



**САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**

Строительный факультет

Кафедра Геотехники

Лекция 2

Физические свойства грунтов

Доцент кафедры геотехники

Ланько Сергей Владимирович

Виды и классификация грунтов



Виды и классификация грунтов

Основные гранулометрические фракции по ГОСТ 25100-2011

Название фракций размерами, мм			
Крупнообломочная	Песчаная	Пылеватая	Глинистая
Более 2	2...0,05	0,05...0,002	<u>≤ 0,002</u>

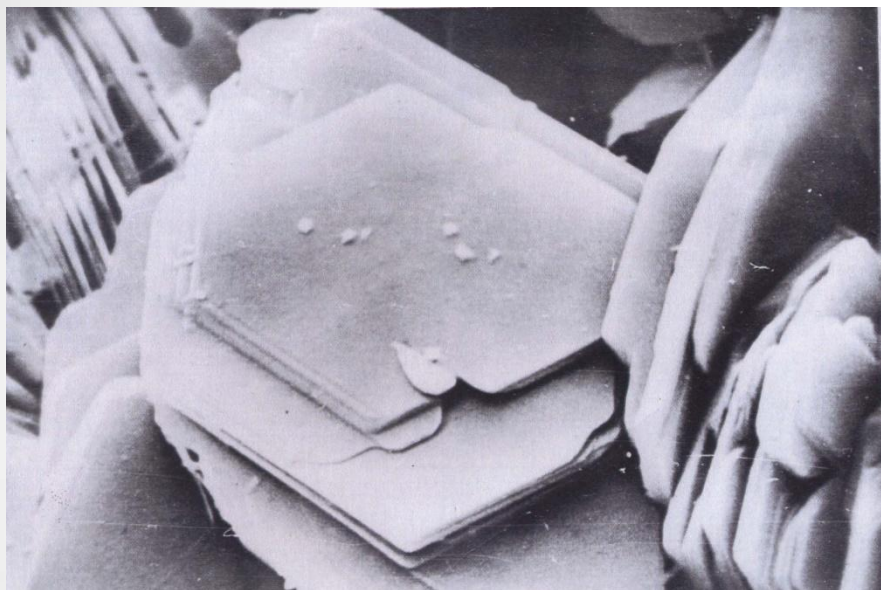
Типы песчаных грунтов в зависимости от процентного содержания частиц преобладающих фракций

Гравелистый	Крупный	Средний	Мелкий	Пылеватый
> 2 мм, >25%	> 0,5 мм, >50%	> 0,25 мм, >50%	> 0,1 мм, 75% и более	> 0,1 мм, <75%

