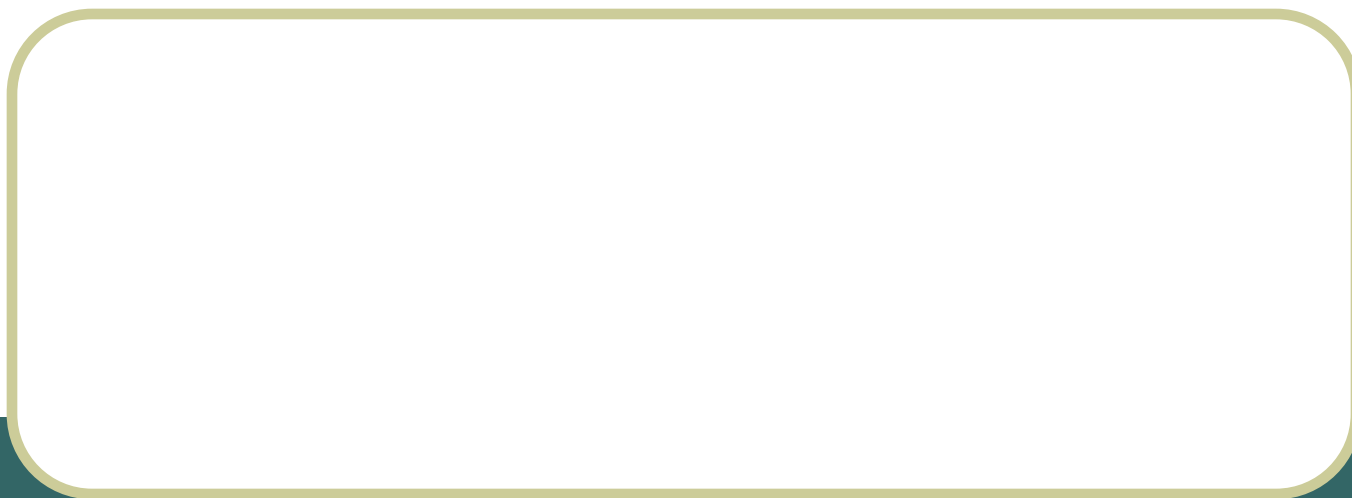


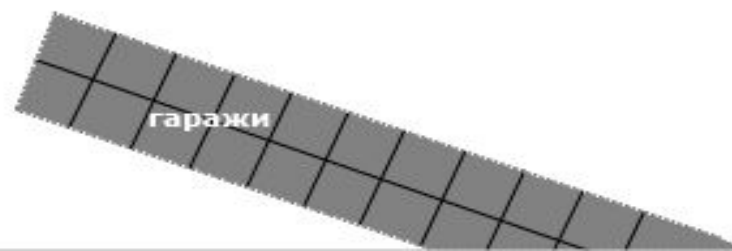
# Фундаменты на просадочных грунтах



**6 июня 1997 года.** Оползень в Днепропетровске на жилом массиве Тополь , вызванный глобальной просадкой грунта

**Ослабленный грунт начал рушиться со скоростью примерно 25 метров в час, образуя воронку с грязью, глубиной 20 метров, куда и упали 2-ух подъездный пятиэтажный дом, школа и частично 2 детских сада.**







*Капитальное кирпичное здание, построенное по типовому проекту школы на 1000 мест*

*К 10 утра начало рушиться первое левое крыло здания школы*





*Скорость оползня постепенно снижалась. Обломки зданий уплотняли жидкий грунт, который был на дне воронки. Меньше часа прошло, как первое левое крыло полностью рухнуло и утонуло в грунте.*







***Здание школы  
полностью исчезло с  
лица земли около 6  
вечера***





***К этому моменту оставался целым еще детский сад. Но без фундамента он долго простоять не смог. Через пол часа обрушился корпус детского сада — последнее строение, которое уничтожил этот оползень, спровоцированный просадкой грунта***





