The background of the slide features a series of flowing, wavy lines in various shades of blue, creating a sense of movement and depth. The lines are more concentrated in the lower half and become more sparse and lighter towards the top.

Структурно- неустойчивые грунты

К структурно-неустойчивым грунтам относят :

- лессовые макропористые грунты;
- рыхлые водонасыщенные пески и водонасыщенные глинистые грунты;
- засоленные и заторфованные грунты;
- набухающие грунты;
- мерзлые и вечномерзлые грунты;
- в определенной мере сюда могут быть отнесены насыпные грунты.

Несмотря на различие в условиях образования грунтов этой группы их объединяет общее свойство :

– в природном состоянии эти грунты обладают структурными связями, которые при определенных воздействиях резко снижают свою прочность или полностью разрушаются (это может быть от быстро возрастающих, динамических, вибрационных нагрузок или физических процессов – повышение температуры мерзлых грунтов, обводнение лессовых или засоленных грунтов и т.п.)

Структурно-неустойчивые грунты часто называют региональными, т.к. эти грунты группируются преимущественно в определенных географо-климатических зонах (регионах).

Лессовые макропористые 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
 - эолового происхождения
 - содержит соли CaCO_3 ; CaSO_4
 - мало влажен (0,07-0,14)
- довольно однороден, по гранулометрическому составу и числу пластичности это супеси или суглинки
- 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 неуплотненный грунт) – наличие большого количества макропор. Количество макропор в верхних слоях лёсса увеличивается из-за наличия землероев.



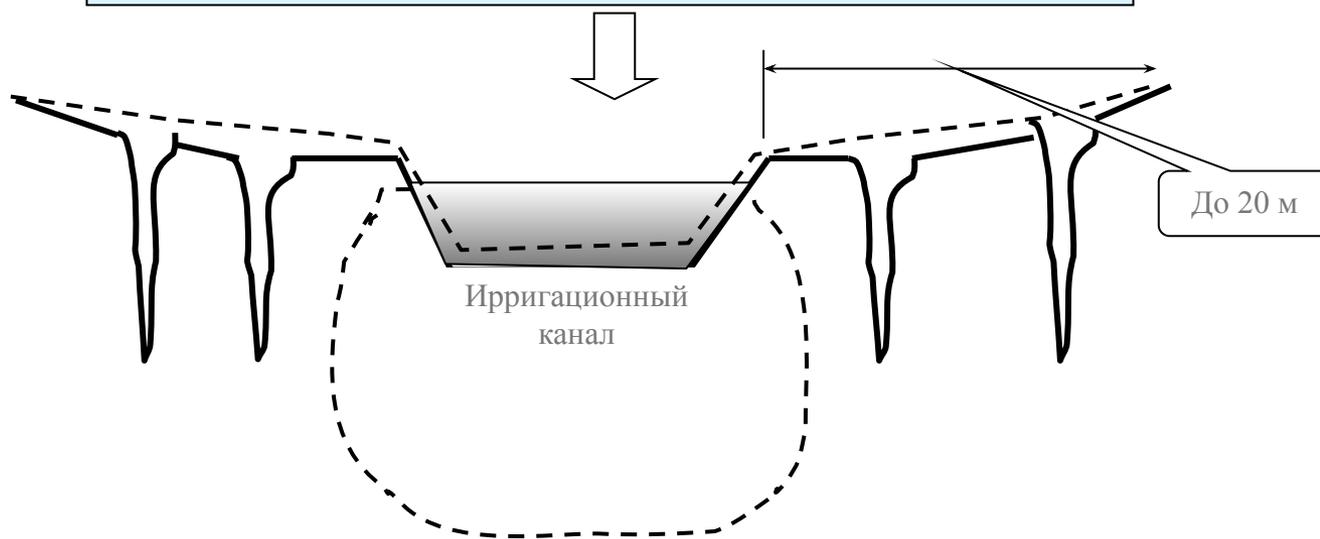
Схема образования лёссового грунта по эоловой теории происхождения



Просадочность и ее характеристики

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

Характерная схема просадочного явления лессового грунта

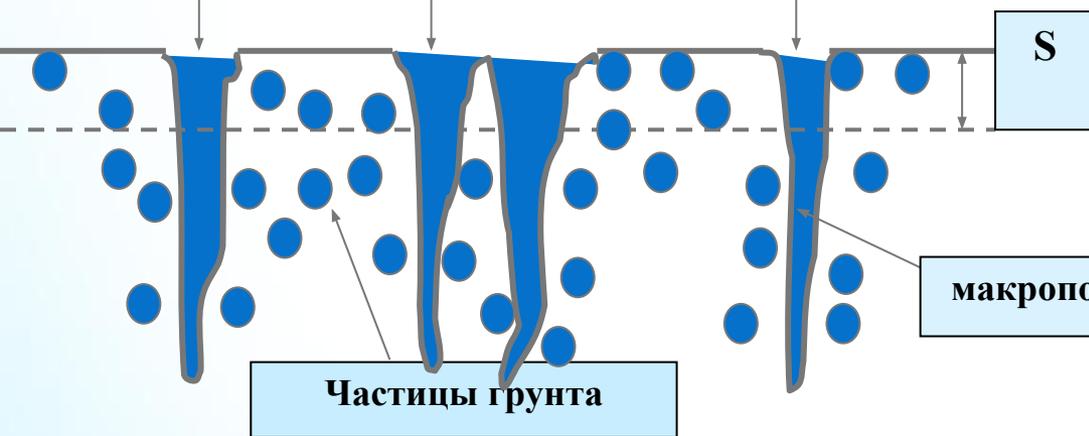


Ширина раскрытия трещин составляет 30 – 40 см, а величина просадки 0,3 – 2 м.

Отчего происходит просадка?

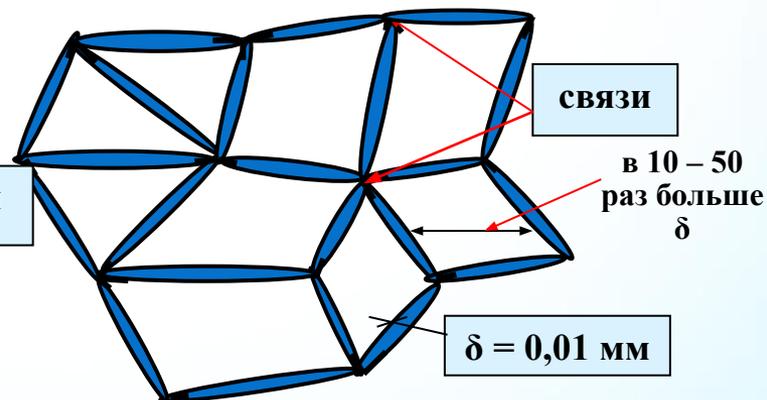
- Лесс имеет преимущественно такие характеристики:
- 1. $\gamma = 14...16$ кН/м³;
- 2. $W = 6 - 15$ % (вода в виде пленочной влаги);
- 3. $n = 45 - 55$ %.
- Большое наличие макропор в виде трубчатых канальцев $\varnothing = 0.1 ... 4$ мм (преимущественно вертикальное положение)

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



Макроструктура лёссового грунта

Микроструктура ячеисто-решетчатая, состоящая 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 кг/см², подобно пространственной конструкции

Структура развития просадки лесса

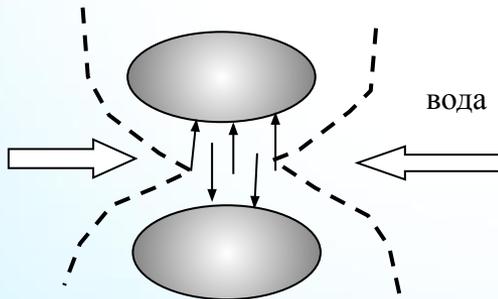
При замачивании происходят резкие местные провальные осадки (с разрушением структуры грунта) – **просадки**

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

**Грунт увлажняется,
известь (CaCO_3)
растворяется**



**Толстые пленки воды
– оказывают
расклинивающее
действие**



**При
замачивании**

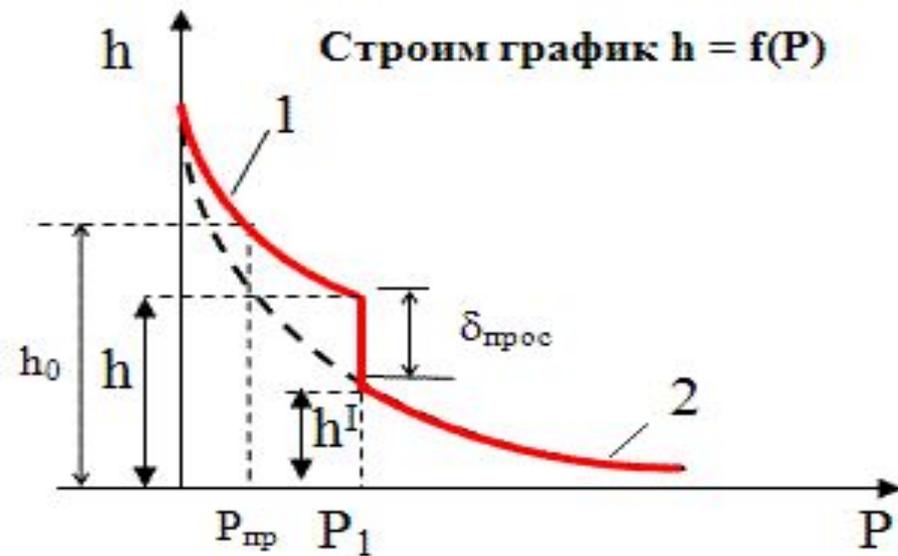
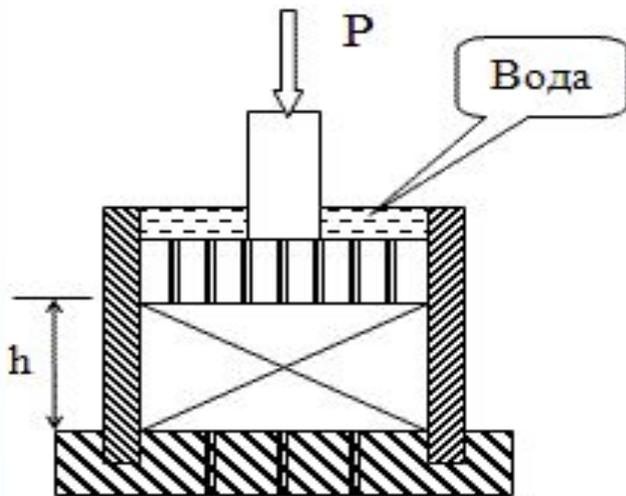
Роль узлов в решетчато-ячеистой структуре заменяют связи, состоящие из кальцита (CaCO_3) - вяжущего вещества, а также склеивающие свойства пленочной воды глинистых частиц.

