

## ГЛАВА 2

### ФИЗИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ, КЛАССИФИКАЦИЯ ГРУНТОВ, СТРОЕНИЕ ОСНОВАНИЙ

#### 2.1. ОСНОВНЫЕ ФИЗИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ГРУНТОВ

С использованием **физических характеристик** грунта в инженерной практике выполняют количественное описание его различных свойств. Методы определения физических характеристик изложены в ГОСТ 5180-84. Грунты. Методы лабораторного определения физических характеристик.

Грунтовые основания характеризуются большим количеством физических характеристик. Поэтому последние сводят в особые группы, которым дают соответствующие наименования. Различают.

1. Характеристики плотности, влажности и пористости грунта.
2. Характеристики консистенции глинистых грунтов.
3. Иные характеристики грунта.

##### **1. Характеристики плотности, влажности и пористости грунта.**

Выше (раздел 1) было показано, что грунт в общем случае является трехкомпонентной системой. В этой связи любой объем грунта  $V$  и его вес  $P$  можно представить в виде:

$$\left. \begin{aligned} V &= V_m + V_w + V_g \\ u \\ P &= P_m + P_w + P_g, \end{aligned} \right\}, \quad (2.1)$$

где  $V_m$ ,  $V_w$  и  $V_g$  – соответственно объем твердой, жидкой и газообразной компонент грунта, а  $P_m$ ;  $P_w$  и  $P_g$  – соответственно вес твердой, жидкой и газообразной компонент грунта.

Далее учтем, что в порах грунта отсутствует твердое вещество, а вес поровой жидкости и твердых частиц грунта значительно больше, чем вес порового газа. В этом случае, объем пор в грунте определяется по формуле  $V_n = V_w + V_g = V - V_m$ ,

$$P = P_m + P_w + P_g \approx P_m + P_w. \quad (2.3)$$

Здесь  $V_n$  – полный объем поры в грунте, в общем случае частично заполненной водой и частично газом.

Далее введем определения основных физических характеристик грунта.

**1.1. Удельный вес грунта**– это вес единицы объема грунта. Его определяют по формуле

$$\gamma = \frac{P}{V} = \frac{P_m + P_w + P_g}{V_m + V_w + V_g} \approx \frac{P_m + P_w}{V_m + V_w + V_g}. \quad (2.4)$$

Удельный вес грунта определяют методом режущего кольца. Для

раздробленных грунтов он изменяется в диапазоне  $\gamma = 13 \dots 22 \frac{\text{кН}}{\text{м}^3}$ , а для скальных грунтов – в диапазоне  $\gamma = 18 \dots 30 \frac{\text{кН}}{\text{м}^3}$ .

Иногда вместо удельного веса грунта используют его плотность  $\rho$ , которую определяют по формуле

$$\rho = \frac{M}{V} = \frac{\gamma}{g}, \quad (2.5)$$

где  $M$  – масса рассматриваемого объема грунта, а  $g$  – ускорение свободного падения.

Под **плотностью грунта** понимают массу единицы его объема.

1.2. **Весовая влажность грунта**  $W$  – отношение веса воды в порах грунта к весу твердых частиц. Весовую влажность определяют по формуле

$$W = \frac{P_w}{P_m} = \frac{M_w}{M_m} = \frac{P - P_m}{P_m} = \frac{M - M_m}{M_m}. \quad (2.6)$$

Здесь  $M_m$ ;  $M_w$  и  $M_z$  – соответственно масса твердой, жидкой и газообразной компонент грунта. Весовую влажность грунта обычно определяют **методом высушивания до постоянной массы**.

1.3. **Удельный вес частиц грунта**  $\gamma_s$  – это вес единицы объема твердых частиц грунта. Его определяют по формуле

$$\gamma_s = \frac{P_m}{V_m} \approx \frac{M_m}{V_m}. \quad (2.7)$$

Для раздробленных грунтов он изменяется в диапазоне:

$$\text{– для песков – } \gamma_s = 26,8 \dots 27,2 \frac{\text{кН}}{\text{м}^3};$$

$$\text{– для суглинков – } \gamma_s = 26,9 \dots 27,3 \frac{\text{кН}}{\text{м}^3};$$

$$\text{– для глин – } \gamma_s = 27,0 \dots 27,5 \frac{\text{кН}}{\text{м}^3}.$$

Иногда вместо удельного веса частиц грунта используют плотность частиц грунта  $\rho_s$ , которую определяют по формуле

$$\rho_s = \frac{M_m}{V_m} = \frac{\gamma_s}{g}. \quad (2.8)$$

Под **плотностью частиц грунта** понимают массу единицы объема его твердой фазы.

