

Д-р техн. наук, проф. Мангушев Р.А.

Лекция 2

# Физические свойства грунтов

- В соответствии с ГОСТ 25100-2011 (Грунты. Классификация) все горные породы подразделяются на два класса:

- 1) Скальные грунты;

- 2) Рыхлые или дисперсные грунты.

- Грунт – дисперсная система, состоит из дисперсной фазы (твердые частицы) и дисперсной среды (жидкость и газ).

- Грунт – трехфазная система.

- Мерзлый грунт – четырехфазная система (+ лед).

- Соотношение фаз определяет свойства грунта.

# Физические свойства грунтов

## Свойства и классификация **твердых частиц** грунта

### Основные гранулометрические фракции по ГОСТ 25100 -2011

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

# Краткая классификация грунтов

<b>Наименование грунта</b>	<b>Содержание глинистых частиц по массе, %</b>
<b>Глина</b>	<b>&gt;30</b>
<b>Суглинок</b>	<b>30...10</b>
<b>Супесь</b>	<b>10...3</b>
<b>Песок</b>	<b>&lt; 3</b>

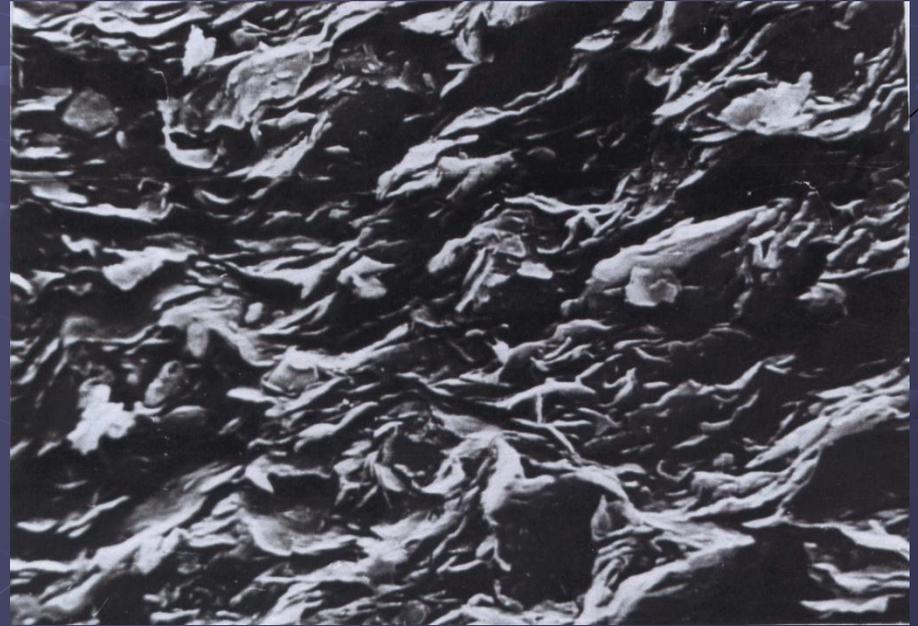
# Типы песчаных грунтов в зависимости от процентного содержания частиц преобладающих фракций