*на заднем плане заброшенный 9-этажный дом*

*Просадочные деформации в Киевской области*



*В Кривом Роге рынок ушел под землю на десятки метров*



*Разрушение дороги, вызванное просадкой грунта*



*Обвал грунта на Ленинградском проспекте в Москве*



*На трассе в Краснодарском крае просела половина проезжей части*









*Просадочные явления в Днепродзержинске*



## глобальная просадка грунта

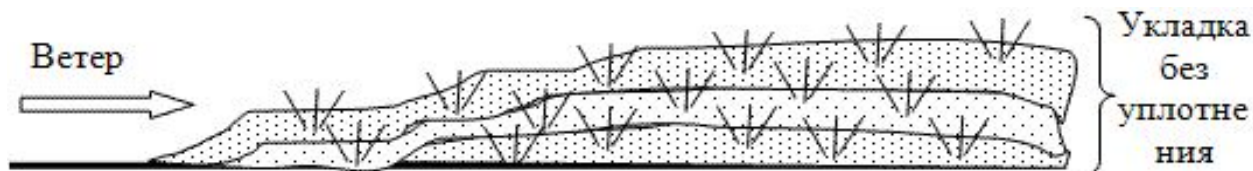


## Просадочные грунты – лёсс и торфяные грунты

Лессовые грунты занимают почти всю Украину, Среднюю Азию и встречаются в Восточной Сибири. Самая большая территория лёсса находится в Китае (на географических картах Китай всегда окрашивается в желтый цвет – цвет лёсса)

- Из инженерной геологии известно, что лёсс
  - - золотого происхождения
  - - содержит соли  $\text{CaCO}_3$ ;  $\text{CaSO}_4$ 
    - - мало влажен
    - - довольно однороден
- - характерная особенность - наличие макропор.

Предполагается, что пылевато-глинистые мелкие частицы, наносимые ветром, постепенно откладывались слоями и прорастали растительностью. Постепенно растительность сгнивала, вода испарялась, а соли кальция (по результатам гниения растительности) оставались. Поскольку водно-коллоидные связи, оставшейся пленочной воды, прочны и могут выдержать большую нагрузку, то грунт не уплотнялся. Коэффициент пористости такого грунта практически оставался постоянным  $e \approx \text{const}$  (отсюда определение не уплотненный грунт) – наличие большого количества макропор. Количество макропор в верхних слоях лёсса увеличивается из-за наличия землероев.

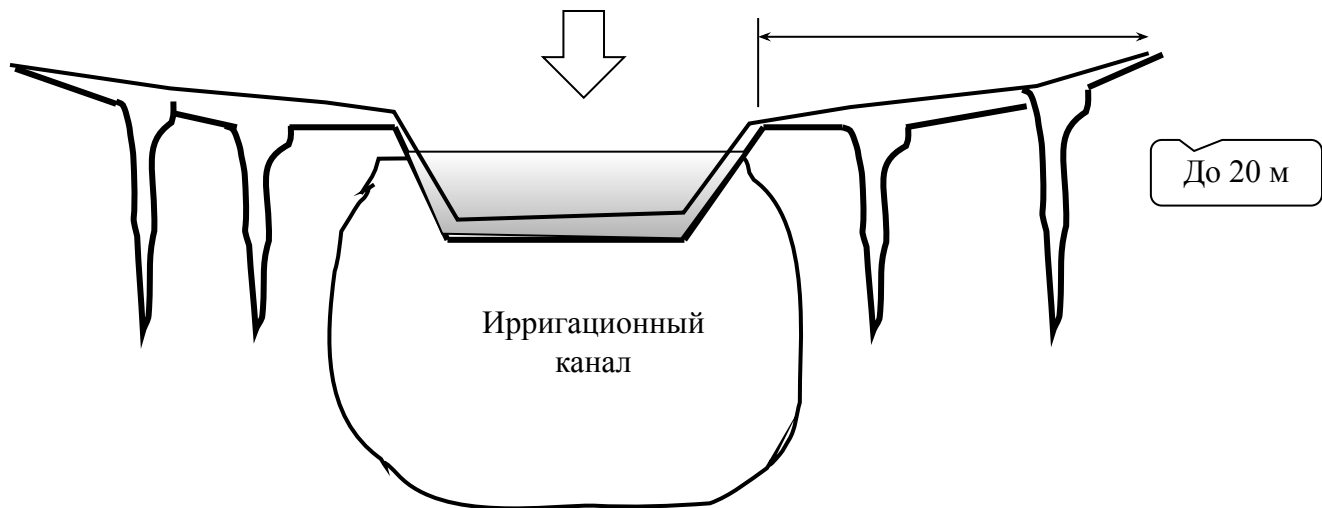


**Схема образования лёссового грунта по золотой теории происхождения**

## Просадочность и ее характеристики

- **Просадочностью называется способность лессового макропористого грунта очень быстро размокать и уплотняться под нагрузкой.**