Удельный вес грунта, его весовую влажность и удельный вес частиц грунта **всегда определяют экспериментально**. Поэтому их иногда называют **экспериментальными**.

Ниже представлены **расчетные характеристики грунта**

1.4. Под **удельным весом сухого грунта**  $\gamma_d$  понимают вес единицы объема сухого грунта. Его определяют по формуле

$$\gamma_d = \frac{P_m + P_z}{V} \approx \frac{P_m}{V} = \frac{\gamma}{1+W}. \quad (2.9)$$

Иногда вместо удельного веса грунта используют его плотность  $\rho$ , которую определяют по формуле

$$\rho_d = \frac{M}{V} = \frac{\gamma_d}{g}. \quad (2.10)$$

Под **плотностью сухого грунта** понимают массу единицы его объема.

1.5. **Пористость грунта**  $n$  – это отношение объема пор ко всему объему грунта, что соответствует объему пор в единице объема грунта

$$n = \frac{V_n}{V} = \frac{V_w + V_z}{V} = \frac{V - V_m}{V} = 1 - \frac{\gamma_d}{\gamma_s} = 1 - \frac{\rho_d}{\rho_s}. \quad (2.11)$$

1.6. Под **относительным содержанием твердых частиц в единице объема грунта**  $m$  понимают отношение объема твердых частиц к общему объему грунта

$$m = \frac{V_m}{V} = \frac{V - V_w - V_z}{V} = \frac{\gamma_d}{\gamma_s} = \frac{\rho_d}{\rho_s}. \quad (2.12)$$

Из (2.11) и (2.12) вытекает, что всегда справедливо равенство:

$$n + m = 1. \quad (2.13)$$

1.7. Под **коэффициентом пористости грунта**  $e$  понимают отношение объема пор грунта к объему его твердых частиц. Его определяют по формулам

$$e = \frac{n}{m} = \frac{\gamma_s - \gamma_d}{\gamma_d} = \frac{\rho_s - \rho_d}{\rho_d} = \frac{\gamma_s \cdot (1+W)}{\gamma} - 1 = \frac{\rho_s \cdot (1+W)}{\rho} - 1. \quad (2.14)$$

Коэффициент пористости грунта является одной из важнейших характеристик и непосредственно используется в расчетах. В частности, с его использованием определяют плотность сложения песчаного грунта (табл. 3.1).

Таблица 2.1. Характеристика вида песчаных грунтов

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	$e < 0,6$	$0,6 \leq e \leq 0,8$	$e > 0,8$

Свойства грунтовых оснований существенно зависят от того, какая часть объема пор заполнена водой.

1.8. Под **влажностью, соответствующей полному водонасыщению**

$W_{sat}$ , понимают такую влажность, при которой поры грунта полностью заполнены водой. Ее рассчитывают по формулам:

$$W_{sat} = \frac{e \cdot \gamma_w}{\gamma_s} = \frac{e \cdot \rho_w}{\rho_s},$$

где  $\gamma_w$  и  $\rho_w$  – соответственно удельный вес воды и ее масса.

1.9. Под **степенью влажности** (иногда ее называют **степенью водонасыщения**)  $S_r$  понимают отношение объема воды в порах грунта к полному объему пор. Она численно равна отношению влажности грунта  $W$  к его влажности при полном водонасыщении грунта. Ее определяют по формулам:

$$S_r = \frac{W}{W_{sat}} = \frac{w \cdot \gamma_s}{e \cdot \gamma_w} = \frac{w \cdot \rho_s}{e \cdot \rho_w}. \quad (2.15)$$

Степень влажности изменяется от нуля (этот случай соответствует полному отсутствию в основании влаги) до единицы (этот случай соответствует полному заполнению пор грунта водой).

В зависимости от степени влажности различают следующие **разновидности грунтов**:

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

**2. Характеристики консистенции** (их определяют только для глинистых грунтов). Свойства глинистых грунтов в зависимости от их влажности могут изменяться от твердого до текучего состояния. В настоящее время различают три основных состояния грунта: твердое, пластичное и текучее

Границам между этими состояниями соответствуют некоторые характерные значения влажности.

2.1. Под **влажностью на границе раскатывания**  $W_p$  понимают влажность на границе между твердым и пластичным состоянием глинистого грунта.

2.2. Под **влажностью на границе текучести**  $W_L$  понимают влажность на границе между пластичным и текучим состоянием глинистого грунта.