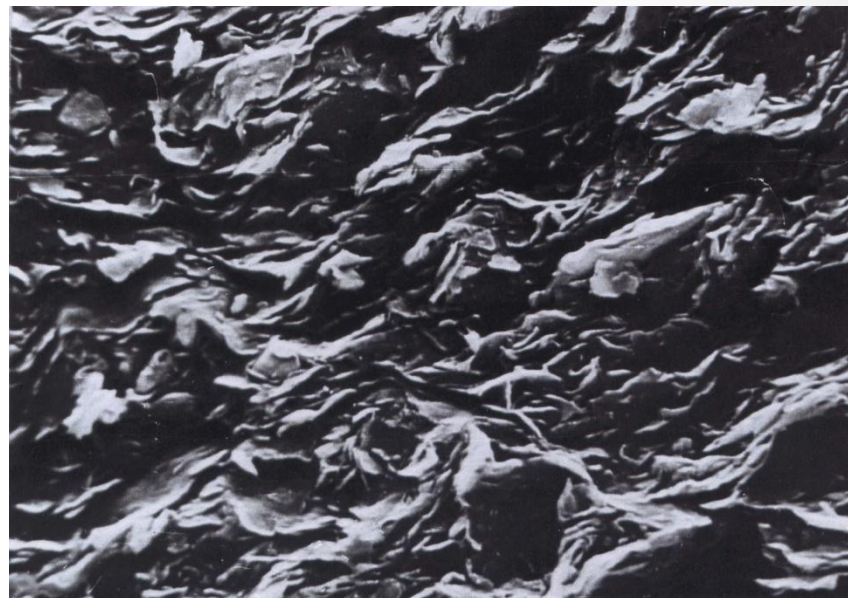
Классификация дисперсных грунтов



Виды глинистых частиц

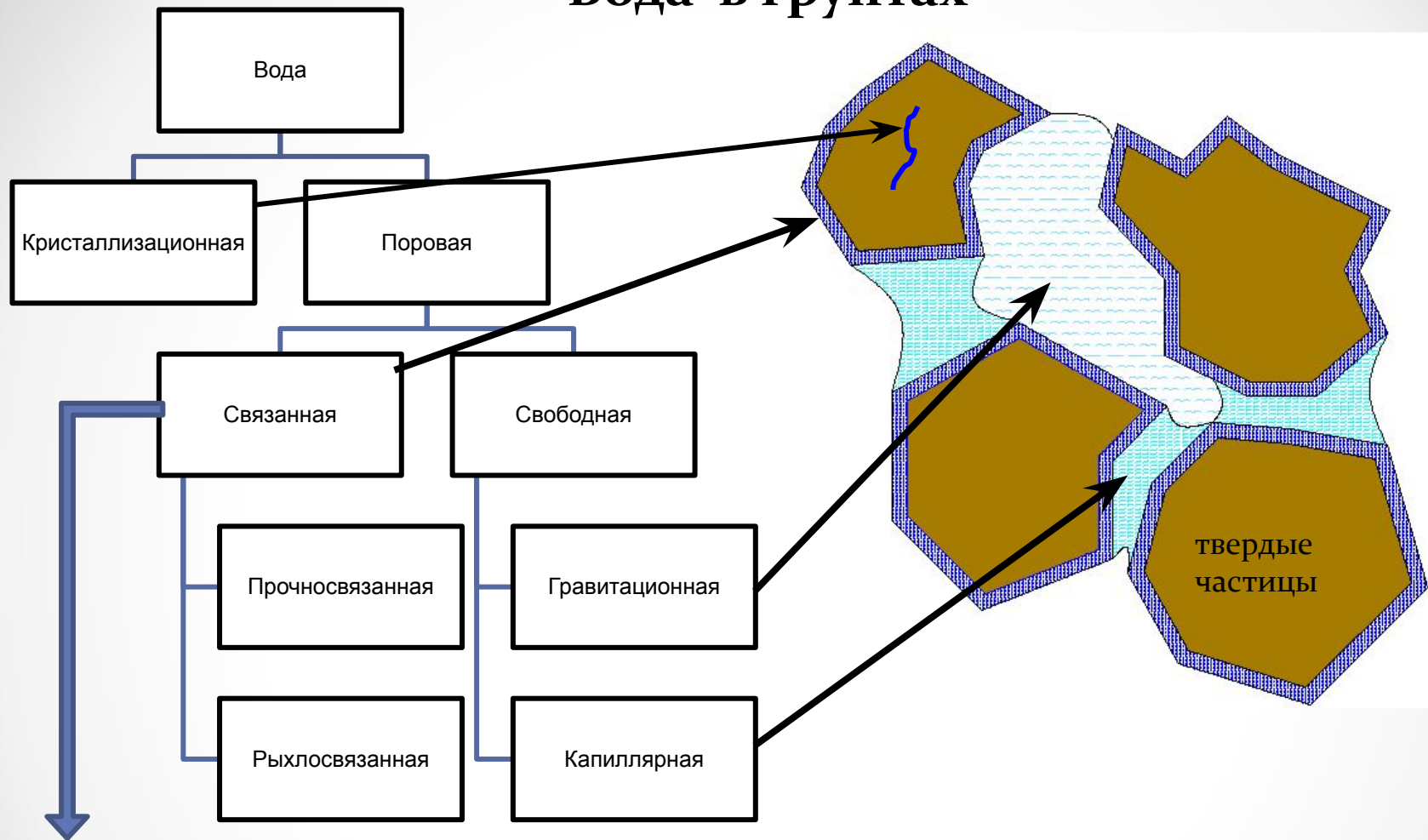


каолинит (а)



иллит (б)

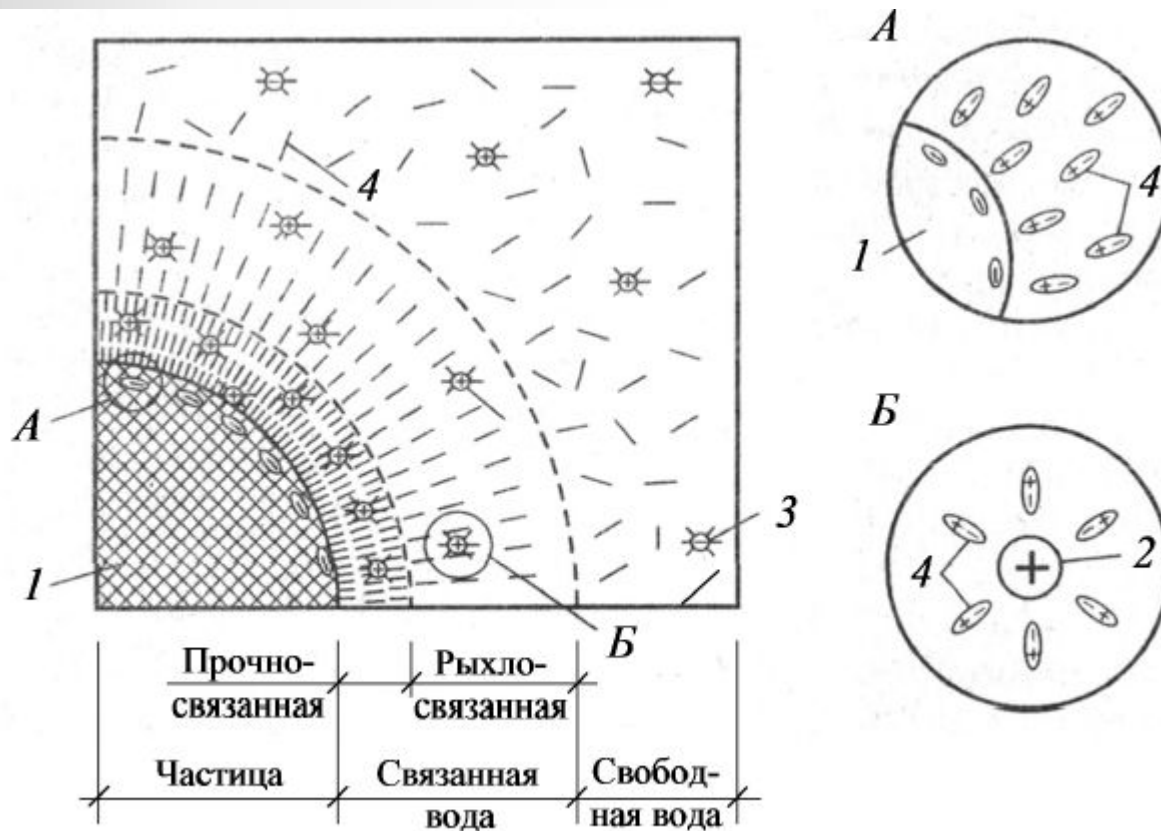
Вода в грунтах



Свойства прочносвязанной воды:

- плотность - $\rho = 1,2 \dots 2,4 \text{ г/см}^3$
- температура замерзания - $t = (-70) \dots (-100) \text{ } ^\circ\text{C}$
- высокая вязкость
- электромолекулярные силы притяжения - 1000 МПа

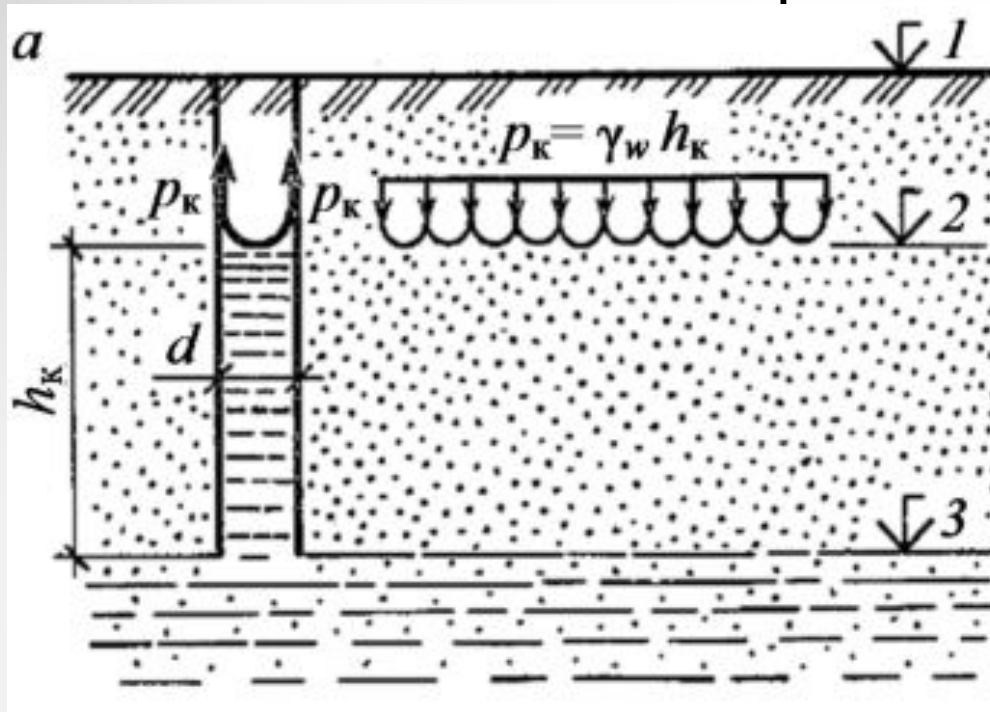
Схема взаимодействия глинистых частиц с водой



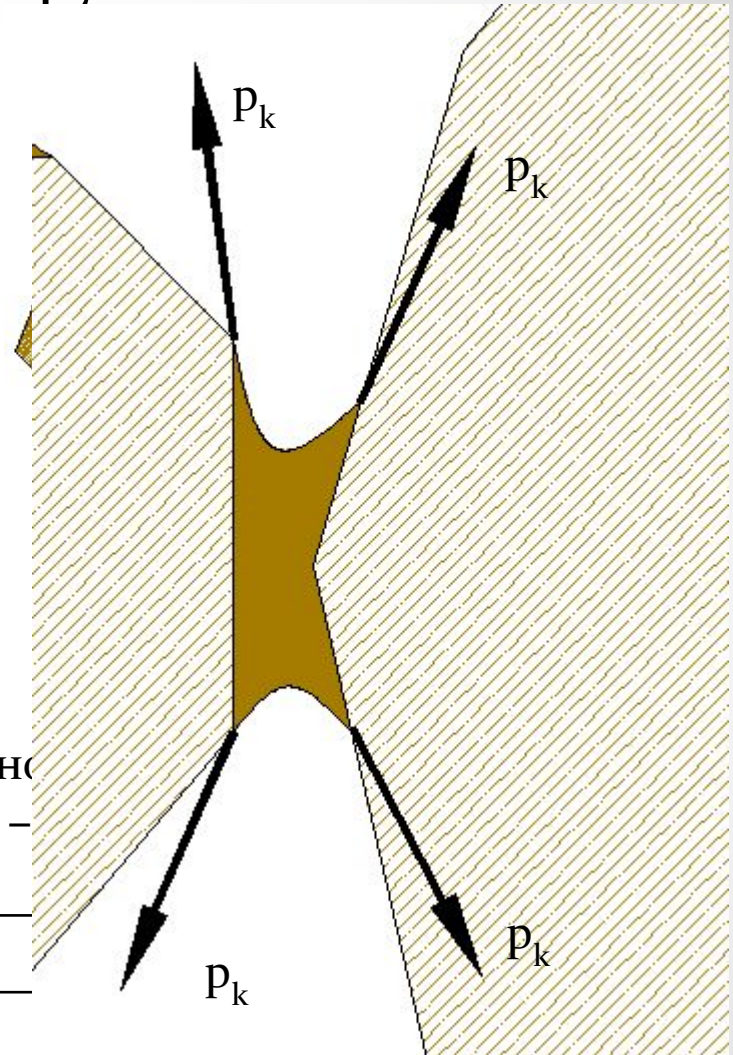
Чем больше дисперсность грунта, содержащего глинистые или коллоидные частицы, т.е. чем больше суммарная площадь поверхности, тем в большей степени будет проявляться воздействие электромолекулярных сил