**Разрушение
макроструктуры**

Частицы грунта падают в промежутки, заполняя макропоры, грунт уплотняется

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 (изменение объема) лёссового грунта до замачивания;

2 – то же, после замачивания водой.

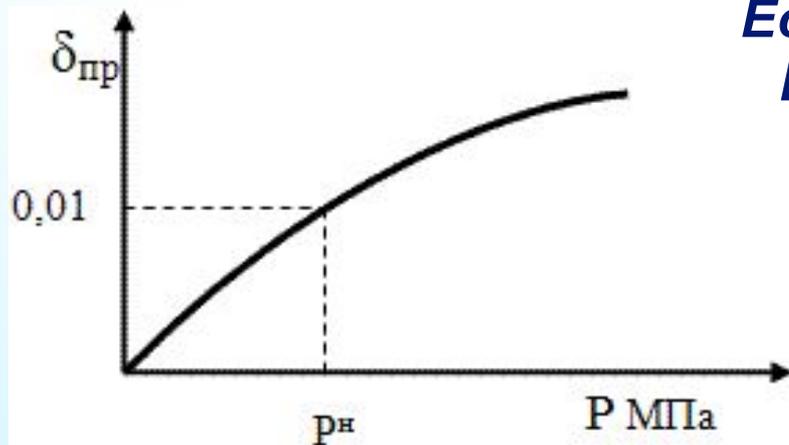
коэффициент относительной просадочности :

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

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

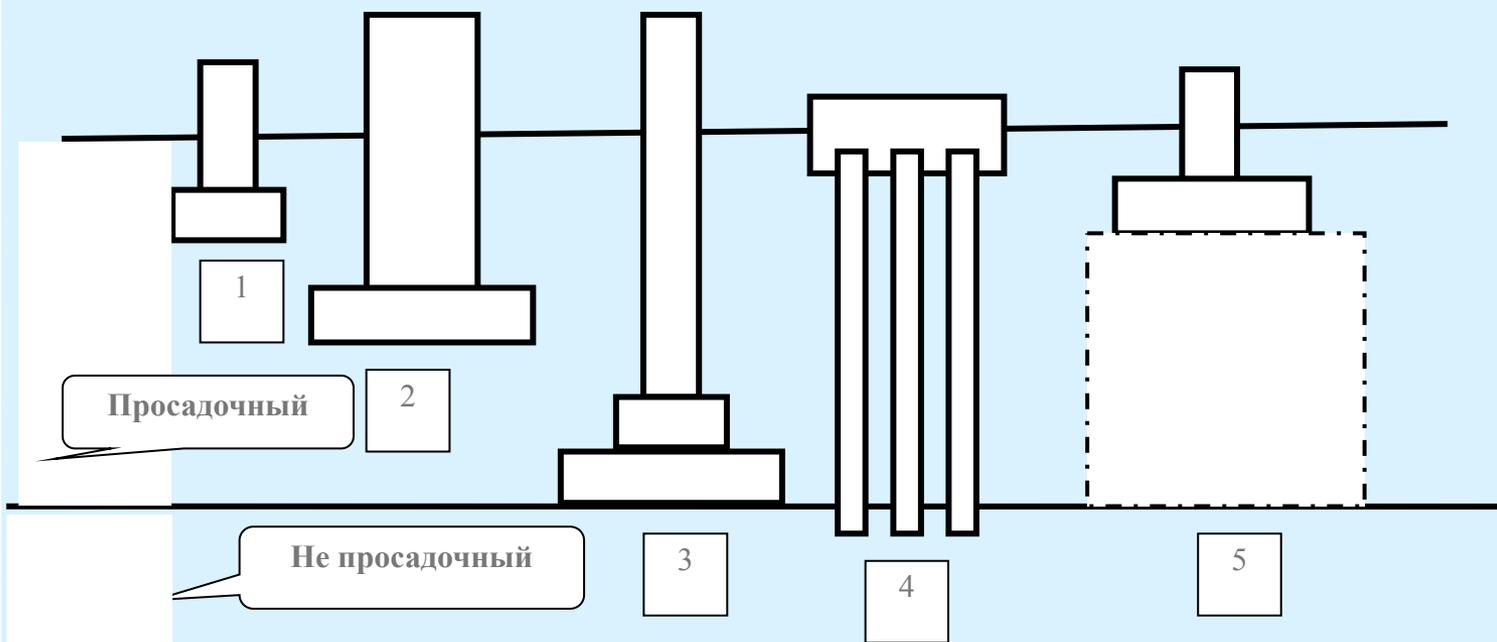
P^H – начальное просадочное давление

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

Проектирование фундаментов на просадочных макропристых грунтах

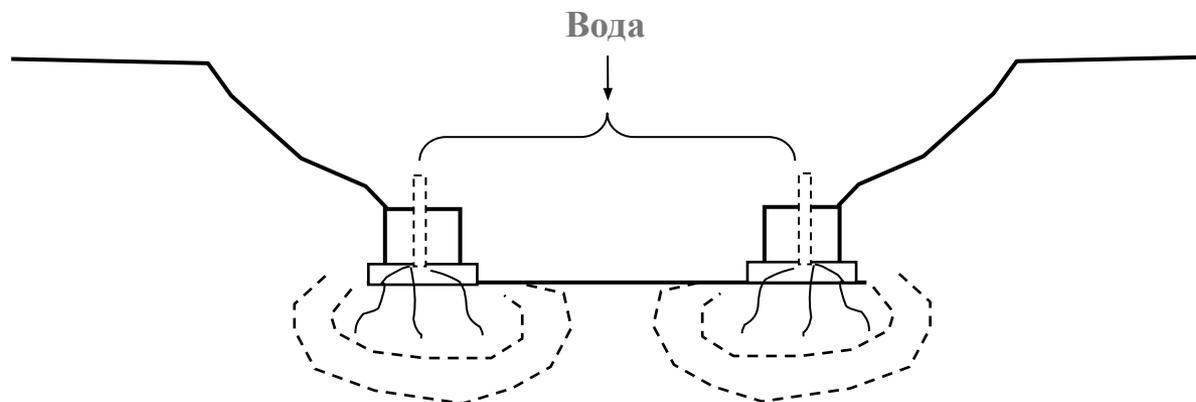
Различают два типа просадочности грунтов:

- 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

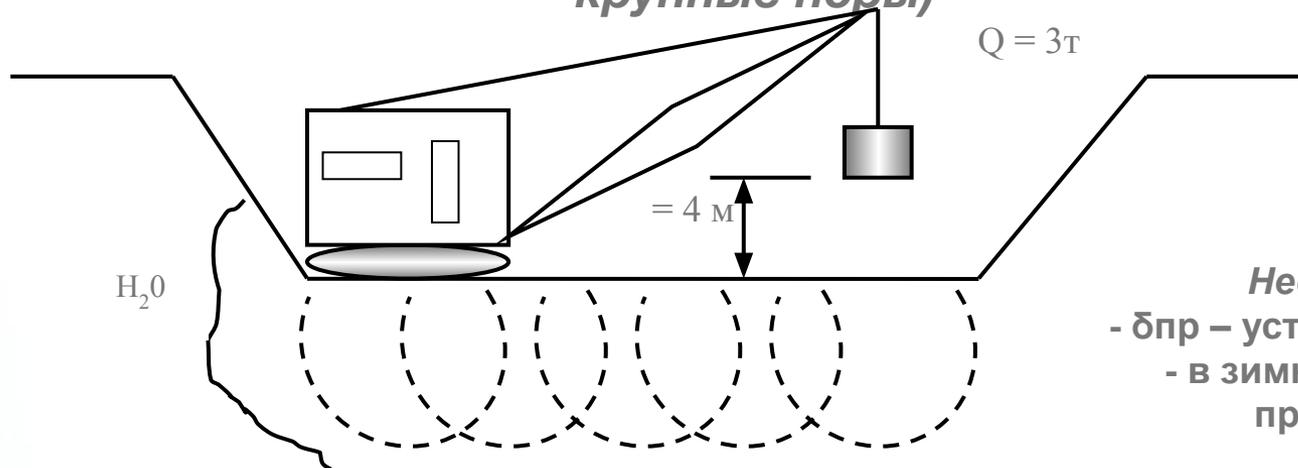


- в основании сооружения укладывают песчаный слой (до 20 см);*
- первые ряды блоков возводят в сухом котловане;*
- в блоки закладываются трубы;*
- производится боковая засыпка, затем в слой песка по трубам подается вода.*

Обжатие происходит интенсивно под весом сооружения и боковой засыпки.

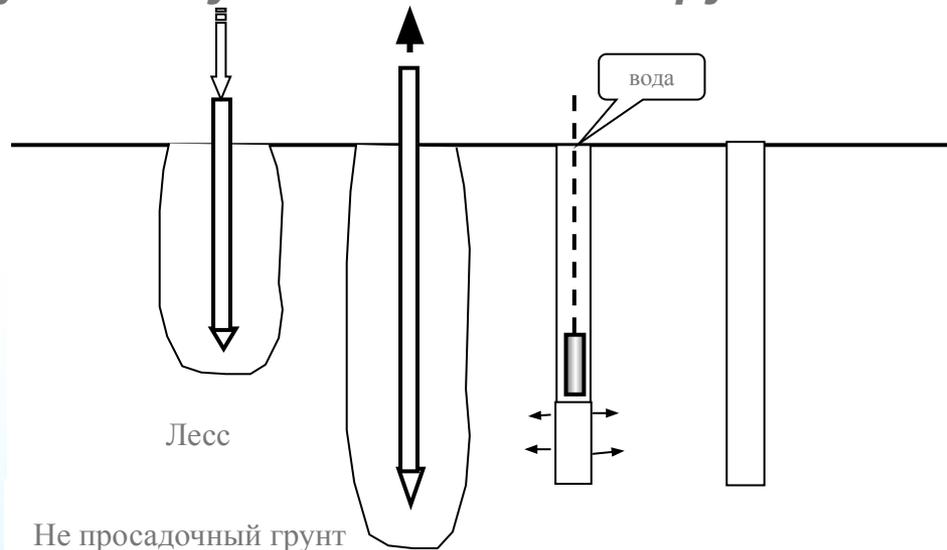
Осадки сооружения в строительный период не страшны и всегда могут быть легко выровнены.