Характерная схема просадочного явления  
лессового грунта

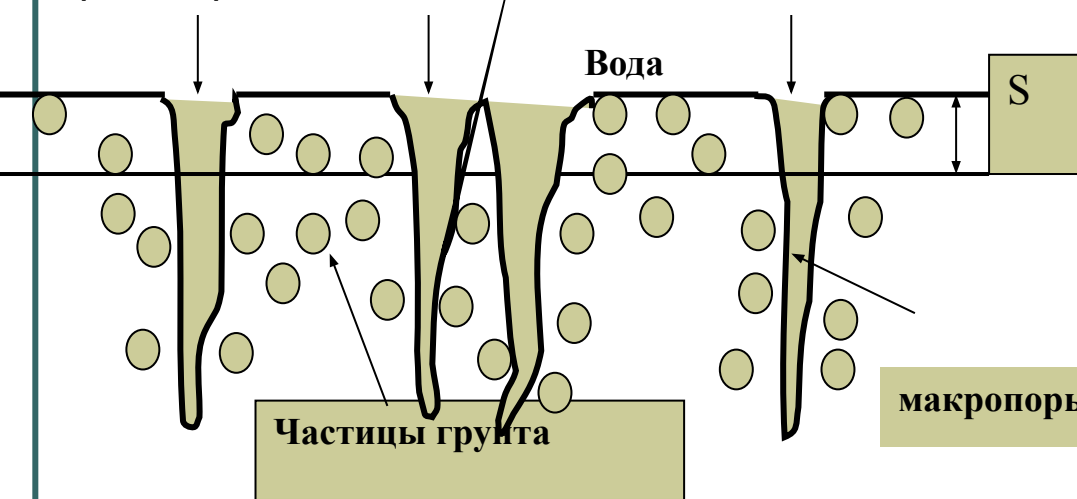


*Ширина раскрытия трещин составляет 30 – 40 см, а величина просадки 0,3 – 2 м.*

## Отчего происходит просадка?

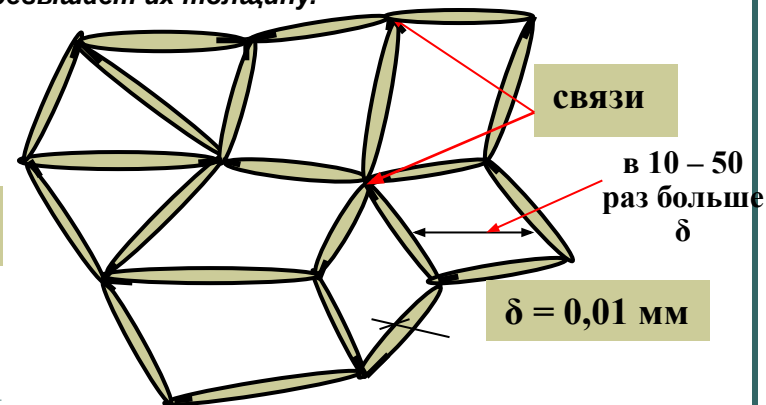
- Лесс имеет преимущественно такие характеристики:
- 1.  $\gamma = 14...16 \text{ кН/м}^3$ ;
- 2.  $W = 6 - 15 \%$  (вода в виде пленочной влаги);
- 3.  $n = 45 - 55\%$ .
- Большое наличие макропор в виде трубчатых канальцев  $\varnothing = 0.1 \dots 4 \text{ мм}$  (преимущественно вертикальное положение)

Схема макроструктуры лёссового грунта и возможности развития просадки при попадании в неё воды



### Макроструктура лёссового грунта

Большое значение в формировании свойств лёссов имеет микроструктура, которая представляет собой ячеисто-решетчатую структуру, состоящую из вытянутых минеральных частиц, соединённых по концам связями на основе кальция. Расстояния между частицами в данной структуре в 10...50 раз превышает их толщину.



### Микроструктура лёссового грунта

Такая система находится в равновесии и превосходно воспринимает статическую нагрузку в  $2 - 3 \text{ кг/см}^2$ , подобно пространственной конструкции

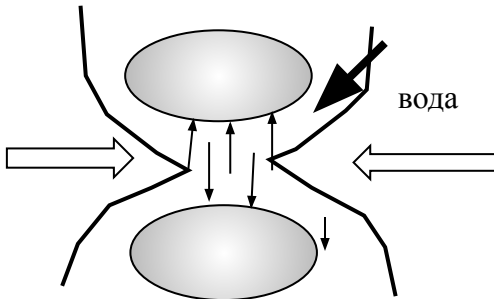
## *Структура развития просадки лесса*

*Такая система находится в равновесии и превосходно воспринимает статическую нагрузку в 2 – 3 кг/см<sup>2</sup>, подобно пространственной конструкции*