Влажности на границе раскатывания и границе текучести измеряются либо в процентах, либо в долях единицы. Их определяют экспериментальным путем.

Чем больше разность влажностей на границе раскатывания и текучести, тем больше в грунте мелких глинистых частиц. Этот факт используют для определения вида глинистого грунта. Для этой цели служит число пластичности грунта  $I_p$ .

2.3. Под **числом пластичности**  $I_p$  понимают разность между влажностями на границе текучести и раскатывания. Обычно эта

характеристика имеет размерность долей единицы (реже процентов). Ее определяют по формуле

$$I_p = W_L - W_p \quad (2.16)$$

В зависимости от числа пластичности различают такие виды глинистого грунта:

- супеси** ( $0,01 \leq I_p \leq 0,07$ );
- суглинки** ( $0,07 < I_p \leq 0,17$ );
- глины** ( $I_p > 0,17$ ).

Для определения состояния глинистого грунта следует сравнить естественную влажность с влажностями на границах текучести и раскатывания. Для этой цели используют показатель текучести  $I_L$ .

2.4. Под **показателем текучести**  $I_L$  понимают отношение разности между влажностью грунта и влажностью на границе раскатывания (числитель) и числом пластичности (знаменатель). Обычно эта характеристика имеет размерность долей единицы (реже процентов). Ее определяют по формуле

$$I_L = \frac{W - W_p}{I_p} = \frac{W - W_p}{W_L - W_p}. \quad (2.17)$$

С использованием показателя текучести определяют **состояние** глинистого грунта (табл. 2.2).

Таблица 2.2. Разновидности глинистого грунта.

Наименование глинистого грунта			
Супеси		суглинки и глины	
Твердые	$I_L < 0,0$	Твердые	$I_L < 0,0$
Пластичные	$0,0 \leq I_L \leq 1,0$	Полутвердые	$0,0 \leq I_L \leq 0,25$
Текучие	$I_L > 1,0$	Тугопластичные	$0,25 < I_L \leq 0,5$
-	-	Мягкопластичные	$0,5 < I_L \leq 0,75$
-	-	Текучепластичные	$0,75 < I_L \leq 1,0$
-	-	Текучие	$I_L > 1,0$

**3. Другие характеристики грунта.** Для более детального учета строительных свойств грунта кроме рассмотренных выше используются и другие характеристики состава и состояния грунтов. Они выражают **засоленность, набухаемость, льдистость, содержание органического вещества** и т.д. Эти характеристики по мере надобности будут рассмотрены в разделе “особые виды грунтов”.

**Понятие о нормативных и расчетных значениях физических характеристик грунта.** Грунтовая толща обычно неоднородна и состоит из инженерно-геологических элементов. При этом даже в пределах каждого инженерно-геологического элемента свойства грунта могут иметь существенный разброс. Для осреднения свойств грунта в пределах каждого из инженерно- геологических элементов используют методы

математической статистики (см. раздел 4.6).

## 2.2. КЛАССИФИКАЦИЯ ГРУНТОВ

Ввиду большого разнообразия грунтов разработана специальная система их классификации. Это позволяет при выдаче инженерных прогнозов значительно сократить время принятия решений.

Классификация грунтов осуществляется таким образом.

1. Все грунты по общему характеру структурных связей разбиты на классы. Различают **скальные** и **нескальные** грунты.

2. В пределах каждого **класса** грунты разбивают на **группы**. При этом учитывают **происхождение** грунта, **характер его структурных связей** и **прочностные свойства**. Различают такие основные группы грунтов:

- скальные магматические;
- скальные метаморфические;
- скальные осадочные сцементированные;
- скальные искусственные;
- нескальные осадочные несцементированные;
- нескальные искусственные.

3. Каждая **группа** грунтов по происхождению и условиям образования подразделяется на **подгруппы**. Различают такие основные подгруппы грунтов:

- магматические глубинные;
- магматические излившиеся;
- осадочные обломочные;
- осадочные биохимические;
- осадочные химические;
- несцементированные крупнообломочные;
- несцементированные песчаные;
- несцементированные пылеватые;
- несцементированные глинистые;
- несцементированные биогенные;
- несцементированные почвы;
- и так далее.

4. Каждая **подгруппа** грунта по вещественному составу подразделяется на **типы**. Различают такие основные типы грунтов:

- песок гравелистый;
- песок крупный;
- глина;
- супесь;
- суглинок;
- и так далее.