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

# Виды глинистых частиц



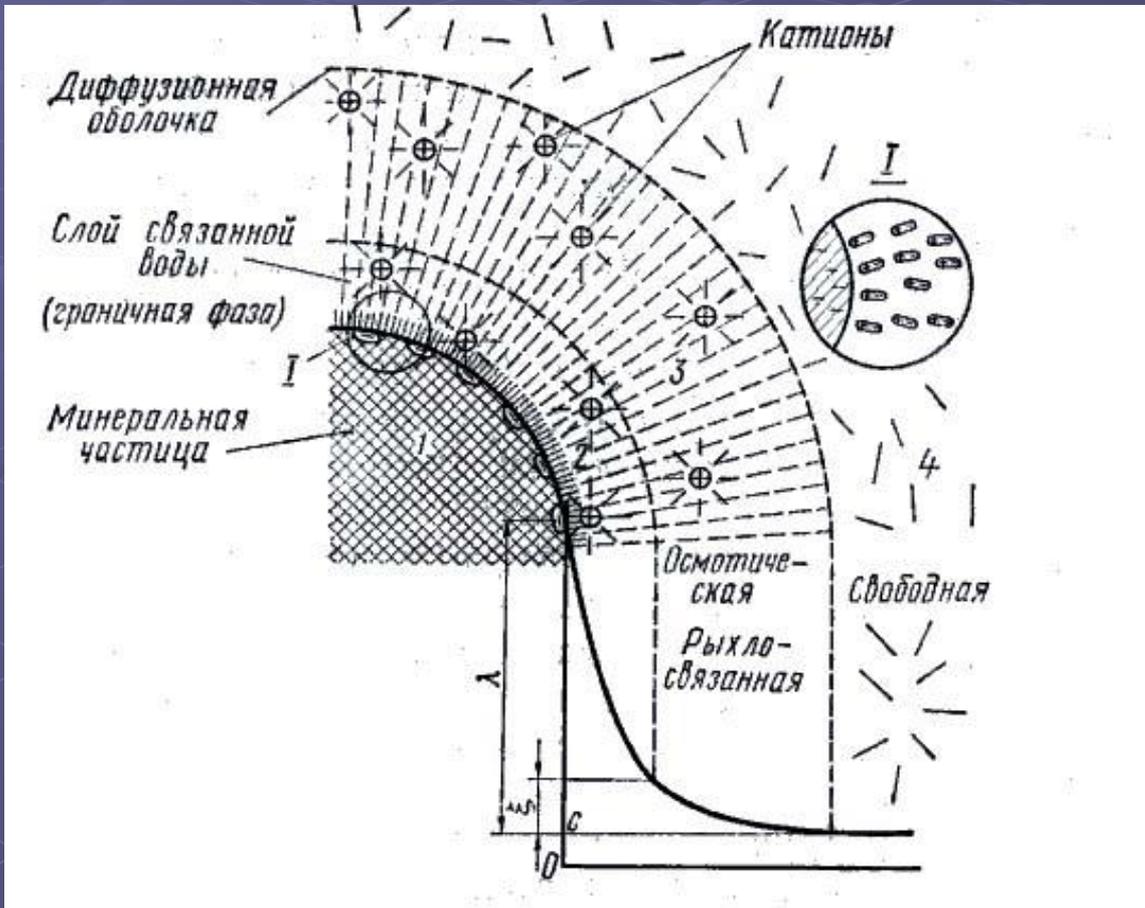
каолинит (а)



иллитовая глины (б)