*Известь (CaCO<sub>3</sub>)  
растворяется,  
Грунт увлажняется*



*Толстые пленки воды  
– оказывают  
расклинивающее  
действие*



**При замачивании**

*Роль узлов в данной системе  
заменяют связи, состоящие  
их кальцита (CaCO<sub>3</sub>) -  
вяжущего вещества, а  
также склеивающие  
свойства пленочной воды  
глинистых частиц.*

**Разрушение  
макроструктуры**

*Частицы грунта падают в  
промежутки, заполняя  
макропоры, грунт теряет  
просадочные свойства*

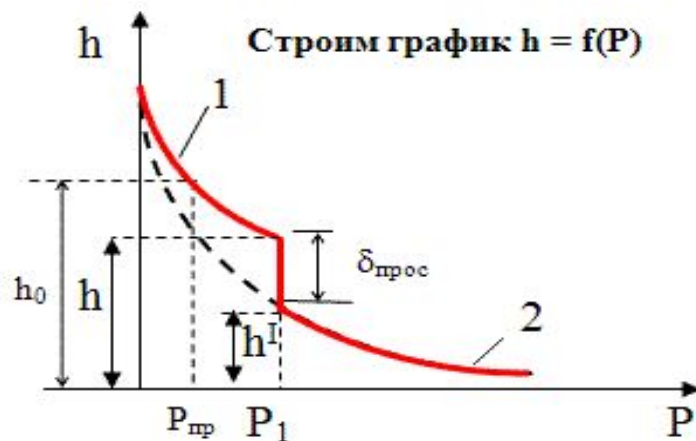
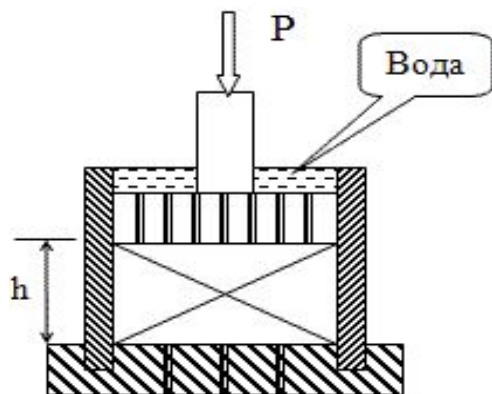
*При замачивании происходят резкие местные провальные осадки (с разрушением структуры грунта) – просадки*

*– в результате - неравномерные деформации зданий и сооружений.*

## *Характеристика просадочности лёссовых грунтов*

*Для определения просадки лёссового грунта в лабораторных условиях проводят компрессионные испытания. Образец лёссового грунта помещают в одометр, уплотняют давлением  $P_1$ , а затем через пористый диск поршня выполняют замачивание водой.*

---



- 1 – компрессионная кривая лёссового грунта до замачивания;  
2 – то же, после замачивания водой.*

**коэффициент относительной просадочности :**

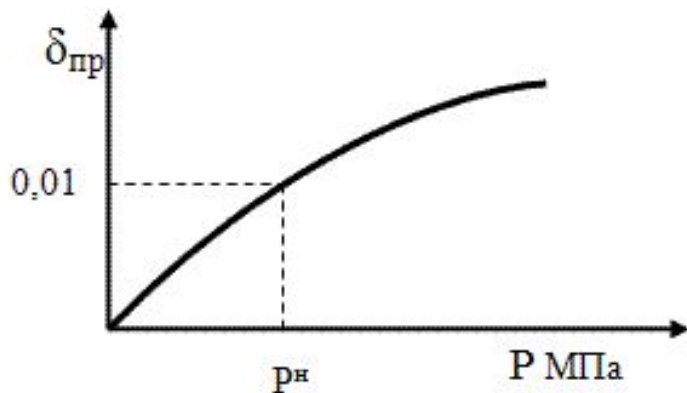
$$\delta_{\text{прос}} = \frac{h - h^I}{h_0}$$

**коэффициент относительной просадочности :**

$h$  – высота (см) образца природной влажности обжатого давлением  $P_1$  равным давлению от всего сооружения и собственного веса вышележащего грунта.

$h^I$  – высота (см) того же образца грунта после полного водонасыщения водой при сохранении давления  $P_1$

$h_0$  – высота (см) того же образца грунта природной влажности, обжатого давлением, равным природному.