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



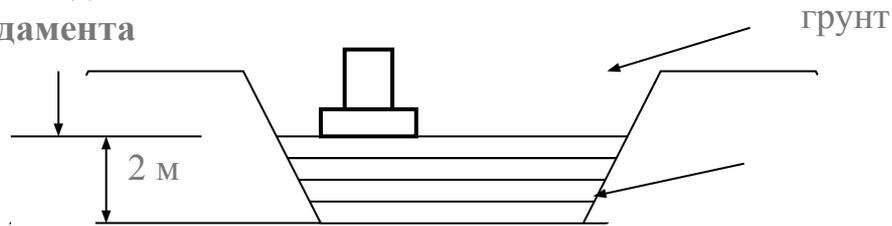
Недостатки:
- бпр – устраняется частично
- в зимних условиях не применяется

В) Глубинное уплотнение лесса грунтовыми сваями



Г) Устройство грунтовых подушек

Отметка подошвы
фундамента



Грунт уплотняется
слоями по 0,5 м, ($\gamma_d \geq 16,5$
кН/м³),
а затем устанавливают
фундамент

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.)

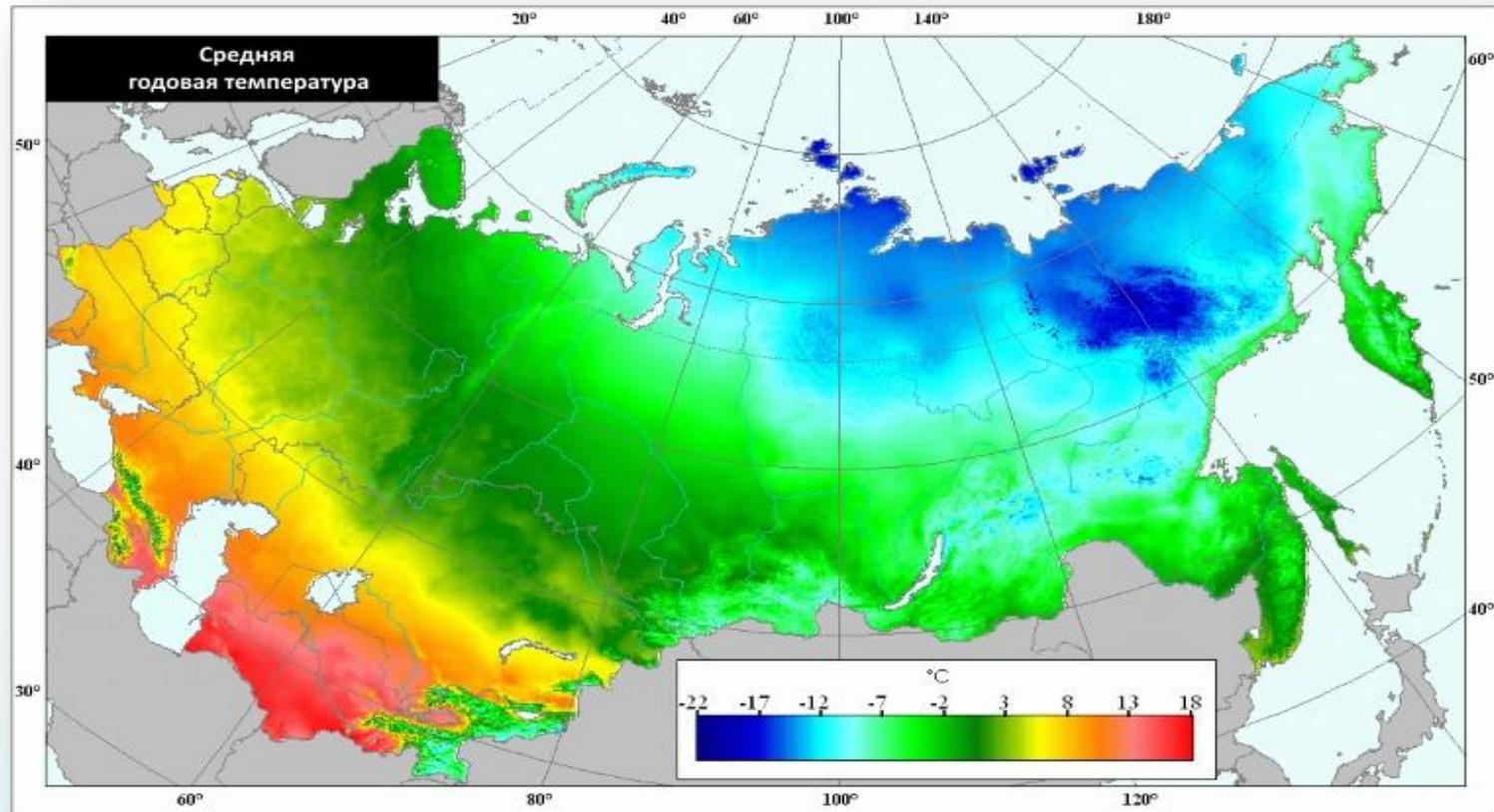


Е) Силикатизация грунтов

Ж) Термическая обработка грунта

Мерзлые и вечномерзлые грунты

Вечномерзлые грунты занимают около 60 % территории РФ и простираются от берегов Баренцева моря на западе до побережья Охотского и Берингова морей на востоке.



- Мерзлыми называют грунты, которые имеют нулевую или отрицательную температуру и в которых хотя бы часть воды замерзла, цементируя твёрдые частицы.
- Если грунты, имеющие отрицательную температуру не содержат льда (сухие пески, скальные породы и.т.д.), то их называют морозными.
- Грунты называются вечномерзлыми, если в условиях природного залегания они находятся в мерзлом состоянии непрерывно (без оттаивания) в течение 3 и более лет.

При оттаивании порового льда структурные ледоцементные связи лавинно разрушаются и возникают значительные деформации. Некоторые грунты при этом могут переходить в разжиженное состояние.

. Для мерзлых грунтов различают следующие основные текстуры: слитную, слоистую и ячеистую.



а — слитная (массивная); б — слоистая; в — ячеистая (сетчатая)

Деятельный слой грунта - попеременно замерзающий и оттаивающий слой. (Зимой промерзает, летом оттаивает. Ниже залегает талый грунт).

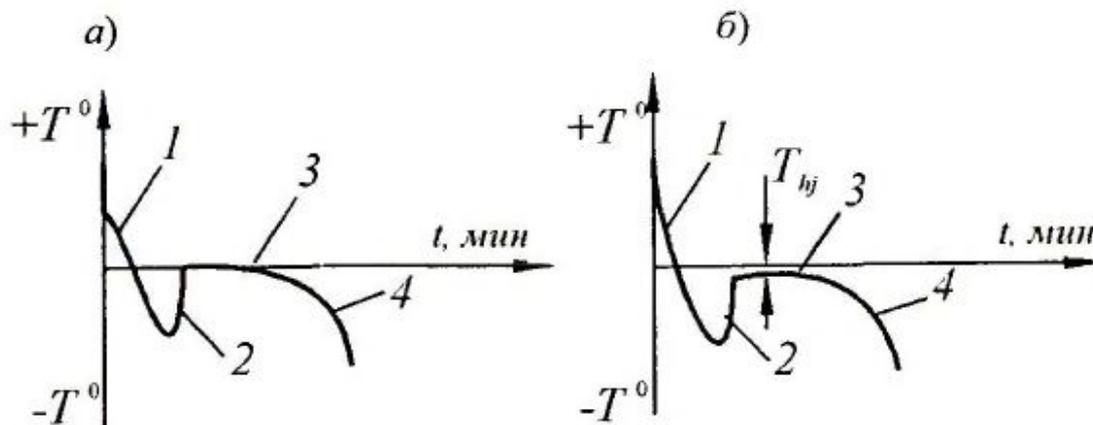


- 1 — деятельный спой;
- 2 — талый грунт;
- 3 — слой сезонного оттаивания;
- 4 — вечномерзлый грунт;
- 5 — слой сезонного промерзания.

Мерзлый грунт – четырёхфазная система, содержащая минеральные частицы, воздух, воду и лёд. Лёд цементирует минеральные частицы и придаёт грунту новые физические и механические свойства. Эти свойства зависят от температуры.

Температура начала замерзания грунтов определяется экспериментально.

Наивысшая отрицательная температура на кривой замерзания грунта 3



Изменение температур замерзающих грунтов во времени:

а – для чистых крупных песков; *б* – для глинистых грунтов; 1 – участок охлаждения и переохлаждения; 2 – температурный скачок с начала кристаллизации воды; 3 – участок дальнейшей кристаллизации (замерзания) воды; 4 – участок дальнейшего охлаждения мерзлого грунта; T_{hj} – температура начала замерзания грунта

Характеристики физического состояния мерзлых грунтов определяются экспериментально, это плотность естественной структуры ρ_f , плотность твёрдых минеральных частиц ρ_s , суммарную влажность грунта w_{tot} и влажность грунта за счёт незамерзания воды w_w .