- 1 – твердая частица;
- 2 – катион [+ ион];
- 3 – анион [- ион];
- 4 – молекула воды

Капиллярная вода в грунтах

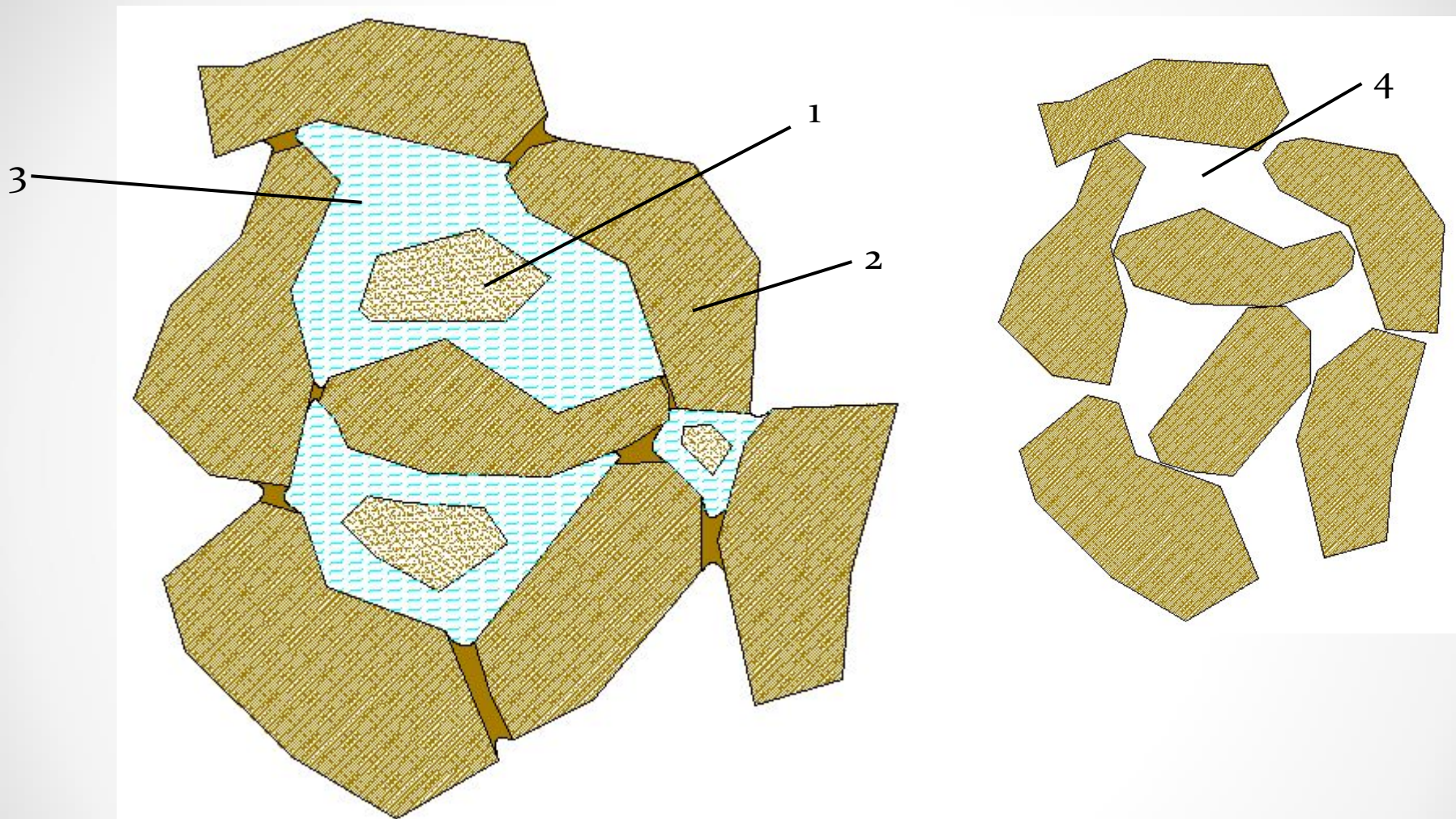


1 – поверхность грунта; 2 – поверхность капиллярной воды; 3 – уровень грунтовых вод; 4 – частица; 5 – вода; 6 – воздух.



Вид грунта	Песок					
	крупный	ср. крупности				
h_k (max), см	3,5	35	120	350	650	

Газ в грунтах



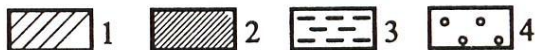
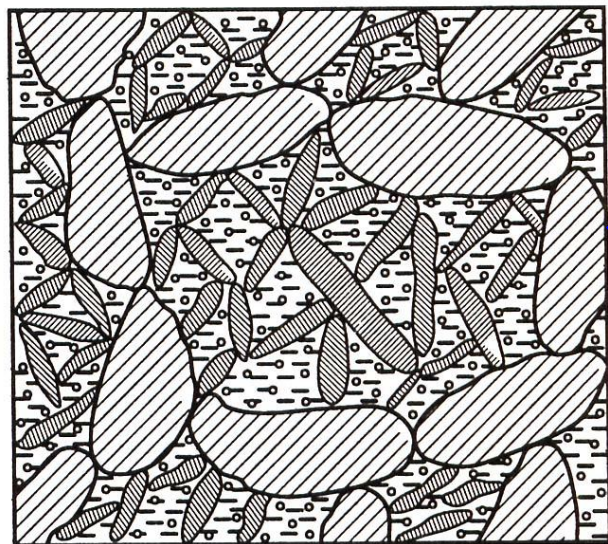
1 – защемленный газ; 2 – твердые частицы; 3 – пленка воды; 4 – свободный газ.