*Если  $\delta_{\text{пр}} < 0,01$  – лесс не просадочный  
Если  $\delta_{\text{пр}} > 0,01$  – лесс просадочный*

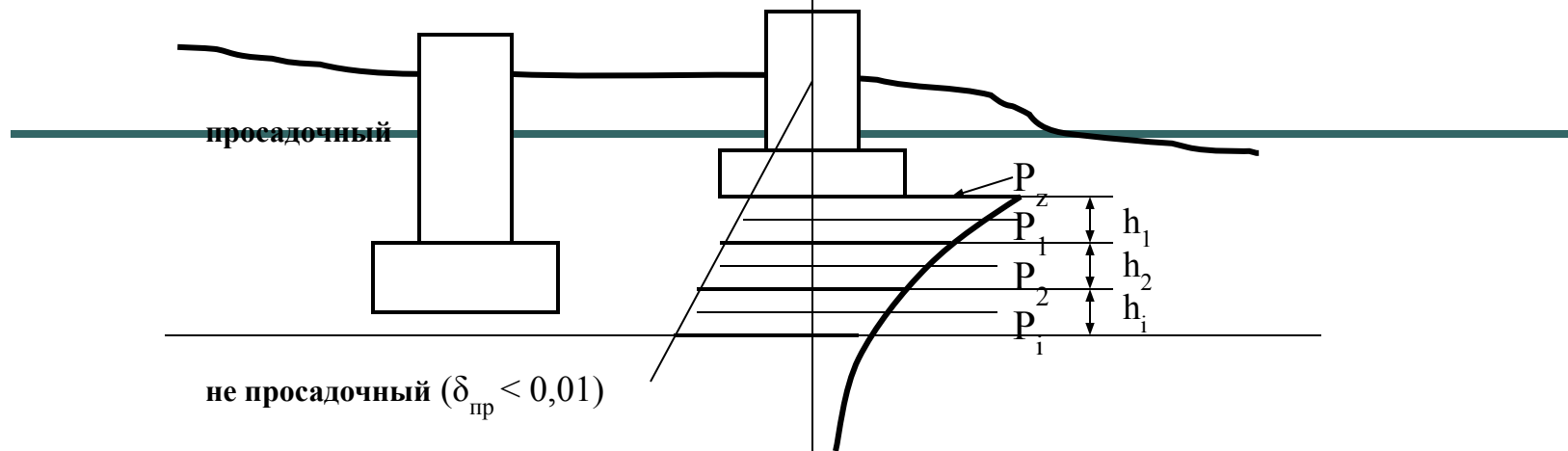
**$P^n$  – начальное просадочное давление**

**0 -  $P^n$  – лессовый грунт не просадочен –связи прочные**



## Определение просадки основания

- 1. **Анализируют инженерно-геологический разрез**



2. **На инженерно-геологический разрез наносят различные фундаменты зданий с различной глубиной заложения.**

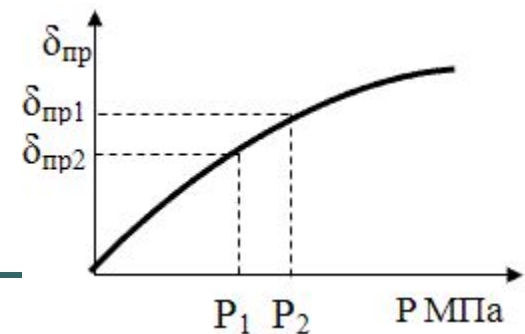
3. **Определяют просадку для самого мелко заглубленного фундамента.**

4. **Строят эпюры для этого фундамента  $Pzg, Pzr$ .**

5. **По обычным правилам определения осадок, разделяют всю толщу на слои ( $h_1, h_2, \dots, h_i$ ), определяют давления в каждом слое ( $P_1, P_2, \dots, P_i$ ) – учитывая и собственный вес грунта.**

6. **По таблицам и графикам  $\delta_{пр} = f(p)$  – из геологического отчета определяют просадку всей сжимаемой толщи, как сумма просадки отдельных слоев.**