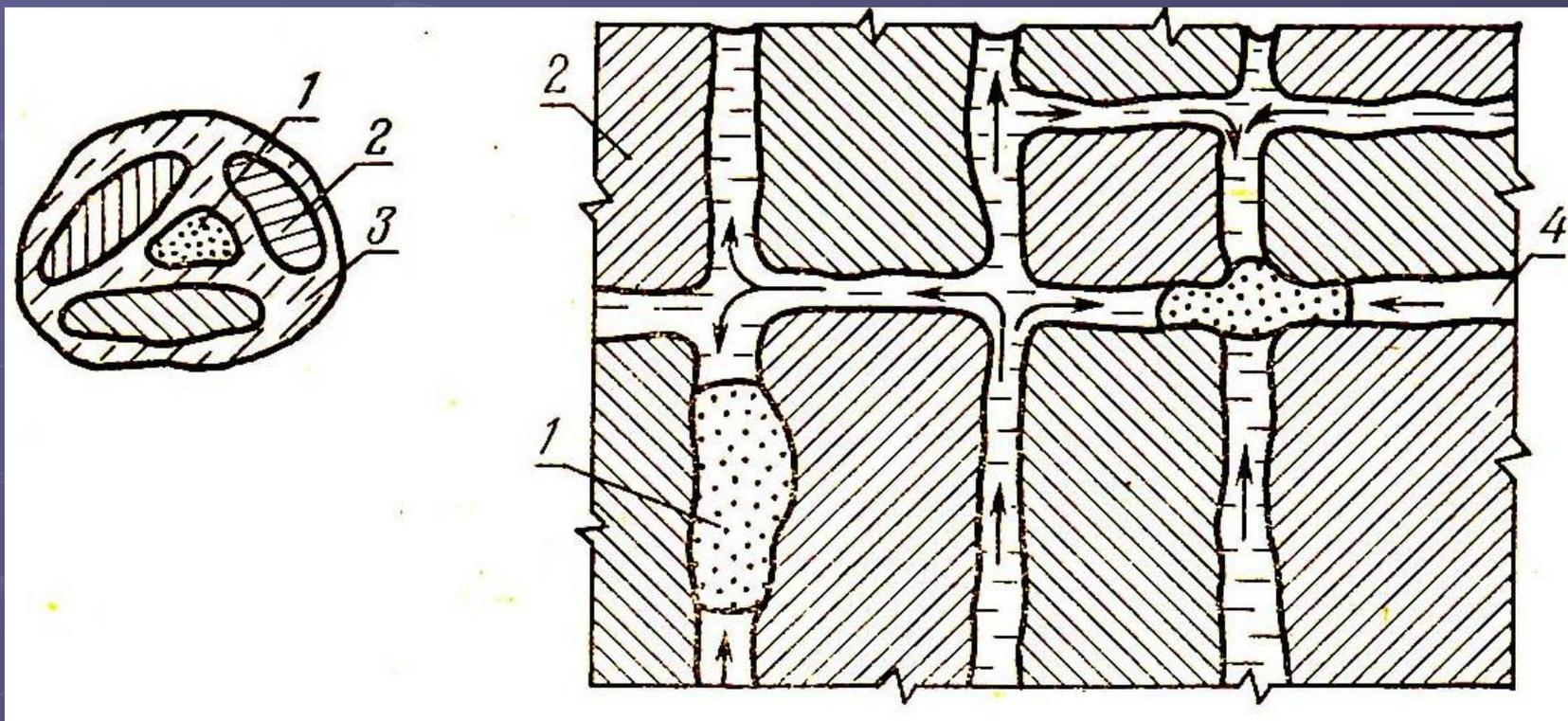
# Вода в грунте

## 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

# Газ в грунтах



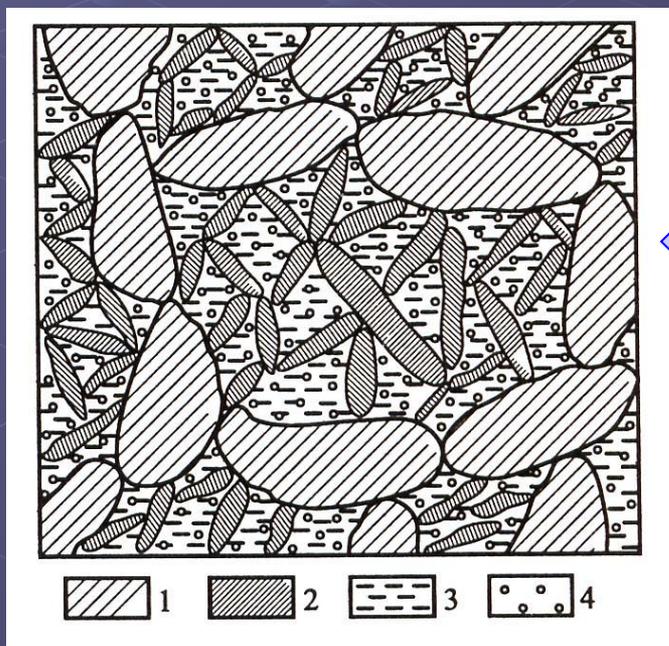
1 – заземленный газ; 2 – твердые частицы; 3 – пленка воды;  
4 – капилляры в виде сообщающихся пор.

# Структура и текстура грунта

Свойства грунта во многом зависят от *структуры* (размера и формы частиц)

и *текстуры* – характера расположения частиц в объеме грунта.

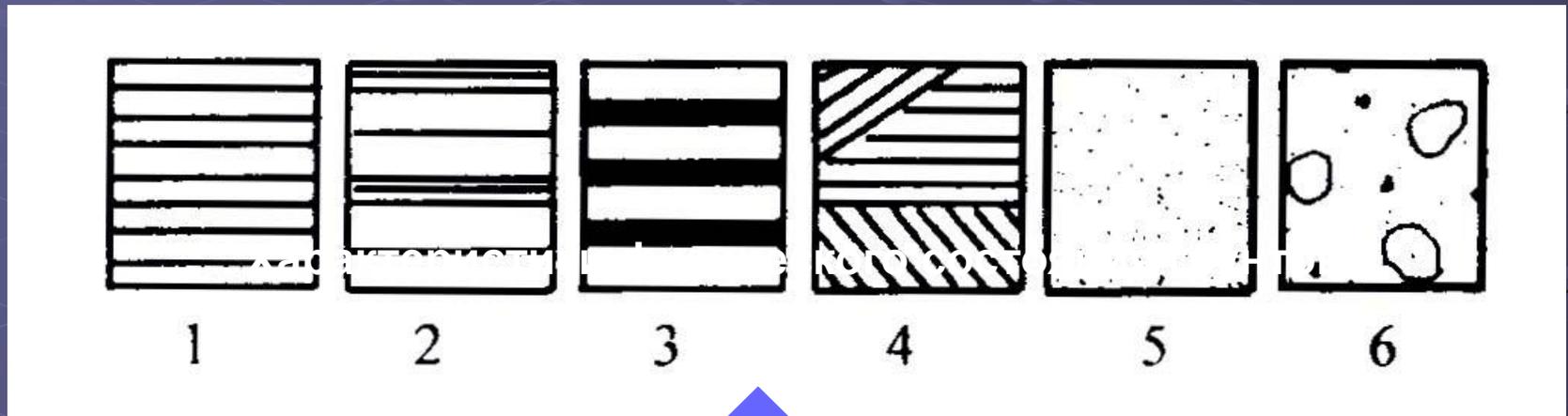
Для *песчаных* грунтов характерна *зернистая*, а для *пылевато-глинистых* грунтов, в зависимости от размеров их частиц – *сотобразная или хлопьевидная структура*.