Структура и текстура грунта

Свойства грунта во многом зависят от:

структуры - размера и формы частиц
и **текстуры** – характера расположения частиц в объеме грунта.

Для песчаных грунтов характерна **зернистая**, а для пылевато-глинистых грунтов, в зависимости от размеров их частиц – **сотообразная** или **хлопьевидная структура**.

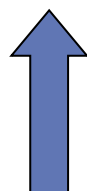
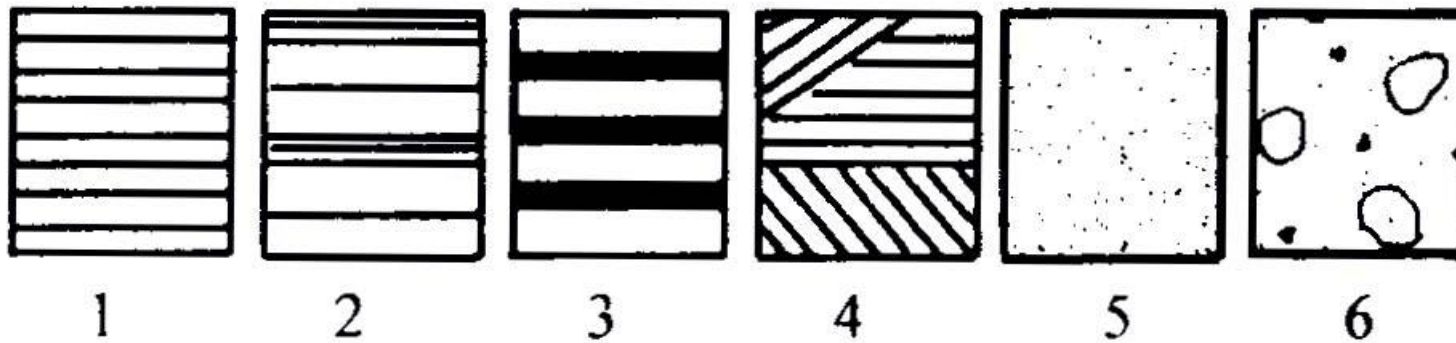


Структура глинистого грунта

- 1 – крупные частицы;
- 2 – глинистые частицы и коллоиды;
- 3 – свободная вода;
- 4 – пузырьки газа

Текстура грунтов

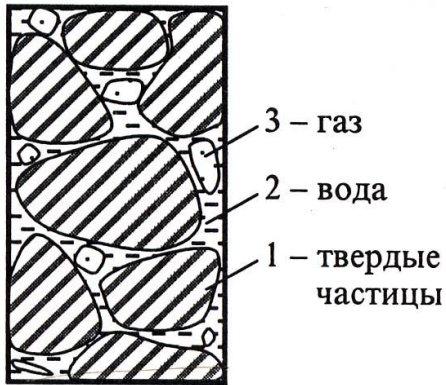
подразумевает характер расположения частиц или агрегатов частиц в объеме породы и определяется преимущественно условиями отложения осадка



Некоторые виды текстур грунтов

1 – равномерно-слоистая; 2 – неравномерно-слоистая;
3 – ленточная; 4 – косослойная; 5 – слитная (однородная);
6 – сложная (хаотичная с включениями и без) или порфировидная

Характеристики физического состояния грунтов



Определяются
опытным путем!!!



m_3, V_3
 m_2, V_2
 m_1, V_1

Плотность грунта –
отношение массы грунта к его
объему. Меняется в пределах
1,5 – 2,4 г/см³.

$$\rho = m/V = (m_s + m_w) / (V_p + V_s) \text{ (г/см}^3\text{)}$$

Удельный вес грунта

$$\gamma = \rho \cdot g \text{ (кН/м}^3\text{)}$$

Плотность твердых частиц

$$\rho_s = m_s / V_s, \text{ (г/см}^3\text{)}$$

Удельный вес твердых частиц

$$\gamma_s = \rho_s \cdot g, \text{ (кН/м}^3\text{)}$$

Влажность грунта

$$w = m_w / m_s$$

Песок –
2,65...2,67
Супесь –
2,68...2,72
Суглинок
2,69...2,73
Глина –
2,71...2,76

