙ



Карстовые полости заложены в породах:

- карбонатных
- карбонатных и сульфатных
- сульфатных
- карбонатных и в конгломератах

Масштаб 1:45 000 000

Карстовые провалы всегда внезапны и катастрофичны по своим последствиям



Озеро Кингсли,
Флорида



Провал в Витнер парке,
Флорида



Карстовая воронка в Гватемале



Комплексы противокарстовых мероприятий:

- ✓ Планировка территории и регуляция поверхностного стока.
- ✓ Каптаж подземных вод и дренаж обводнённых пород.
- ✓ Устройство опор глубокого заложения.
- ✓ Уплотнение и укрепление пород цементацией.
- ✓ Конструктивное усиление зданий и сооружений.

При проходке горных выработок с подземными водами
связан ряд опасных процессов!

Плывуны

Плывун – пески (супеси) тонко- и мелкозернистые, пылеватые и сильно пылеватые, водонасыщенные, потерявшие устойчивость и пришедшие в движение в результате вскрытия котлованами и горными выработками.

Плывуны осложняют строительство, поэтому важно определить способность породы переходить в плывунное состояние и вид плывуна. Это можно сделать по ряду внешних признаков и на основе лабораторных анализов.

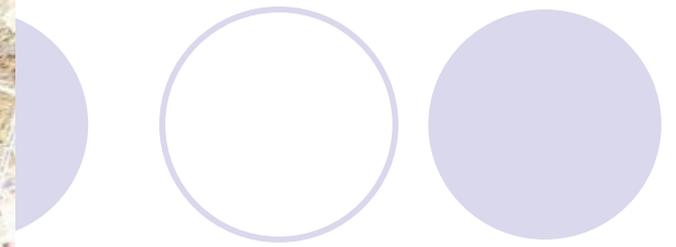


Меры борьбы с пльвунами

Пльвуны следует всегда рассматривать как слабое основание и проектировать фундаменты после их искусственного закрепления и усиления самих фундаментов.

Все способы борьбы с пльвунами можно разделить на 3 группы:

- искусственное осушение пльвунных пород в период строительства (открытая откачка воды из котлованов, иглофильтры и др);
- ограждение пльвунов путем создания шпунтовых стен,
- закрепление пльвунов путем изменения их физических свойств (силикатизация, цементация, замораживание и т. д.).



Шпунтовая стена



Суффозионные явления

Суффозия – это вынос мелких частиц из породы, заполнителя из трещин и полостей.

Суффозия вызывает уменьшение плотности породы и соответственно увеличение пористости. Как следствие нарушается устойчивость склонов и откосов, образуются оползни, возникают значительные и неравномерные осадки сооружений.