Структура глинистого грунта  
1 – крупные частицы; 2 –  
мелкие глинистые частицы и  
коллоиды;  
3 – свободная вода; 4 –  
пузырьки газа

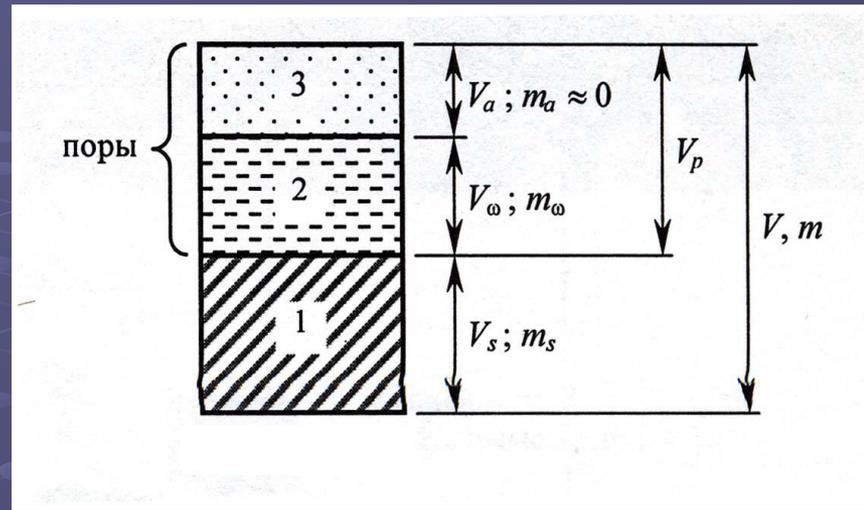
# Текстура грунтов

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)

# Характеристики физического состояния грунтов



**Плотность грунта** – отношение массы грунта к его объему. Меняется в пределах 1,5 – 2,4 г/см<sup>3</sup>.

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

**Удельный вес грунта**

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

**Плотность твердых частиц**

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

**Влажность грунта**

$$w = m_w / m_s$$

# Вычисляемые характеристики грунтов

Плотностью сухого грунта  $\rho_d$

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

Откуда  $\rho_d = \rho (1 + w)$

пористостью грунта  $n$

$$n = V_p / V$$

объем твердых частиц  
к объему образца обозначают  $m$

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

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

коэффициент пористости грунта  $e$

$$e = n / m = n (1 - n)$$
$$e = (\rho_s - \rho_d) / \rho_d$$

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

Состояние грунтов по влажности  
оценивается

степенью 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 ...  $0,8 < S_r \leq 1$

# Вычисляемые характеристики грунтов

Плотность грунта с учетом взвешивающего действия воды вычисляется по формуле:

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

Удельный вес грунта с учетом взвешивающего действия воды определится по формуле:

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

## Классификационные показатели грунтов

Влажностью на границе пластичности -  $w_p$

Влажностью на границе текучести -  $w_L$

Число пластичности  $I_p$ :