Вычисляемые характеристики грунтов

Плотность сухого грунта ρ_d

$$w = (\rho - \rho_d) / \rho_d,$$

$$\rho_d = \rho (1 + w)$$

Пористость грунта n

$$n = V_p / V,$$

V_p – объем пор

Относительное
содержание
твердых частиц m

$$n + m = 1 \quad \text{или} \quad m = 1 - n$$

$$m = \rho_d / \rho_s; \quad n = 1 - \rho_d / \rho_s$$

Коэффициент пористости
грунта e

$$e = n / m = n (1 - n)$$

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

$$n = e / (1 + e); \quad m = 1 / (1 + e)$$

Степень водонасыщения S_r

$$S_r = w / w_{sat} = w \rho_s / e \rho_w$$

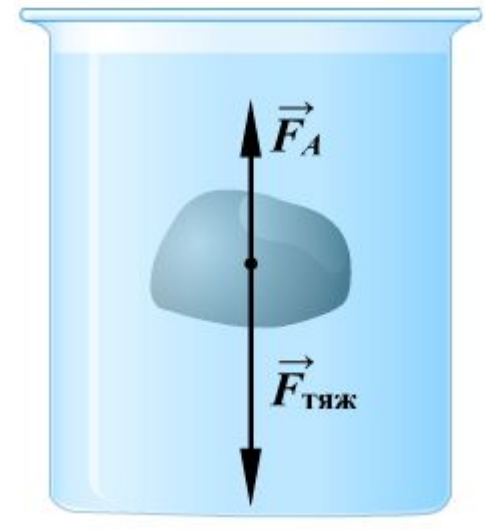
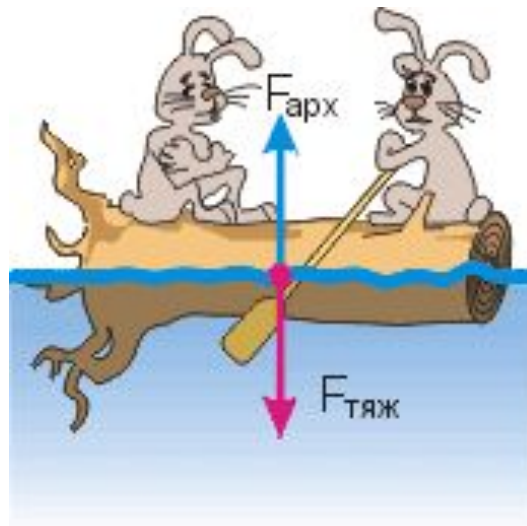
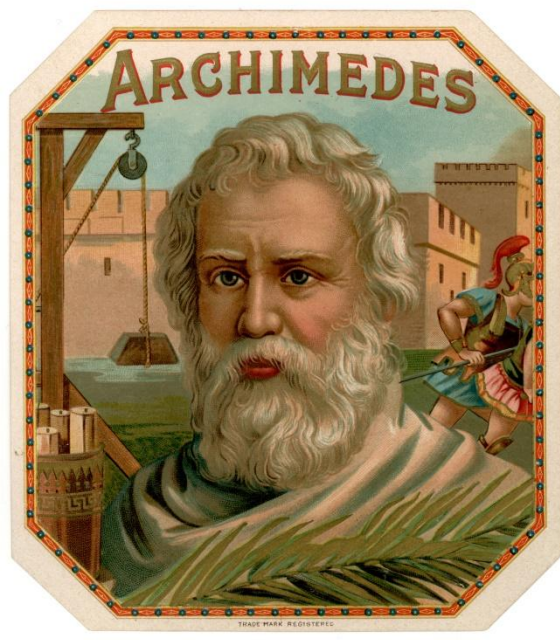
маловлажные $0 < S_r \leq 0,5$
 влажные $0,5 < S_r \leq 0,8$
 насыщенные водой ... $0,8 < S_r \leq 1$

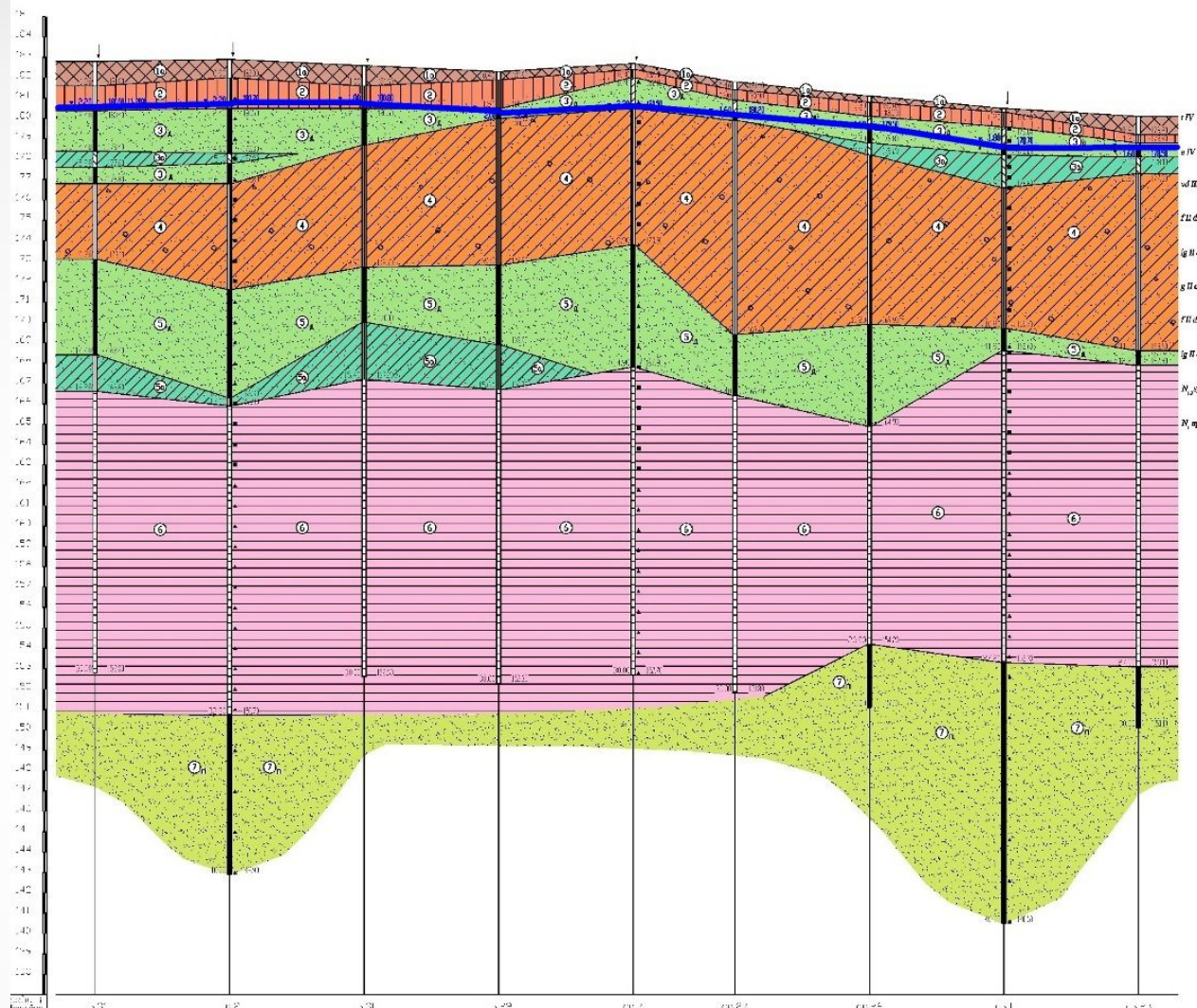
Плотность грунта с учетом взвешивающего действия воды:

$$\rho_{sb} = (\rho_s - \rho_w) * (1 - n)$$

Удельный вес грунта с учетом взвешивающего действия воды

$$\gamma_{sb} = (\gamma_s - \gamma_w) * (1 - n)$$





Песчаные грунты ниже УГВ - γ_{sb}
 Глинистые грунты: при $I_L > 0,25$ (по СП 24.13330) - γ_{sb}
 при $I_L \leq 0,25$ - γ

Классификационные показатели грунтов

Влажностью на границе пластичности - w_p

Влажность на границе текучести - w_L

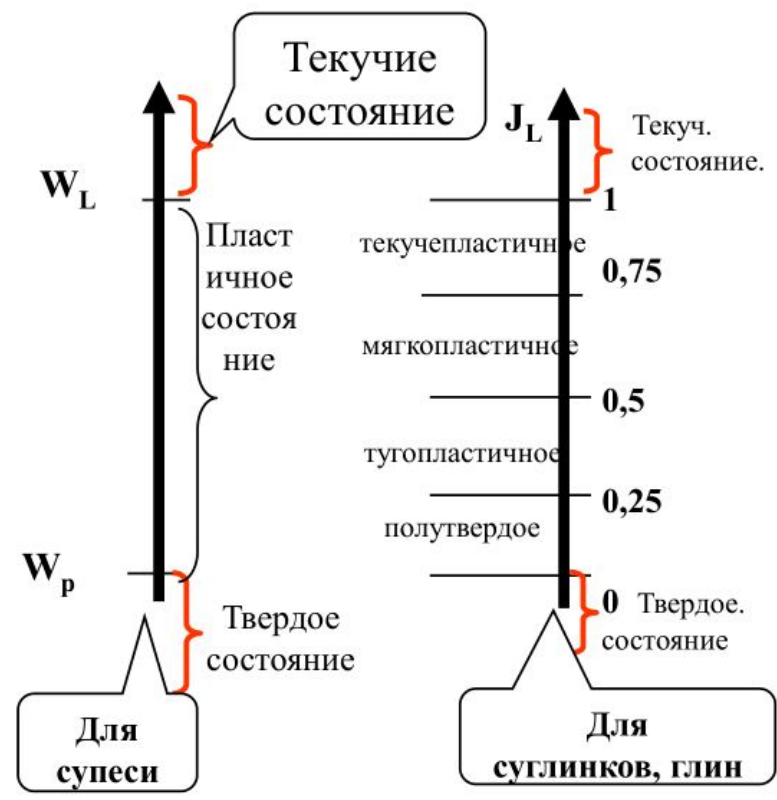
Число пластичности

$$I_p = w_L - w_p$$

$I_p > 0,17$ - глина;
 $0,07 < I_p \leq 0,17$ - суглинок;
 $0,01 \leq I_p \leq 0,07$ - супесь;
 $I_p < 0,01$ - песок

Показатель текучести:

$$I_L = (w - w_p) / (w_L - w_p)$$



Разновидности пылевато-глинистых грунтов по величине I_L

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

Состояние сыпучих грунтов по плотности сложения

Оценка плотности песков по коэффициенту пористости e

Тип песка	Плотность сложения		
	плотные	средней плотности	рыхлые
Пески гравелистые, крупные и средней крупности	$e < 0,55$	$0,55 \leq e \leq 0,7$	$e > 0,7$
Пески мелкие	$e < 0,6$	$0,6 \leq e \leq 0,75$	$e > 0,75$
Пески пылеватые	$e < 0,6$	$0,6 \leq e \leq 0,8$	$e > 0,8$

Состояние сыпучих грунтов по плотности сложения

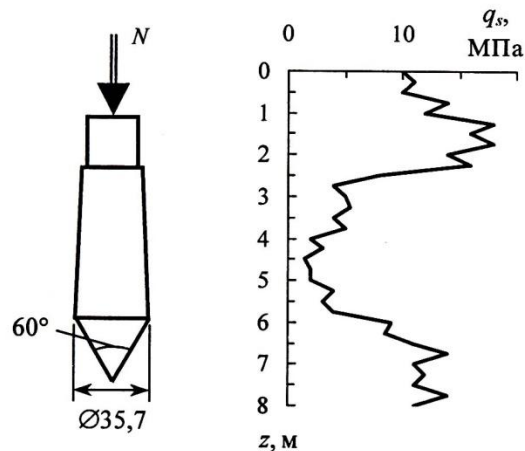
Показатель (индекс) плотности I_d ,

$$I_d = (e_{\max} - e) / (e_{\max} - e_{\min})$$

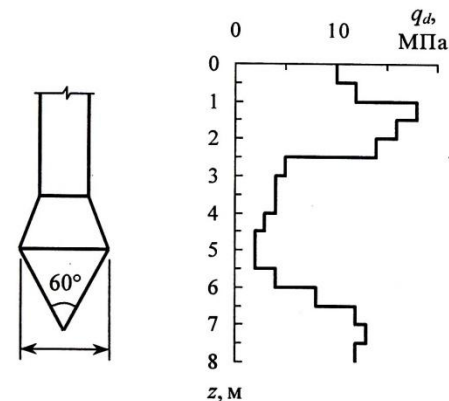
при $0 \leq I_d \leq 0,33$ - рыхлый песок;
 $0,33 < I_d \leq 0,66$ - средней плотности;
 $0,66 < I_d \leq 1$ - плотный.