В состав дополнительных характеристик входят:

- | | | |
|---|---|--|
| 1 | Влажность грунта за счёт включения льда w_i | $w_i = w_{tot} - w_w$ |
| 2 | Влажность грунта между включениями льда w_m | $w_m = w_{ic} + w_w$ |
| 3 | Влажность за счёт льда-цемента w_{ic} | |
| 5 | Суммарная льдистость мерзлого грунта i_{tot} | $i_{tot} = \rho_f (w_{tot} - w_w) / \rho_i (1 + w_{tot})$ |
| 6 | Льдистость мерзлого грунта за счёт включения льда i_i | $i_i = \rho_s (w_{tot} - w_m) / [\rho_i + \rho_s (w_{tot} - 0,1 w_w)]$ |
| 7 | Степень заполнения объема пор мерзлого грунта льдом и незамерзшей водой | $s_r = (1,1 w_m - 0,1 w_w) \rho_s / (e_f \rho_w)$ |

Классификация мерзлых грунтов

- По льдистости:

Сильнольдистые с льдистостью $i_i > 0,4$;

Среднелльдистые $0,2 \leq i_i \leq 0,4$;

Слабильдистые $i_i < 0,2$.

Ледяные включения, количественно определяемые льдистостью, дают представление о величине осадки грунта после оттаивания под действием собственного веса.

- В зависимости от температуры:

Твёрдомерзлые с температурой ниже $T_{s.g}$

Пластично-мерзлые с температурой от T_{bf} до $T_{s.g}$ и достаточно большой сжимаемостью

Сыпучемерзлые-имеют отрицательную температуру, но не сцементированные льдом (гравелистые и песчаные грунты с $w_{tot} \leq 0,03$

Температура перехода $T_{s.g}$ из пластично-мерзлого состояния в твёрдомерзлое зависит от вида грунта и изменяется от $-0,1^\circ\text{C}$ (крупные и средней крупности пески) до $-0,5^\circ\text{C}$ (глины)

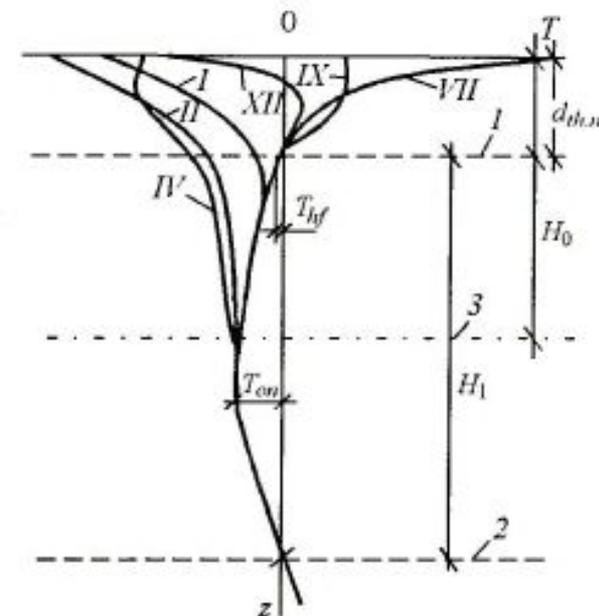
Изменение температуры грунта может приводить к следующим процессам:

□ Замерзание и оттаивание грунта

□ Миграция влаги к фронту промерзания

□ Морозное пучение

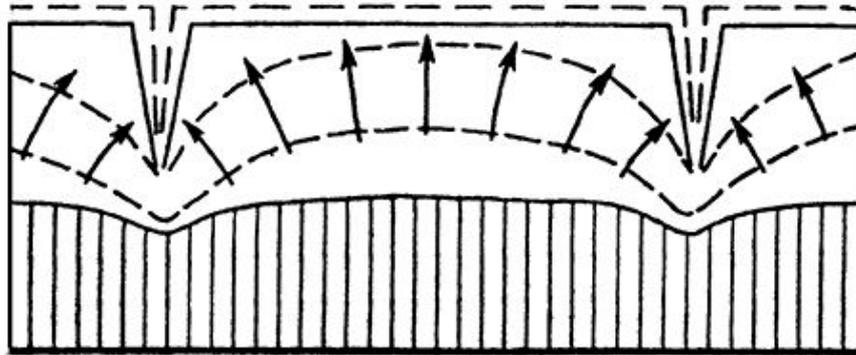
□ Образование наледей морозобойных трещин, сползание грунта по склонам (солюфлюкция), поверхностные оползни



Распределение температуры по глубине грунтовой толщи:

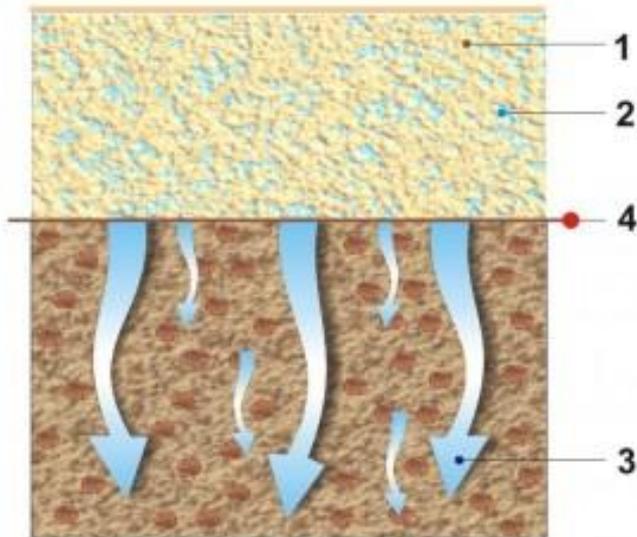
$d_{т.н.}$ – нормативная глубина сезонного оттаивания; H_0 – глубина до границы нулевых амплитуд сезонных колебаний температуры; H_f – мощность слоя вечномерзлых грунтов; 1, 2 – верхняя и нижняя границы слоя вечномерзлой толщи грунтов; 3 – граница нулевых амплитуд сезонных колебаний температуры; $T_{нф}$ – температура начала замерзания грунта; $T_{ср}$ – нормативная среднегодовая температура вечномерзлого грунта; I–XII – месяцы года

I. Миграция влаги зависит от движения воды по плёнкам, окружающим твёрдые частицы, вследствие градиента сил притяжения молекул воды к поверхности твёрдых частиц ниже границы промерзания в пределах зоны всасывания



II. Морозное пучение грунта – увеличение объема промерзающего грунта вследствие объемного расширения при переходе воды в лёд, как первоначально находившейся в порах, так и мигрировавшей в зону промерзания из нижерасположенных слоёв грунта

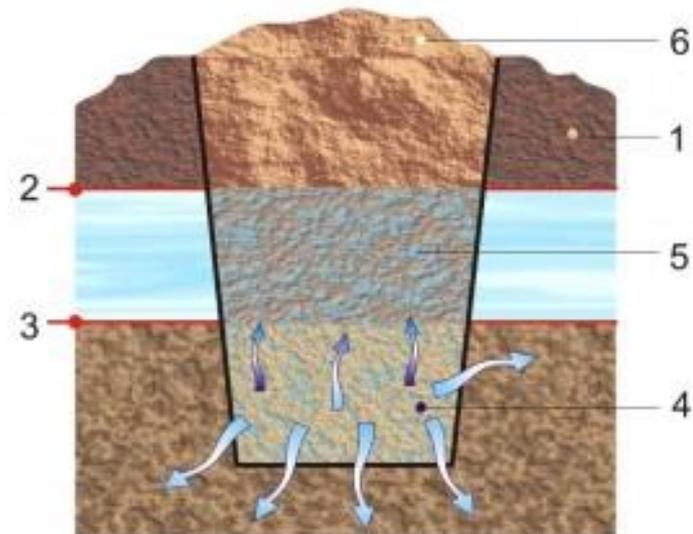
Грунт на границе промерзания



1. Песок
2. Лед
3. Вода
4. Граница промерзания

Сквозь глину влага уйти не успевает, и такой грунт становится пучинистым.

Песок в замкнутом объеме (пучинистый)



1. Глина
2. Уровень грунтовых вод
3. Граница промерзания
4. песок + вода
5. Лед + песок
6. Песок

Грунт из крупнозернистого песка, помещенный в замкнутый объем, которым может оказаться скважина в глине, поведет себя как пучинистый.

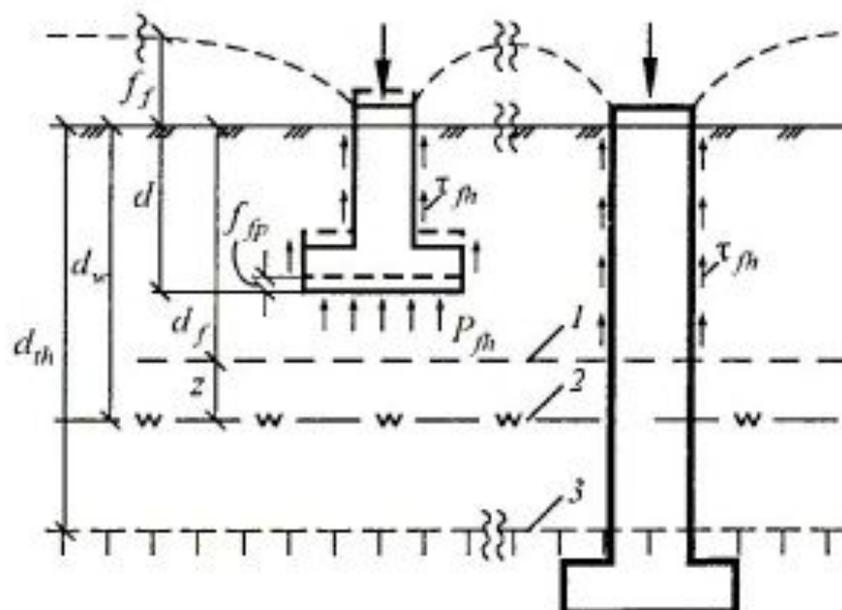


Схема морозного пучения грунта промерзающего деятельного слоя и действия сил морозного пучения на фундаменты:

a – при глубине заложения фундамента выше границы промерзания;
b – при заложении фундамента ниже верхней границы вечномерзлой толщи;
 p_{th} – удельное нормальное давление пучения грунта на подошву фундамента;
 τ_{th} – удельная касательная сила пучения грунта;
 l – граница промерзания деятельного слоя;
 2 – уровень надмерзлотных вод;
 3 – верхняя граница вечномерзлых грунтов;
 f_f – величина перемещения ненагруженной поверхности грунта;
 f_{fp} – величина деформации морозного пучения грунта с учетом давления на основание;
 F – нагрузка на фундамент

Количественно морозное пучение грунта характеризуется величиной и коэффициентом морозного пучения грунта.