$$S_{пр} = \sum_{i=1}^n h_i \delta_{прi} \gamma_c$$

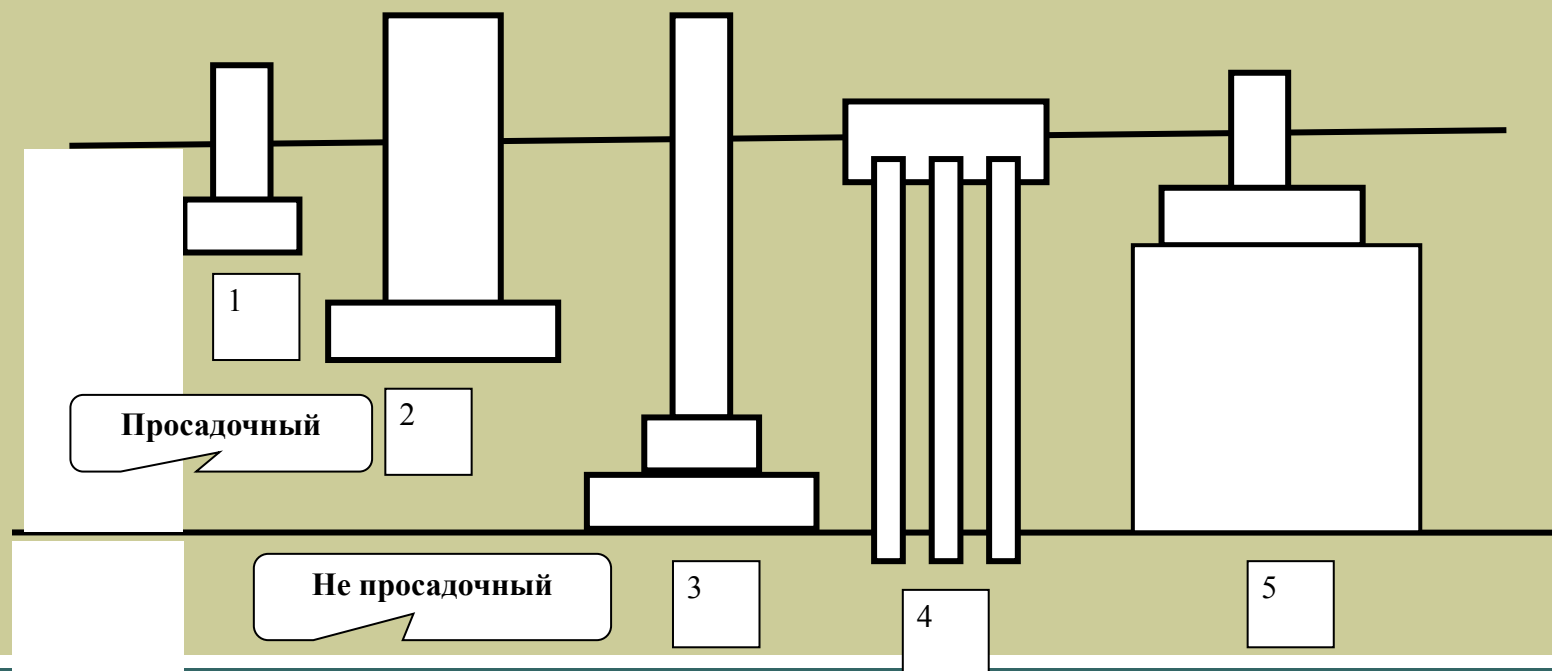


## Проектирование фундаментов на просадочных макропористых грунтах

**Различают два типа просадочности грунтов:**

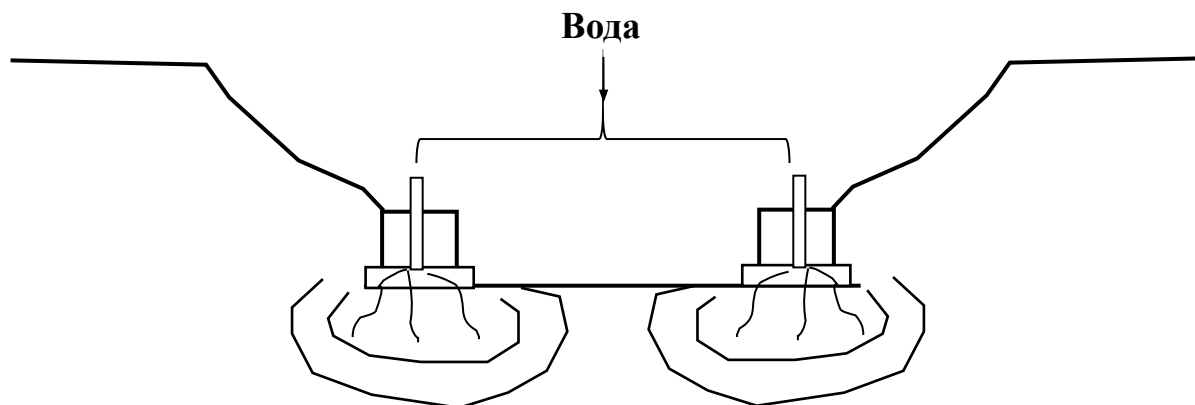
**1 тип** – просадка грунта от собственного веса при замачивании практически отсутствует или не превышает 5 см.