Полевые методы определения плотности

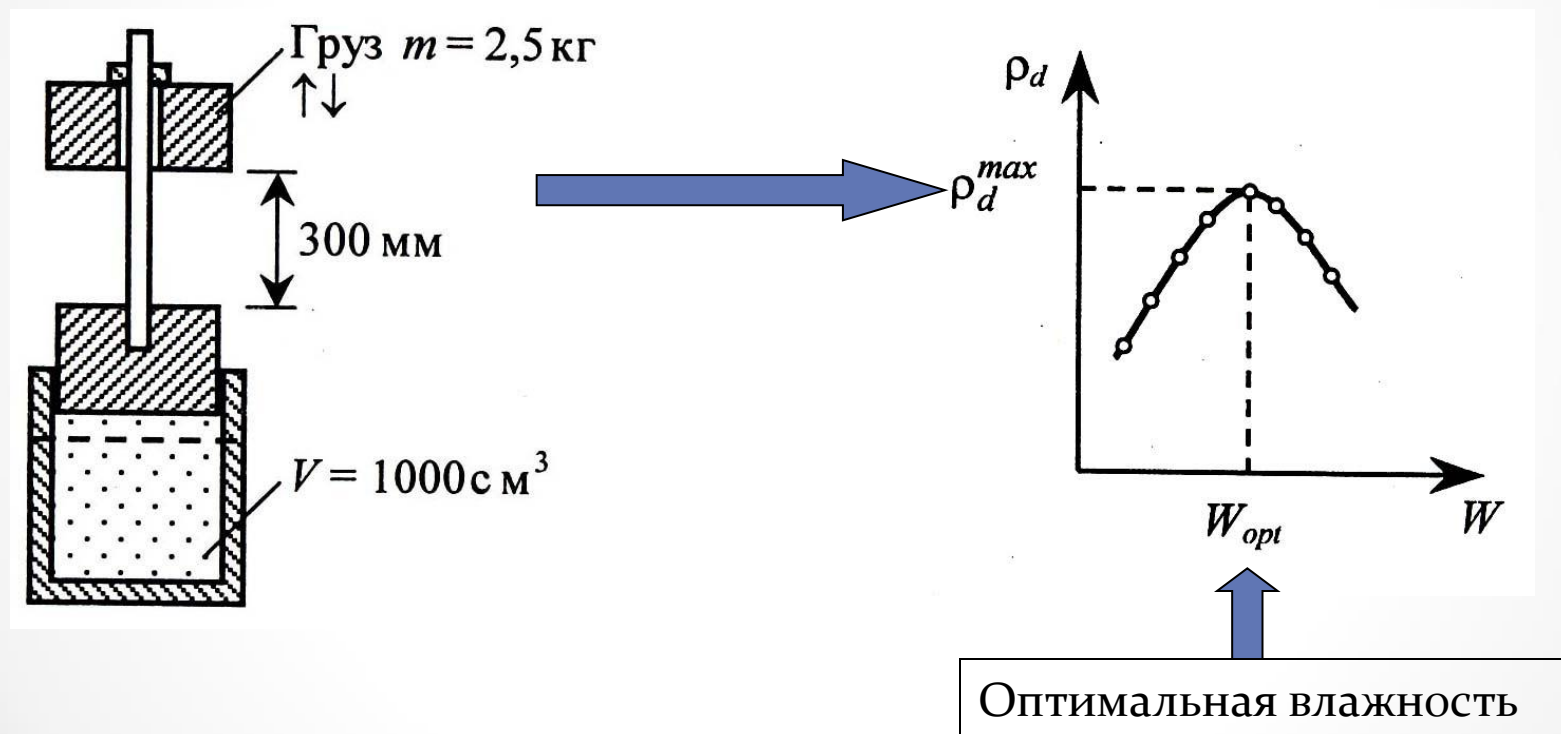
Статическое зондирование



Динамическое зондирование



Максимальная плотность скелета грунта и ОПТИМАЛЬНАЯ ВЛАЖНОСТЬ



Значения оптимальной влажности и плотности скелета грунта

Вид грунта	Диапазоны	
	Оптимальной влажности $w_o, \%$	Плотности скелета грунта $\rho_d, \text{г/см}^3$
Песок крупный и средней крупности	8...12	1,75...1,95
Песок мелкий	9...15	1,65...1,85
Песок пылеватый	14...23	1,6...1,82
Суглинок тяжелый	15...22	1,6...1,8
Суглинок пылеватый	17...23	1,58...1,78
Глина	18...25	1,55...1,75

Коэффициент уплотнения

Уплотнение ведется до определенной степени плотности, которая выражается через коэффициент уплотнения k_{com}

$$k_{com} = \rho / \rho_{d, \max}$$

Необходимая степень уплотнения грунтов

Назначение уплотненного грунта	Коэффициент уплотнения k_{com}
Для оснований фундаментов зданий, сооружений и тяжелого оборудования, полов с равномерной нагрузкой более 150 кПа;	0,95-0,98
То же для среднего оборудования, внутренних конструкций, полов с нагрузкой 5-150 кПа;	0,92-0,95
То же для легкого оборудования, отмостка зданий, полов с нагрузкой менее 5 кПа	0,90-0,92