- **Величина морозного пучения f_f – абсолютное значение поднятия поверхности промерзающего слоя грунта толщиной d_f (абсолютная деформация).**
- **Коэффициент морозного пучения ε_f – относительная величина морозного пучения промерзающего слоя грунта (относительная деформация).**

$$\varepsilon_f = f_f / d_f$$

Интенсивность морозного пучения зависит от многочисленных факторов: состава и состояния грунта, скорости и продолжительности промерзания, положения уровня подземных вод по отношению к границе промерзания, величины внешнего давления и других

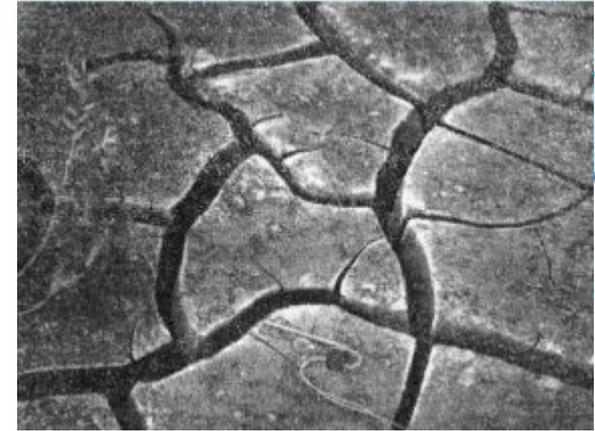
III. Наледи. Бугры пучения. При наличии подземных вод образуются поверхностные и грунтовые наледи.

Поверхностными наледями называются наземные слои льда, образовавшиеся от изливания и замерзания вод на поверхности, грунтовые наледи – подземные слои льда – образуются вследствие замерзания воды между слоями грунта. Наледи бывают сезонные, формирующиеся зимой и растаивающие летом, и многолетние



Бугры пучения могут быть сезонные и многолетние (иногда высотой 8-12 м)

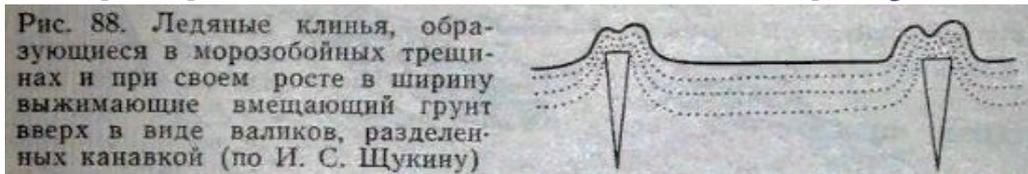
IV. Криогенное (морозобойное) растрескивание грунтов. Трещины, возникающие в деятельном слое (в процессе его промерзания, так и после промерзания из-за неравномерного уменьшения объема), проникают и в слой вечномерзлого грунта, создавая условия для образования в них трещинных льдов и особых форм рельефа.



V. Солюфлюкция – медленное течение (сползание) оттаивающего грунта по склонам. Солюфлюкция глинистого грунта происходит в результате многократных процессов морозного пучения его при промерзании и осадок оттаивания



VI. Ледяные клинья в вечномёрзлой толще. Во время весеннего таяния снега или половодья температура стенок криогенных (морозобойных) трещин в вечномёрзлом грунте остается достаточно низкой, и попадающая в них вода быстро замерзает, превращаясь в лёд и снова образуя сплошной массив.



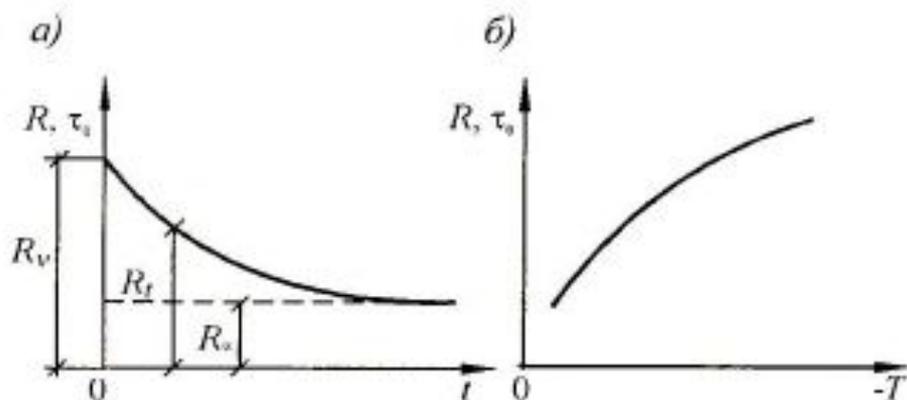
VII. Термокарст – процесс неравномерного проседания почв и подстилающих горных пород вследствие вытаивания подземного льда; просадки земной поверхности, образующиеся при протаивании льдистых мёрзлых пород и вытаивании подземного льда. В результате образуются воронки, провалы, внешне напоминающие карстовые формы рельефа. Преимущественно распространён в области развития многолетнемёрзлых горных пород.



Механические свойства мерзлых грунтов зависят от их состава и физического состояния, температуры, характера и действия нагрузки.

Прочность мерзлых грунтов

Интенсивное развитие ползучести приводит к уменьшению прочности грунтов и сопротивляемости любому характеру разрушения (R_t) при длительном действии нагрузок.



Зависимость прочности мерзлого грунта:
а – от времени действия и нагрузки; б – от величины температуры

При проектировании зданий и сооружений используются значения *предельно-длительной прочности* мерзлых грунтов R_∞ , определяемые экспериментально, которые значительно меньше мгновенной прочности R_v .

Предельное сопротивление мерзлых грунтов сдвигу τ_{ft} :

$$\tau_{ft} = c_{ft} + p \operatorname{tg}\varphi_{ft}$$

где c_{ft} и $\operatorname{tg}\varphi_{ft}$ – соответственно удельное сцепление и угол внутреннего трения, определяемые с учетом температуры грунта и времени нагружения.

Эквивалентное сцепление – комплексная характеристика прочностных свойств грунтов, учитывающей совместно силы сцепления и , в известной мере, трение. Величина эквивалентного сцепления подсчитывается по результатам испытаний шаровым

$$c_{eq} = \frac{0,18 \cdot N}{\pi \cdot D \cdot s_t},$$

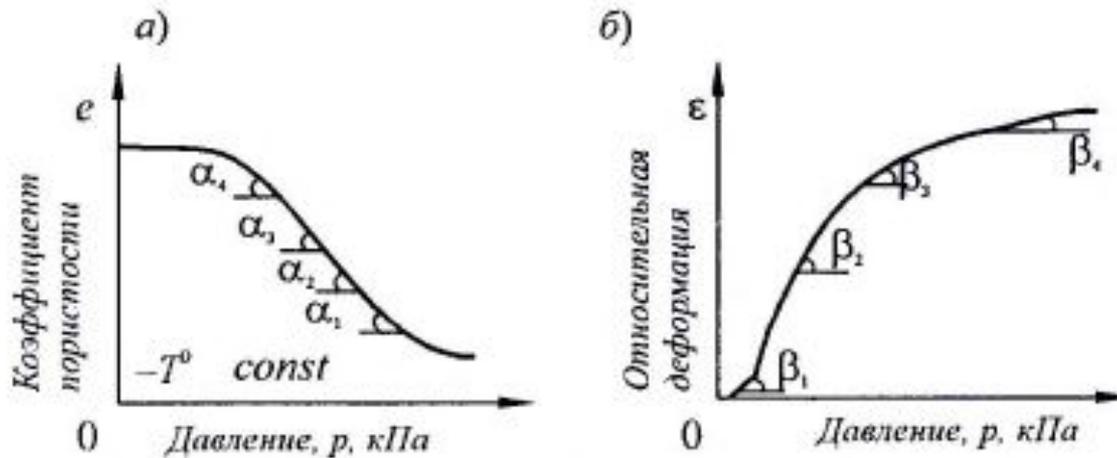
где N – нагрузка на штамп, кН; D – диаметр штампа, м; s_t – величина осадки штампа в различные промежутки времени.

Сжимаемость мерзлых грунтов

Основной характеристикой сжимаемости мерзлых грунтов является коэффициент сжимаемости, который может быть определен по данным компрессионных испытаний (в нетеплопроводных одометрах) или рассчитан по результатам полевых испытаний мерзлых грунтов пробной нагрузкой при помощи холодных штампов

Коэффициент сжимаемости пластично-мерзлого грунта определяется для различных интервалов нагрузки с точностью до 0,001

$$\delta_{f,i} = \frac{\epsilon_i - \epsilon_{i-1}}{p_i - p_{i-1}}$$



Компрессионная кривая мерзлого сильнольдистого грунта:

a – в осях $e - p$; b – в осях $\epsilon - p$

Прочностные и деформационные свойства мерзлых грунтов при оттаивании

Из механических свойств мерзлых грунтов наибольшее значение имеют величина относительного сжатия ε_{th} при переходе мерзлого грунта в талое состояние и сопротивление сжатию ($\sigma_{сж}$).

Относительное сжатие определяют путем испытания грунта в компрессионном приборе и рассматривают по формуле

$$\varepsilon_{th} = \frac{h_f - h_{th}}{h_f}$$

где h_f и h_{th} — высота образца, находящегося в мерзлом и талом состояниях при неизменном давлении.