**2 тип** – просадка грунта от собственного веса при замачивании  $> 5$  см.



## Устранение просадочности лессовых грунтов

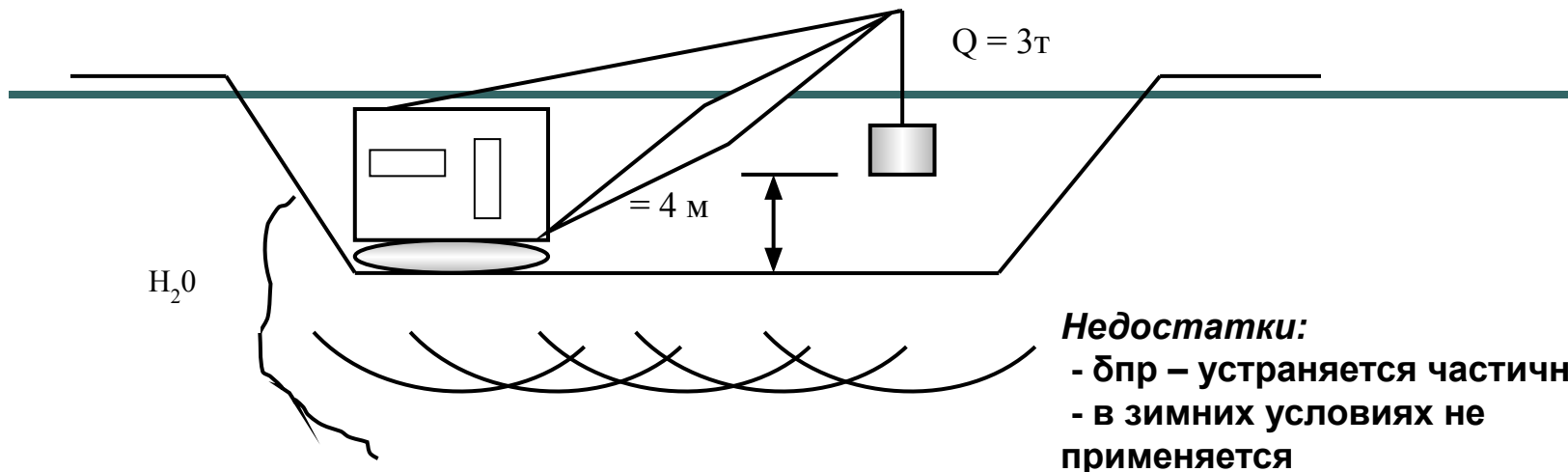
### • А) Предварительное замачивание лессовых грунтов



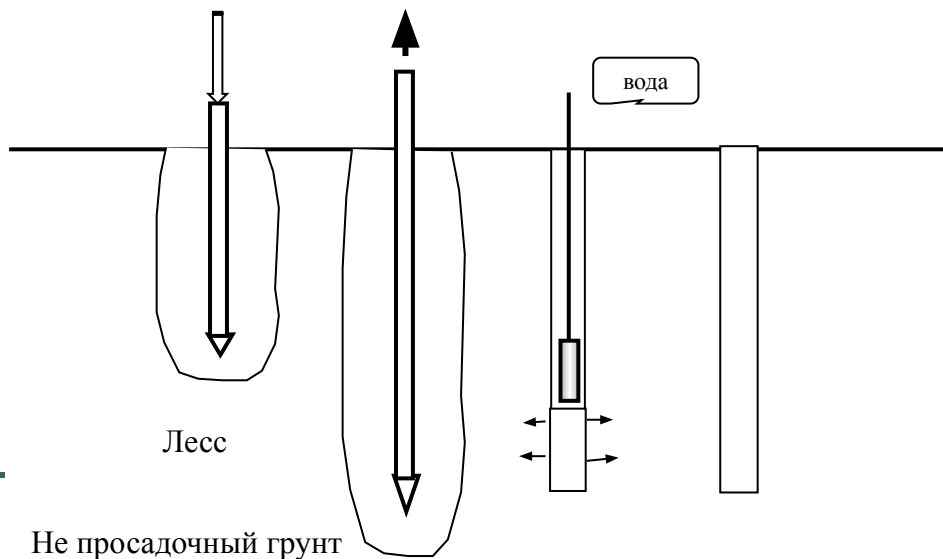
- в основании сооружения укладывают песчаный слой (до 20 см);
- первые ряды блоков возводят в сухом котловане;
- в блоки закладываются трубы;
- производится боковая засыпка, затем в слой песка по трубам подается вода.