$$I_p = w_L - w_p$$

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

# Классификационные показатели грунтов

Показатель текучести -  $I_L$

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

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

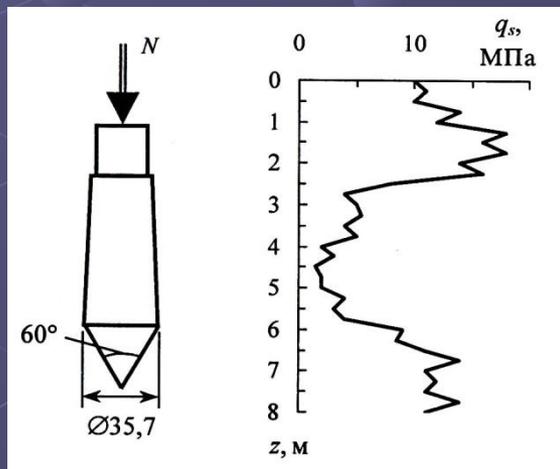
Показатель (индекс) плотности  $I_d$ ,

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

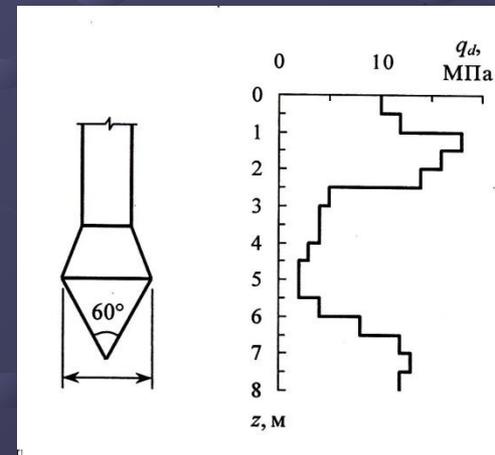
при  $0 \leq I_d \leq 0,33$  - рыхлый песок;  
 $0,33 < I_d \leq 0,66$  – средней плотности;  
 $0,66 < I_d \leq 1$  – плотный.

Полевые методы определения плотности

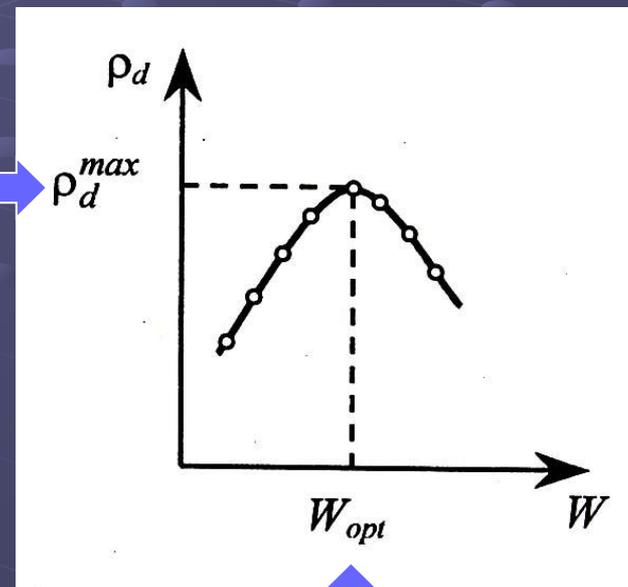
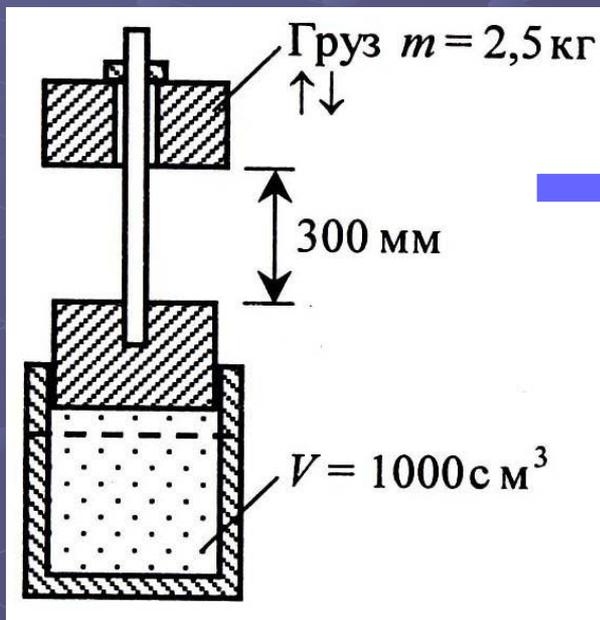
Статическое зондирование



Динамическое зондирование



# Оптимальная плотность скелета грунта и оптимальная влажность



Оптимальная влажность

## Значения оптимальной влажности и плотности скелета грунта

	Диапазоны	
	Оптимальной влажности $w_0, \%$	Плотности скелета грунта $\rho_d, \text{г/см}^3$
Песок крупный и средней крупности	8...12	1,75...1,95
	9...15	1,65...1,85
	14...23	1,6...1,82
Песок мелкий		
Песок пылеватый		
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 0,15 МПа;	0,95-0,98
То же для среднего оборудования, внутренних конструкций, полов с нагрузкой 0,005-0,15 МПа;	0,92-0,95
То же для легкого оборудования, отмосток у зданий, полов с нагрузкой менее 0,05 МПа	0,90-0,92