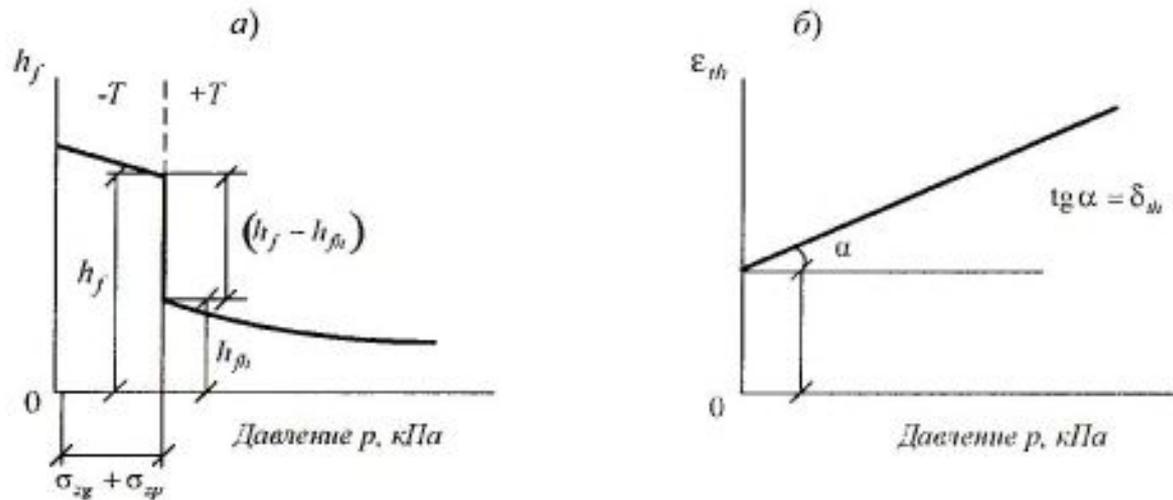
Внешняя нагрузка вызывает осадок уплотнения при оттаивании.

Оттаивание грунтов сопровождается разрушением льдоцементных связей. При этом резко разрушается сцепление грунтов и угол внутреннего трения (по сравнению с этими характеристиками в мерзлом состоянии).

Предельное сопротивление сдвигу оттаявших грунтов принимают в соответствии с теорией Кулона-Мора:

$$\tau_{u,th} = c_{th} + p \operatorname{tg}\varphi_{th}$$

Консолидация грунта в связи с его уплотнением после оттаивания под воздействие собственного веса и восстановление структурных связей приводит к увеличению сопротивления сдвигу.



9. Зависимость осадки мерзлого грунта при оттаивании от уплотняющего давления:

a – в осях $h_f - p$; *b* – в осях $\epsilon_{th} - p$

Осадка мерзлых грунтов при оттаивании состоит из осадки оттаивания и величины осадки уплотнения (при небольших давлениях до 0,3-0,5МПа):

$$\epsilon_{th} = A_{th} + \delta_{th} \cdot p,$$

где A_{th} – коэффициент оттаивания; δ_{th} – коэффициент сжимаемости оттаивающего грунта, обусловленный уплотнением его давлением p .

Принципы строительства на вечномерзлых грунтах

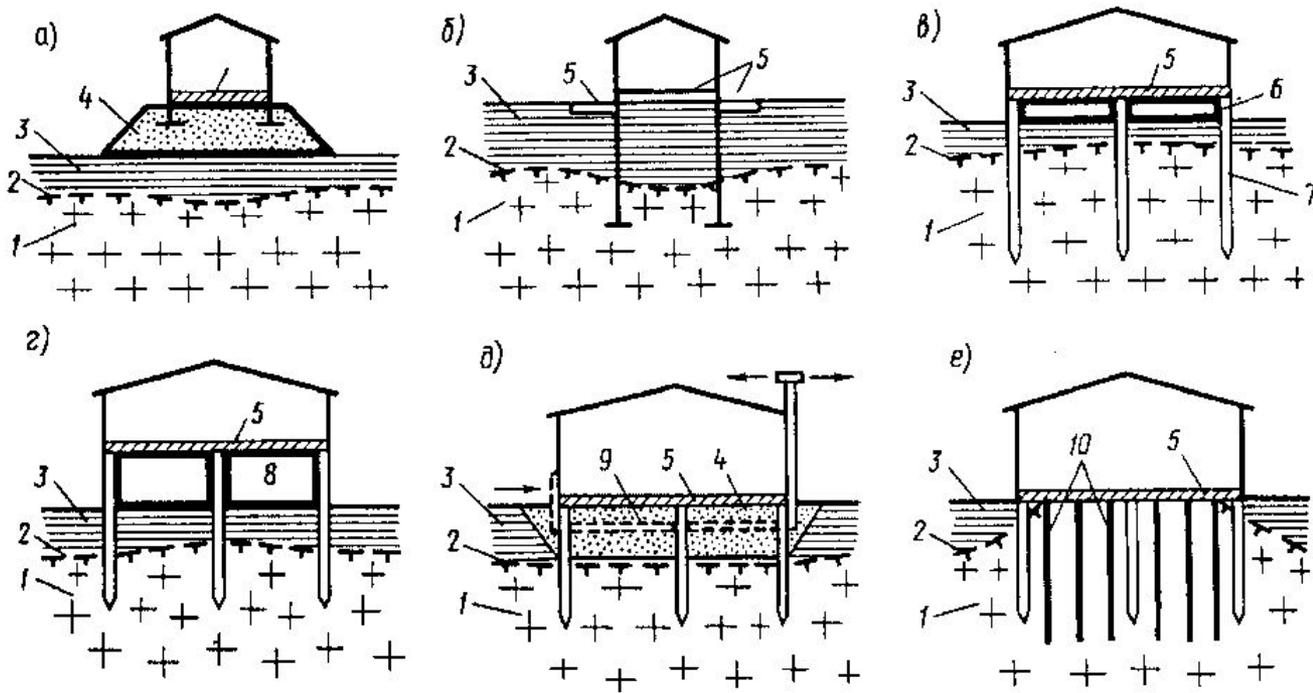
Существует два принципа строительства на вечномерзлых грунтах:

I принцип – вечномерзлые грунты основания используются в мерзлом состоянии, сохраненном в процессе строительства и в течение всего периода эксплуатации сооружения. I принцип применяется в тех случаях, когда расчетные деформации основания в предположении его оттаивания превышают предельное их не удастся привести в нормальное состояние конструктивными мерами или улучшением строительных свойств основания. Принцип эффективен, когда грунты находятся в твердомерзлом состоянии и такое состояние может быть сохранено при экономически разумных затратах.

II принцип – в качестве оснований зданий и сооружений используются предварительно оттаянные грунты или грунты, оттаивающие в период эксплуатации сооружения. II принцип рекомендуется применять при неглубоком расположении (залегании) скальных грунтов, а также при малосжимаемых мерзлых грунтах при оттаивании (плотные крупнообломочные грунты и пески, пылевато-глинистые грунты твердой и полутвердой консистенции).

Принципы строительства на вечномерзлых грунтах

При строительстве по I-му принципу для сохранения вечномерзлого состояния оснований используются различные методы



Мероприятия для сохранения вечно мерзлого состояния грунтов:

- 1 – вечномерзлый грунт; 2 – верхняя граница слоя вечномерзлого грунта; 3 – деятельный слой; 4 – насыпной непучинистый грунт (пески средней крупности, крупные, крупнообломочные грунты, шлаки); 5 – теплоизоляция; 6 – вентилируемое подполье; 7 – сваи; 8 – неотапливаемый 1-ый этаж; 9 – вентиляционные каналы; 10 – замораживающие колонки;

Принципы строительства на вечномерзлых грунтах

При использовании принципа II на вечномерзлых грунтах существуют два основных подхода.

Предпостроечное оттаивание. Для повышения температуры грунта наиболее часто используют игловое гидро- или пароттаивание, или электрический прогрев с применением электроосмоса и иглофильтрового понижения, оттаивание может быть произведено как в пределах всей площади застройки, так и под отдельными фундаментами, если это обосновано расчетом по деформациям.

Оттаивание грунтов в процессе эксплуатации сооружений должно применяться с большой осторожностью и подкрепляться тщательным прогнозом температурного режима деформаций оттаивающего основания.

Набухающие грунты

Набухающие глинистые грунты характеризуются следующими параметрами:

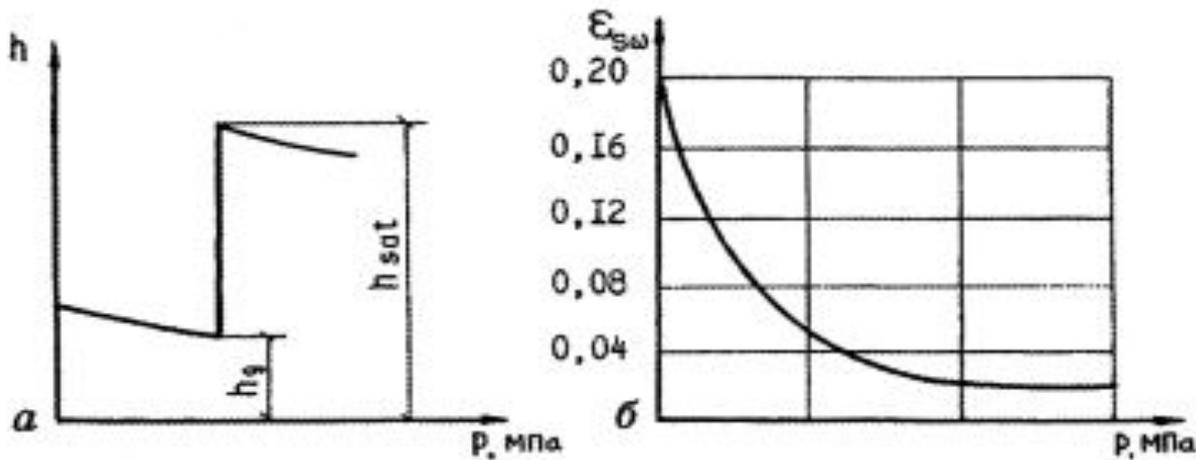
- давлением набухания P_{sw} ;
- влажностью набухания ω_{sw} ;
- относительным набуханием при заданном давлении ϵ_{sw} ;
- относительной усадкой при высыхании ϵ_{sh} .

Эти характеристики определяются в лабораторных условиях согласно ГОСТ 24143-80.

Давлением набухания P_{sw} грунта называют то минимальное давление, при котором грунт не набухает.

За влажность набухания ω_{sw} принимается влажность, полученная после завершения набухания образца, обжатого без возможности бокового расширения заданным давлением P . С увеличением плотности грунта влажность набухания уменьшается.