Обжатие происходит интенсивно под весом сооружения и боковой засыпки. Осадки сооружения в строительный период не страшны и всегда могут быть легко выровнены.

*Б) Поверхностные уплотнения грунтов (возможно, поскольку лес имеет крупные поры)*

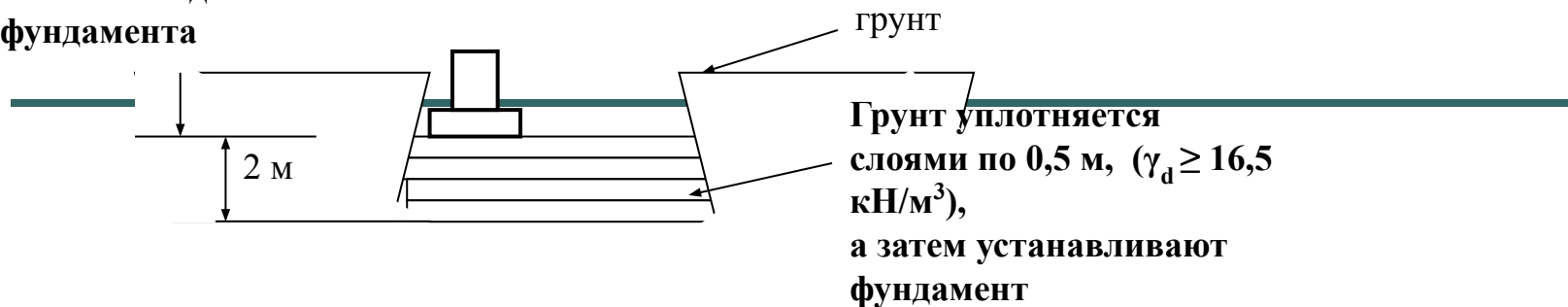


**В) Глубинное уплотнение лесса грунтовыми сваями**



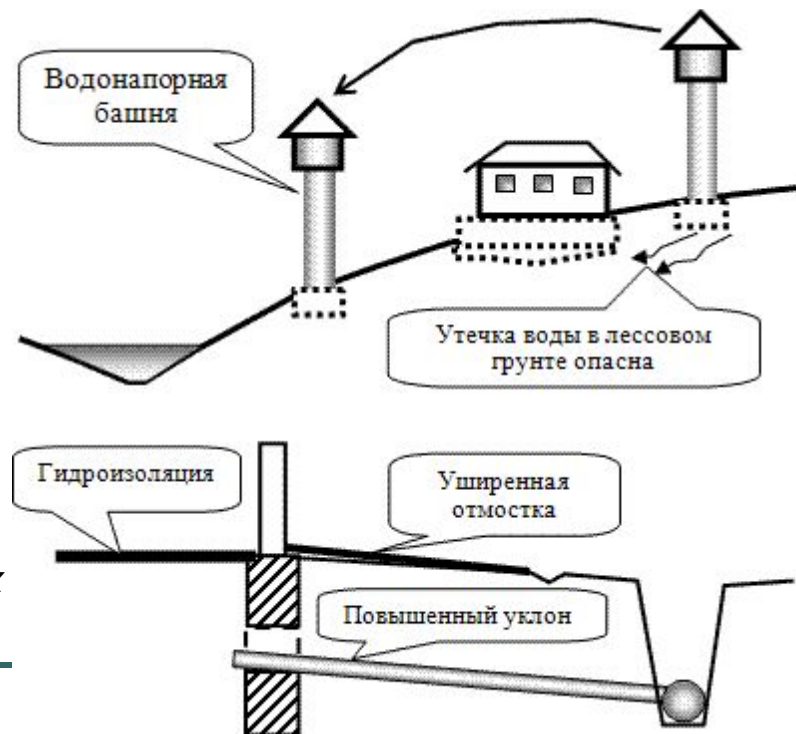
## Г) Устройство грунтовых подушек

Отметка подошвы  
фундамента



## Д) Конструктивные мероприятия

- дренаж вокруг сооружения (повышенные требования);
- прокладка инженерных коммуникаций по схеме труба в трубе (снижение риска
- замачивания лёссового грунта в случае возможной протечки);
- повышенные требования к планировке застраиваемой территории (расположение сооружений с повышенным риском утечки воды – водонапорных башен в пониженных местах) ;
- различные мероприятия, уменьшающие возможность замачивания грунта под фундаментами (уширенная отмостка вокруг здания, повышенный уклон от здания самотечных инженерных трубопроводов и т.д.).



- ***Е) Силикатизация грунтов***

***Ж) Термическая обработка грунта***

---