Различают два вида суффозии —

- ◆ **механическую**
- ◆ **химическую**

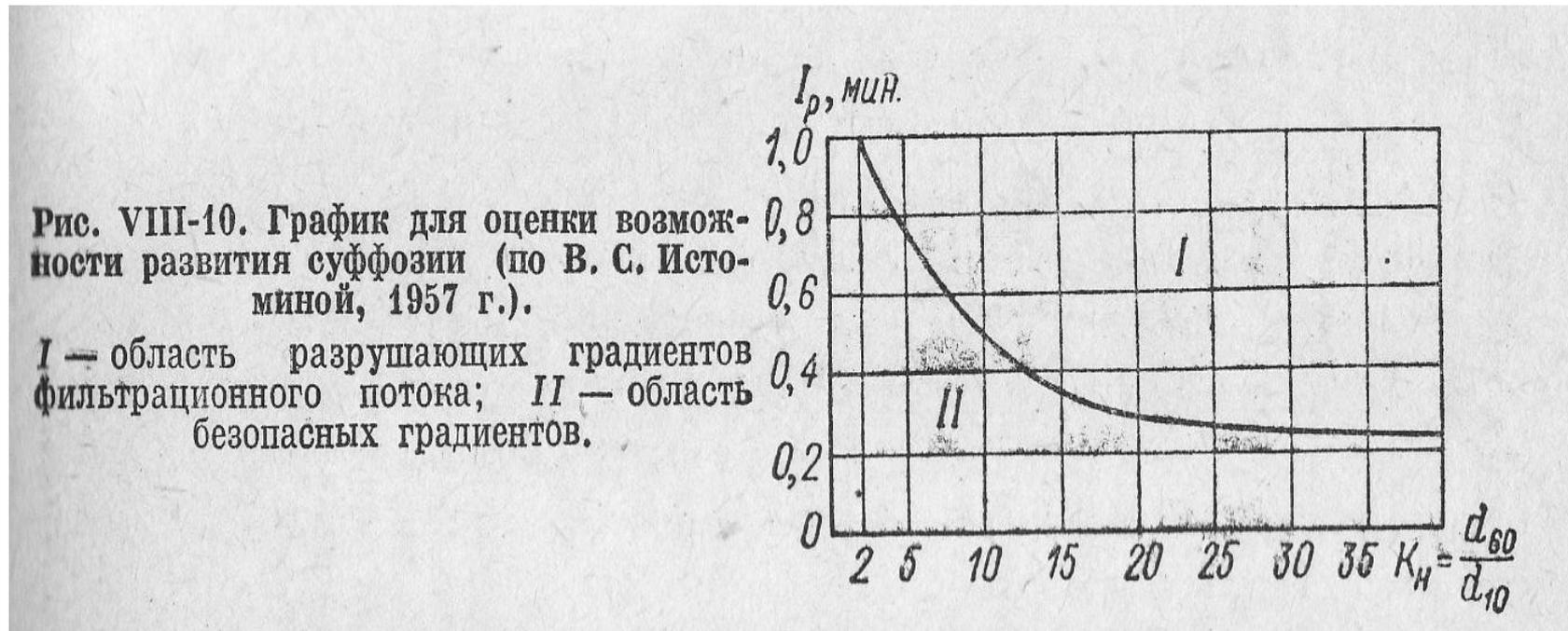
Основными условиями развития механической суффозии являются:

1. неоднородность гранулометрического состава песчаных грунтов, при котором возможен вынос мелких частиц из песчаной толщи;
2. критическая величина вымывающих скоростей фильтрационного потока;
3. наличие условий для выноса мелких частиц на дневную поверхность в основаниях склонов, строительных котлованах, различных выемках и т.д.

Для развития суффозии необходимо, чтобы коэффициент неоднородности грансостава C_u был больше 10, а градиент напора больше 5.

$$C_u(K_n) = \frac{d_{60}}{d_{10}} > 20(10)$$

Наиболее часто для оценки возможности развития суффозии в горных выработках используют график В. С. Истоминой (1957), вычисляя напорный градиент в зависимости от понижения при откачке $I_p = S/0,33R$, где R – радиус влияния откачки.



При попадании точки в область разрушающих градиентов графика на рис. Н.1 делают вывод о возможности суффозии при водопонижении.

В откосах строительных выемок суффозионный вынос частиц приводит к оседанию поверхности, образованию провалов, воронок, оползней.



Трещина грунта на территории завода «Уралкалий»

Последствия суффозионного выноса



Обрушение жилого здания в результате развития суффозионного процесса, вызванного закрытым фильтрационным выносом песчаного материала в строящийся подземный коллектор



на Б.Дмигровке, 1999

Методы борьбы с суффозионными явлениями:

- ✓ прорезка фундаментами зданий слоя суффозионного грунта;
- ✓ водозащита оснований от проникновения в них атмосферных и технических вод;
- ✓ прекращение фильтрации подземной воды устройством дренажей и непроницаемых завес,
- ✓ отсыпка на основании фунтовых подушек из песка или суглинков;
- ✓ Уплотнение грунтового основания,
- ✓ искусственное закрепление массива грунта методами технической мелиорации (кроме крупнообломочных грунтов, обладающих высокой фильтрационной способностью)

Агрессивность воды

Агрессивность воды связана с присутствием в ней ионов водорода, кислорода, свободного диоксида углерода, сульфатов и магния. Агрессия проявляется по отношению к бетону и металлам.