Набухаемость грунтов оценивают коэффициентом относительного набухания ϵ_{sw} , который находят испытанием грунта в одомере. Затем в одомер подают воду. В результате чего происходит набухание образца грунта, т.е. поршень одомера будет перемещаться вверх. По данным испытания можно построить кривую



Подъем основания при набухании грунта h_{sw} определяется по формуле:

$$h_{sw} = \sum_{i=1}^n \epsilon_{sw,i} h_i k_{sw,i}$$

где $\epsilon_{sw,i}$ - относительное набухание грунта i -го слоя,
 h_i - толщина i -го слоя грунта;

$k_{sw,i}$ - коэффициент, принимается равным 0,8 при $P = 50$ кПа (0,5 кгс/см²) и 0,6 при $P = 300$ кПа (3 кгс/см²), а при промежуточных значениях P - по интерполяции.

n - число слоев, на которое разбита зона набухания грунта.

При экранировании поверхности и изменении водно-теплового режима относительное набухание находят по формуле:

$$\varepsilon_{s\omega} = \frac{k(\omega_{eg} - \omega_o)}{1 + e_o}$$

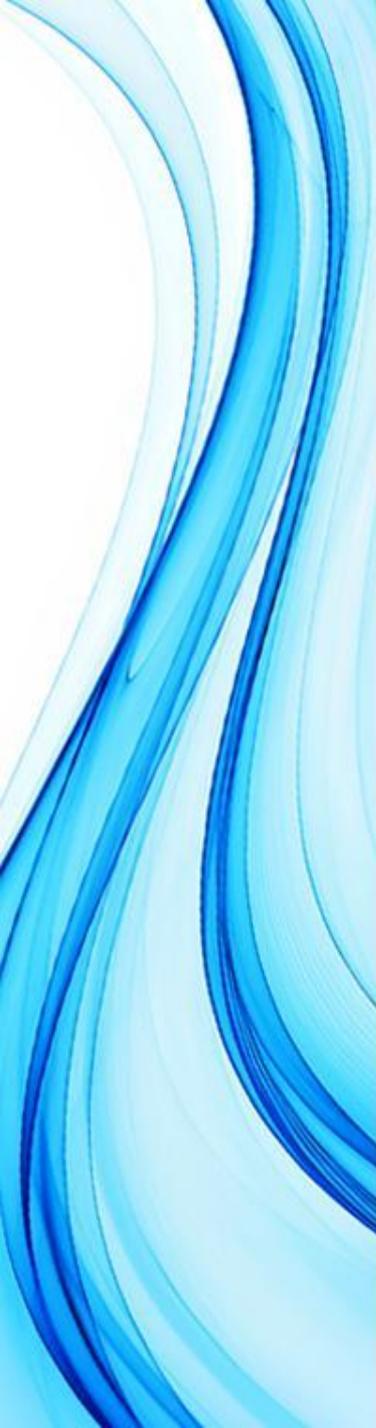
где k — коэффициент, определяемый опытным путем, а при отсутствии экспериментальных данных принимается равным 2;

ω_{eg} — конечная (установившаяся) влажность грунта;

ω_o — начальная влажность грунта;

ε_o — начальное значение коэффициента пористости грунта.

Значения относительного набухания зависят от плотности и начальной влажности грунта. С увеличением начальной влажности образца грунта набухание снижается тем быстрее, чем больше ω_o .



Набухающие грунты в зависимости от величины относительного набухания без нагрузки подразделяются на:

- **слабонабухающие, если** $0,04 \leq \varepsilon_{sw} \leq 0,08$;
- **средненабухающие, если** $0,08 < \varepsilon_{sw} \leq 0,12$;
- **сильнонабухающие, если** $\varepsilon_{sw} > 0,12$.

Засоленные грунты

Казахстан, Средняя Азия, Азербайджан, Украина.

Представлены крупнообломочными, песчаными и глинистыми грунтами, содержащими легко – и среднерастворимые соли (галит, сода, гипс, кальцит и др.)

К засоленным грунтам относятся песчано-глинистые отложения, в которых накопление солей произошло в процессе их формирования. При оценке грунтов важно знать содержание в них водорастворимых солей.

При замачивании засоленных грунтов наблюдаются:

- **появление суффозионной осадки при длительной фильтрации;**
- **набухание или просадка грунта;**
- **снижение прочностных характеристик грунта;**
- **повышение агрессивности подземных вод.**



Причинами, приводящими к засолению грунтов, являются:

- бессточный рельеф;
- недостаточное увлажнение в результате преобладания испарения над осадками;
- наличие в грунтах или грунтовых водах повышенного количества солей;
- малая проницаемость грунтов или наличие водоупорных прослоек;
- несовершенство систем орошения;
- техногенное воздействие на гидросферу застроенных или застраиваемых территорий;
- фильтрация через грунты растворов химических веществ производственных отходов из накопителей, шламонакопителей, отвалов.

Засоленные глинистые грунты характеризуются относительным суффозионным сжатием ε_{sf} и начальным давлением суффозионного сжатия P_{sf} .

Величина относительного суффозионного сжатия должна определяться, как правило, по данным испытаний засоленных фунтов с длительным замачиванием.

Значение ε_{sf} при компрессионно-фильтрационных испытаниях определяется по формуле:

$$\varepsilon_{sf} = \frac{h_{sat,p} - h_{sf,p}}{h_g}$$

где $h_{sat,p}$ — высота образца после замачивания его до полного водонасыщения при некотором давлении P ;

$h_{sf,p}$ — высота того же образца после длительной фильтрации воды и выщелачивания солей при давлении P ;

h_g — высота образца природной влажности при давлении от собственного веса фунта на рассматриваемой глубине σ_{zg} .

При полевых испытаниях засоленных грунтов статической нагрузкой с длительным замачиванием значение ε_{sf} определяется по формуле

$$\varepsilon_{sf} = \frac{S_{sf,p}}{d_p}$$

где $S_{sf,p}$ — суффозионная осадка штампа при давлении P ;
 d_p — зона суффозионной осадки.

За начальное давление суффозионного сжатия P_{sf} принимается давление, При котором $\varepsilon_{sf} = 0,01$.

Маловлажные и сухие грунты при увлажнении резко изменяют свои деформационные, прочностные и фильтрационные свойства из-за выноса солей. В качестве примера на **рис. 1** показано влияние изменения влажности засоленных грунтов и выщелачивания солей на модуль деформации.

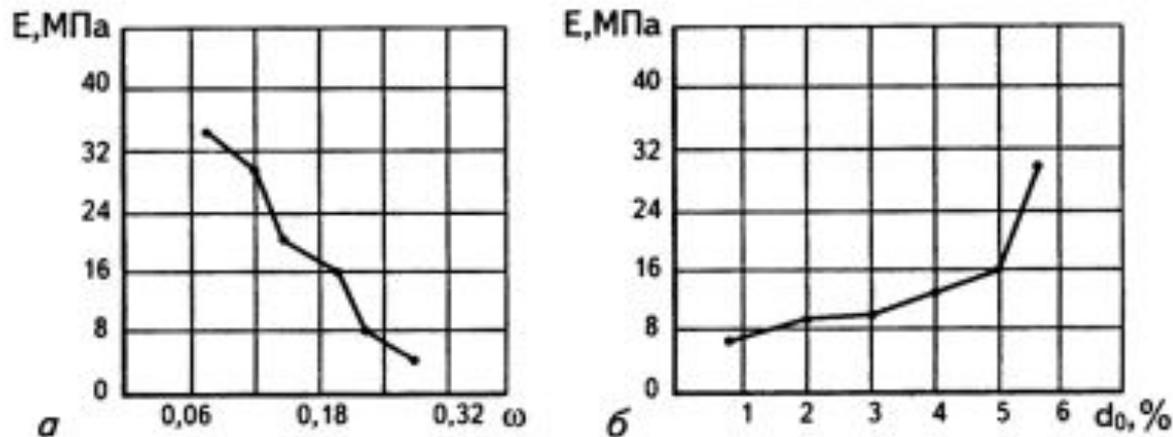


Рис. 1. Зависимость модуля общей деформации засоленных глинистых грунтов от влажности (а) и выщелачивания солей (б)

Как видно из рис. 1, рассматриваемые грунты при естественной влажности ($\omega = 0,08$) и природном содержании солей ($d_0 = 5,7\%$) имеют высокий модуль деформации. При увеличении влажности (см. рис. 4, а) или выщелачивании солей (см. рис. 4, б) снижение модуля деформации составляет 4—10 раз и более (по СБ. Ухову и др., 1994).

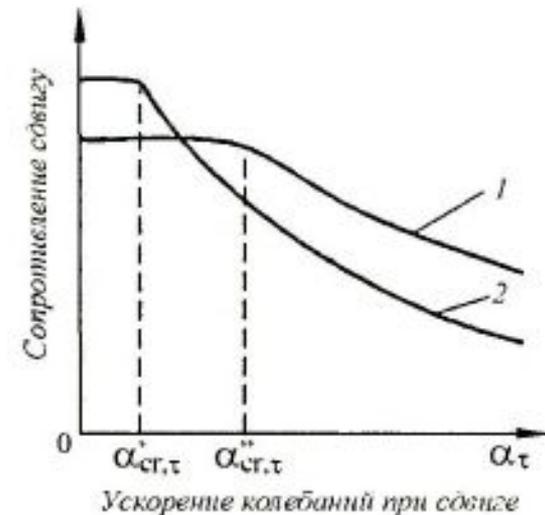
Выщелачивание водорастворимых соединений приводит к уменьшению плотности и устойчивости грунтов, а также к увеличению их водопроницаемости. Фильтрующая через грунт вода становится агрессивной по отношению к бетону, раствору и металлу.

Рыхлые водонасыщенные грунты ($e > 0.70$)

Структура рыхлых песков легко нарушается при динамических воздействиях, которые способны вызвать уплотнение песка и существенные осадки сооружений, а иногда потерю устойчивости их основания

Характерная особенность рыхлых песков - способность переходить в разжиженное состояние (грунты временно превращаются в тяжёлую жидкость)

При определенной величине динамической нагрузки под действием порового давления на скелет происходит разрушение структуры рыхлого водонасыщенного песка, потеря контактов между частицами (потеря прочности грунта и переход её в разжиженное состояние)



Изменение прочности рыхлого песка при динамических воздействиях:

- 1 – при статическом давлении на образцы p'' ;
- 2 – то же, при $p' < p''$

В дальнейшем в процессе переукладки частиц и отжатия воды песок уплотняется, приобретая более плотную структуру.

Увеличение интенсивности динамического воздействия может вновь возбудить этот процесс до достижения максимально плотного состояния, при котором даже большие динамические нагрузки не могут привести к разжижению.

- Опасность разжижения песка для устойчивости сооружений определяется продолжительностью развития этого процесса.

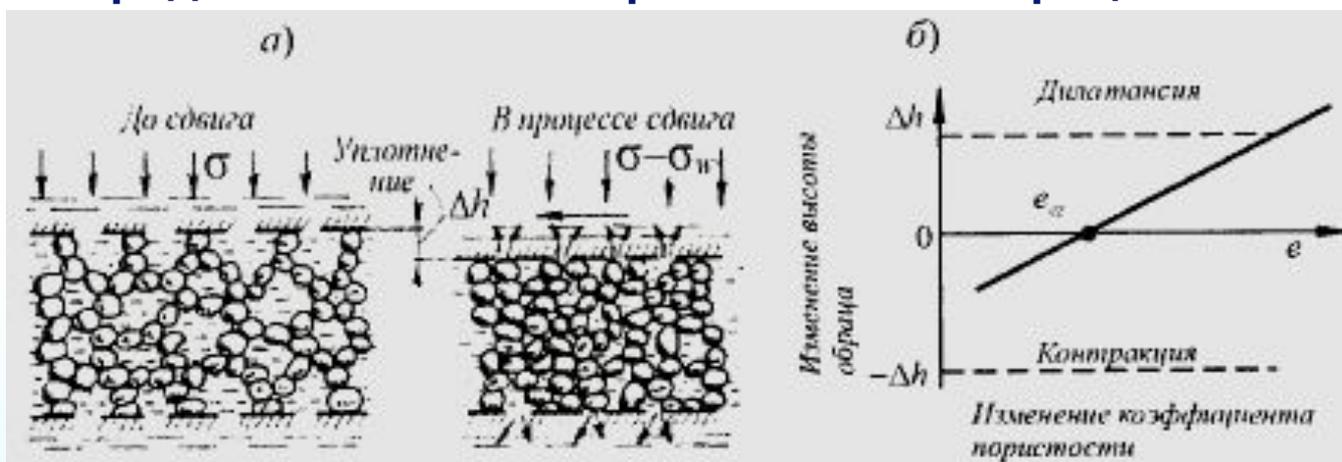


Схема изменения структуры (а) и плотности (б) рыхлого водонасыщенного песка при сдвиге

Торф и заторфованные грунты

Заторфованный грунт - грунт, содержащий органические вещества от 10 до 60% по весу, а также грунты с наличием торфянистых прослоек или слоев торфов, к которым относят все органо-минеральные грунты с содержанием органических веществ более 60%.

Места распространения: Беларусь, Прибалтика, Север, Западная Сибирь.

Торфы крайне неблагоприятны в качестве оснований сооружений.



- Влажность торфа в 20-60 раз больше влажности минеральных грунтов;
- Пористость в 2 раза меньше ($\rho=1,09...1,05$ г/см³);
- Коэффициент пористости в 15-40 раз больше, чем у минеральных грунтов ($e=9,0... 22,6$);
- При давлении 100-200 кПа осадка торфа может составлять 30-50% первоначальной высоты слоя.

Слабые водонасыщенные глинистые грунты

К ним обычно относятся: илы; ленточные глины; водонасыщенные лёссовые грунты.

Характерные особенности: высокая пористость в природном состоянии; насыщенность водой; малая прочность; большая деформируемость.

Илами называют водонасыщенные современные осадки водоемов, образовавшиеся при наличии микробиологических процессов $w < w_L, L \leq 0.9$.

Пресноводный ил называют сапропелем.

В илах преобладают глинистая и пылеватая фракция, реже – мелкопесчаная.

Основной состав илов:

- кварц;
- полевой шпат;
- глинистые минералы;
- органические образования $>10\%$.

Обладают небольшой структурной прочностью. Если $P < P_{str}$, то илы получают только упругие деформации.

$P > P_{str}$, то разрушаются, но со временем упрочняются

ВНОВЬ.

Ленточные глины – это толща грунтов, состоящая из близкого к горизонтальному переслаивания тонких прослоев песка, супеси, суглинка и глины.

Распространены на северо-западной европейской части России. Образовались в ледниковый период.

Естественная влажность колеблется от 0,3 до 0,8, а $w_L = 0.6/0.65$. Следовательно ленточные отложения находятся в скрытопластичном или скрытотекучем состоянии из-за соседства песчаных и глинистых прослоев.

Обладают малой прочностью и сильной деформируемостью под нагрузками.

Илы и глины характеризуются индексом чувствительности:

$$I_E = \frac{\tau_u'}{\tau_u''}$$

где τ_u' τ_u'' –дельное сопротивление сдвигу при ненарушенной и нарушенной структуре.

Образование заторфованного грунта

Состав заторфованного грунта, %

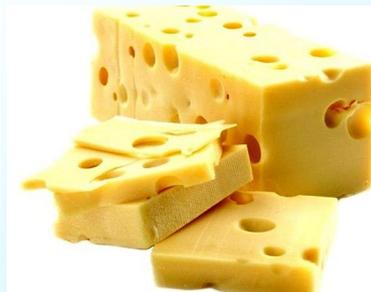


■ органические частицы

■ другие частицы
(песчаные, глинистые)

Основные свойства :

- ◆ Большая сжимаемость;
- ◆ Продолжительное время осадок;
- ◆ Высокая пористость



Свойства заторфованных грунтов зависят от :

- содержания растительных остатков;
- степени их минерализации (разложения);
 - структурной прочности;
- условий залегания (открытые или погребенные слои)

Классификация грунтов по степени заторфованности:

- Слабозаторфованные..... $0,1 < q \leq 0,25$
- Среднезаторфованные..... $0,25 < q \leq 0,4$
- Сильнозаторфованные..... $0,4 < q \leq 0,6$
- Торфы..... $q > 0,6$

*q — относительное содержание растительных остатков
(степень заторфованности)*

Условия залегания торфа

Открыты й



Погребенны й



Насыпные грунты

К насыпным грунтам относятся:

- грунты с нарушенной естественной структурой;
- отвалы отходов различных производств;

– свалки всевозможных материалов, напластования которых образовались в результате засыпки оврагов, котлованов, карьеров, местных понижений при планировке территорий грунтами, полученными при разработке котлованов, траншей, планировке территорий срезкой, вскрышных работах при открытой разработке полезных ископаемых и т. д., а также отходами различных производств.



В зависимости от способа укладки, однородности состава и сложения, вида исходного материала, степени самоуплотнения от собственного веса насыпные грунты подразделяются на отдельные группы и виды

КЛАССИФИКАЦИЯ НАСЫПНЫХ ГРУНТОВ

Подразделение насыпных грунтов	Виды насыпных грунтов и их характеристика
По способу укладки	1. Отсыпанные автомобильным или железнодорожным транспортом, скреперами, бульдозерами и т.п.
По однородности состава и сложения	1. Планово возведенные насыпи (обратные засыпки) и подсыпки (подушки), характеризующиеся практически однородным составом, сложением и равномерной сжимаемостью 2. Отвалы грунтов и отходов производств, имеющие практически однородный состав и сложение, но неравномерную плотность и сжимаемость 3. Свалки грунтов, отходов производств и бытовых отходов, характеризующиеся неоднородным составом и сложением, неравномерной плотностью и сжимаемостью, а также содержанием органических включений
По виду исходного материала, составляющего основную часть насыпи	1. Естественные грунты: крупнообломочные, песчаные, глинистые 2. Отходы производств: шлаки, золы, формовочная земля, хвосты обогатительных фабрик и т.п. 3. Бытовые отходы
По степени уплотнения от собственного веса	1. Слежавшиеся — процесс уплотнения от собственного веса закончился 2. Неслежавшиеся — процесс уплотнения от собственного веса продолжается

Основания и фундаменты зданий и сооружений на насыпных грунтах рассчитываются по деформациям исходя из того, чтобы полная осадка фундамента на насыпном грунте не превышала предельно допустимой для проектируемого здания или сооружения. При этом полная осадка s_f фундамента подсчитывается как сумма осадок, вызванных его нагрузкой и дополнительными факторами: $s_f = s + s_{f1} + s_{f2} + s_{f3} + s_{f4}$,

где s — осадка фундамента от его нагрузк; s_{f1} — дополнительная осадка основания от самоуплотнения насыпных грунтов от собственного веса; s_{f2} — то же, вследствие замачивания, снижения уровня подземных вод; s_{f3} — то же, при разложении органических включений; s_{f4} — то же, за счет уплотнения подстилающих грунтов от веса насыпи.

- ❖ Основания, сложенные насыпными грунтами, необходимо проектировать с учетом их неравномерной сжимаемости, значительной неоднородности по составу, возможности самоуплотнения, особенно при динамических воздействиях, изменения гидрогеологических условий, а также возможности разложения органических включений. Насыпные грунты из шлаков и глин следует рассчитывать с учетом возможности набухания при замачивании водой.
- ❖ Модуль деформации насыпных грунтов, как правило, необходимо определять по результатам штамповых полевых испытаний, а неравномерность сжимаемости — по результатам лабораторных и полевых испытаний.
- ❖ Помимо требований II группы предельных состояний насыпные грунты должны удовлетворять основным условиям расчета и по несущей способности (I группа предельных состояний).

При недостаточной несущей способности или расчетных деформациях оснований из насыпных грунтов, более предельных, необходимо выполнение следующих мероприятий:

1

поверхностное уплотнение оснований вибраторами, катками и тяжелыми трамбовками;

2

глубинное уплотнение грунтовыми или песчаными сваями;

3

устройство песчаных, щебеночных и гравийных подушек;

4

прорезка насыпных грунтов свайными фундаментами или использование фундаментов глубокого заложения;

5

использование конструктивных мероприятий, снижающих неблагоприятное воздействие неравномерных осадок.