Виды агрессивности	Признаки агрессивности
Сульфатная	Повышенное содержание иона SO_4^{2-}
Магнезиальная	То же, Mg^{2+}
Общекислотная	Низкие значения pH ($\text{pH} < 5$ для бетона марки W_4)
Углекислотная	Наличие агрессивной углекислоты CO_2 более 10 мг/дм^3
Выщелачивающая	Низкое содержание иона HCO_3^-



Подземная вода с растворенными в ней солями и газами может обладать интенсивной *коррозией по отношению к железу и другим металлам.*



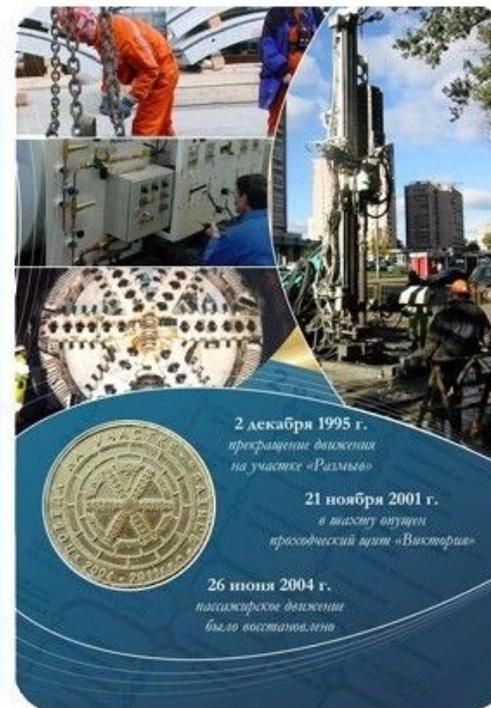
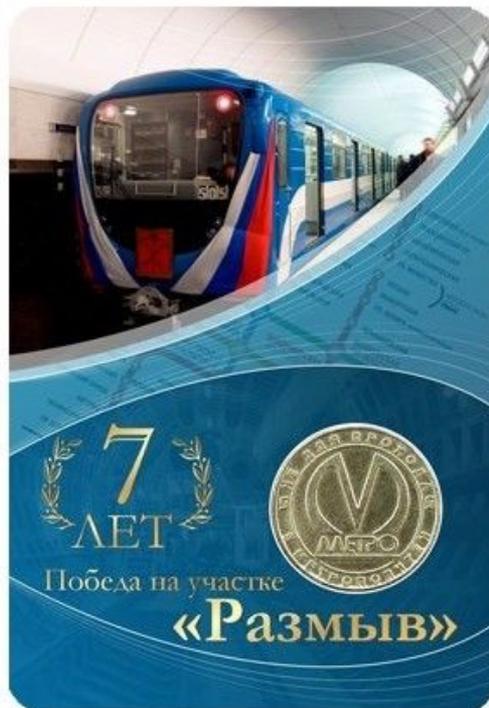
Защитные мероприятия

- устройство защитной гидроизоляции (пассивный метод);
- устройство дренажей;
- применение бетона со специальными водоотталкивающими материалами и др;
- искусственное повышение планировочных отметок (подсыпка) территории.

Авария в петербургском метрополитене «Площадь мужества» - «Лесная»



26 июня 2004г президент РФ торжественно открыл участок, лично проехав по тоннелю бывшего размыва на специальном поезде, состоящем из 2 вагонов. Ликвидация «размыва» отняла значительные ресурсы федерального и городского бюджета и фактически заморозила развитие Петербургского метрополитена на несколько лет. По некоторым данным общая стоимость работ составила более \$146 млн. Новый тоннель называют «гусеницей» – он имеет резиновые сочленения и способен колебаться вместе с почвой.

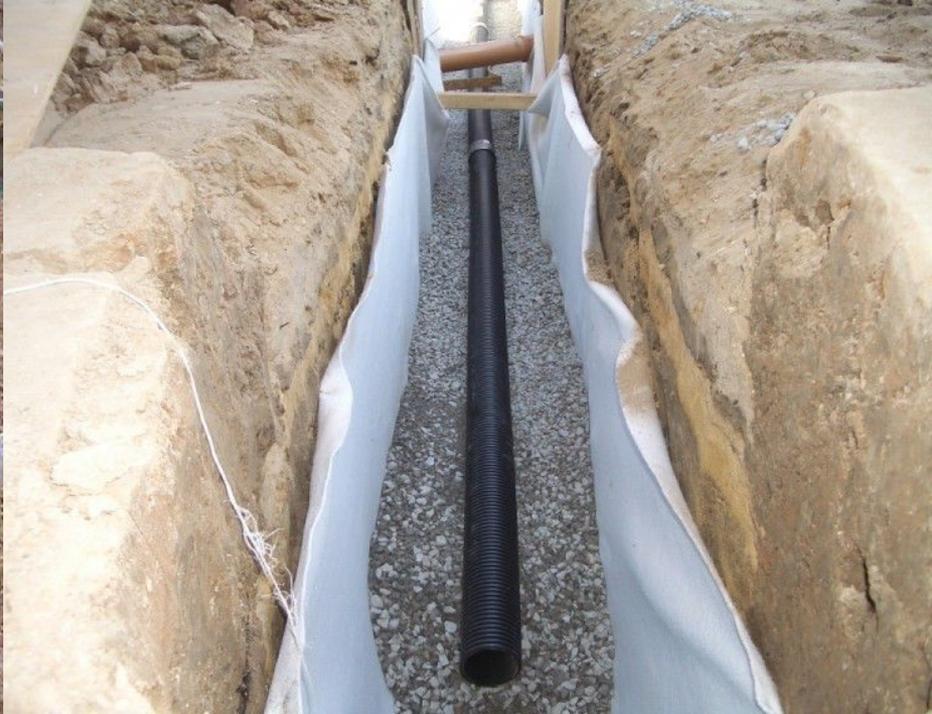


Методы защиты от подземных вод

СП 250.1325800.2016 Здания и сооружения. Защита от подземных вод.

Для защиты строительных котлованов и выработок от подземных вод применяют следующие способы:

- ✓ **Водопонижение** – искусственное понижение уровня подземных вод до требуемой отметки (использование дренажных систем),
- ✓ **Устройство противофильтрационной завесы** – создание малопроницаемой строительной конструкции (или искусственно закрепленного массива грунта), заглубленной в водоупор и практически исключающей приток подземных вод в котлован или выработку,
- ✓ **Искусственное замораживание** водонасыщенных грунтов для их временного укрепления путем создания ледогрунтовой завесы.





Инженерная геодинамика

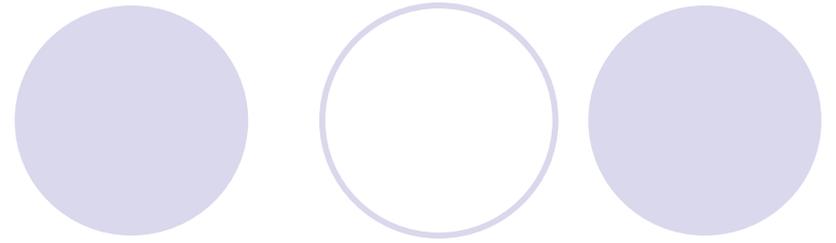
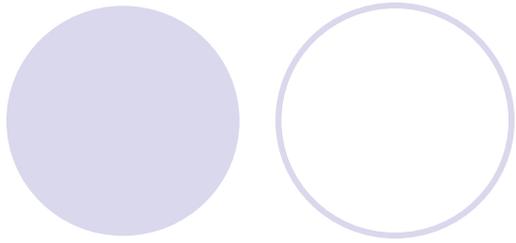
- –раздел инженерной геологии, который изучает геологические процессы и явления в верхней части земной коры (ГПиЯ), как естественные (природные), так и возникающие в связи со строительством сооружений и хозяйственным освоением территории
- Геологические процессы принято делить на
 - природные, развивающиеся стихийно в природных, ненарушенных человеком условиях,
 - инженерно-геологические, вызванные инженерно-геологической деятельностью человека.

Все геологические процессы делятся
на экзогенные и эндогенные

Экзогенными

(греч. "эксос" - снаружи, "генесис" - происхождение) процессами называются процессы, обусловленные действием внешних агентов и происходящие в приповерхностной зоне.

- В настоящее время в инженерно-геологической науке, а также в специальных строительных нормах и правилах (СП 11-105-97 ч. II) широко используется термин «опасные геологические и инженерно-геологические процессы», под которым понимают:
- сейсмические явления (извержения вулканов; землетрясения);
 - гравитационные процессы (оползни, обвалы, осыпи);
 - эоловые процессы (ветровая эрозия);
 - геологические процессы, связанные с деятельностью поверхностных вод (оврагообразование, подмыв и разрушение берегов рек, абразия морских берегов, переработка берегов водохранилищ, селевые потоки);
 - геологические процессы, связанные с деятельностью поверхностных и подземных вод (карст, механическая суффозия, подтопление);
 - геологические процессы в районах многолетней мерзлоты (морозное пучение, термокарст, солифлюкация - Течение увлажнённых грунтовых масс по склонам, развивающееся в результате повторяющегося их промерзания — протаивания).



СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!