5. В пределах каждого из **типов** грунтов по структуре, текстуре и примесям различают их **виды**. Например:

- песок средней крупности плотный;
- песок мелкий рыхлый;
- супесь щебенистая;
- глина дресвяная с примесями органики;
- и так далее.

6. Каждый из видов грунта в зависимости от его **физических, физико-механических и химических свойств** включает в себя его **разновидности**. Например:

- песок крупный насыщенный водой;
- песок средней крупности влажный;
- песок мелкий засоленный;
- суглинок тугопластичный;
- и так далее.

**Классификация крупнообломочных грунтов.** Наименование типа грунта устанавливается в соответствии с таблицей 1.2. При этом их также классифицируют по **степени влажности  $S_r$**  и **содержанию заполнителя (или примесей)**.

**Классификация песчаных грунтов.** Наименование типа грунта устанавливается по таблице 1.2. При этом пески также классифицируют по **степени влажности  $S_r$**  и **содержанию заполнителя (или примесей)**. При этом вид песчаного грунта устанавливается по плотности сложения (таблица 2.1).

**Классификация пылевато-глинистых грунтов.** По числу пластичности  $I_p$  (формула (2.16)) определяют тип глинистого грунта. При этом если в нем содержатся **примеси**, то к основному наименованию грунта прибавляется наименование содержащихся в нем **частиц другого грунта** (например, суглинок со щебнем, супесь с гравием). Необходимо также отметить, что название грунта также зависит от **процентного содержания** (по массе) в нем **частиц другого грунта**.

**Разновидность глинистого грунта** определяют по показателю текучести  $I_L$  (табл. 2.2).

Иногда к характеристике глинистого грунта добавляется и значение коэффициента пористости  $e$  (формула (2.14)).

**Классификация скальных грунтов** Типы скальных грунтов выделяются по **петрографическому составу** слагающих их пород, вид – по структурно-текстурным особенностям данной породы. В отличие от нескальных грунтов в качестве основной характеристики разновидности скальных грунтов ГОСТ принимает **предел прочности на одноосное сжатие образцов в водонасыщенном состоянии  $R_c$** , который измеряют в МПа. Основные **разновидности** скальных грунтов представлены в таблице 2.3.

Скальные грунты при  $5 \text{ МПа} < R_c$  [МПа] обычно называют **полускальными**.

Таблица 2.3. Разновидности скального грунта

Наименование скального грунта	Предел прочности на одноосное сжатие образцов в водонасыщенном состоянии $R_c$ , МПа
Очень прочные	$R_c > 120$
Прочные	$120 \geq R_c > 50$
Средней прочности	$50 \geq R_c > 15$
Малопрочные	$15 \geq R_c \geq 15$
Пониженной прочности	$5 > R_c \geq 3$
Низкой прочности	$3 > R_c \geq 1$
Весьма низкой прочности	$R_c < 1$

Кроме того, для классификации скальных грунтов также используют так называемые **обобщенные характеристики трещиноватости скальных пород**, к которым относят.

1. **Коэффициент трещинной пустотности КТП.**

2. Модуль трещиноватости  $M_{Тр}$ .

Под **коэффициентом трещинной пустотности (КТП)** понимают отношение объема трещин к объему скальных блоков. Для скальных грунтов КТП обычно составляет сотые и даже тысячные доли единицы.

**Модуль трещиноватости ( $M_{Тр}$ )**– это количество трещин на один метр длины обнажения скального грунта. Максимальные значения этого показателя приближаются к 100, а минимальные составляют доли единицы.

В заключение отметим, что знание классификационных показателей грунта позволяет установить **ориентировочные значения его прочностных и деформационных характеристик**. Эта взаимосвязь представлена, например, в таблицах приложения “В” ДБН В.2.1-10-2009.

**Значение данных о геологическом строении основания для строительства.** Геологический разрез является основой для построения расчетной схемы взаимодействия сооружения и основания. Поэтому необходимо очень точно определять **физические и физико-механические свойства грунта**, а также расположение в пространстве **инженерно-геологических элементов (ИГЭ)** основания.

В этой связи проведение инженерных изысканий регламентируется соответствующими нормативными документами и действующими инструкциями. В заключение отметим, что опыт ряда проектных институтов свидетельствует о том, что увеличение затрат на изыскания на 5. ..10% дает возможность снизить стоимость фундаментов на 20...30%.

### 2.3. ОСОБЫЕ ВИДЫ ГРУНТОВ С НЕУСТОЙЧИВЫМИ СТРУКТУРНЫМИ СВЯЗЯМИ

Структурные связи некоторых грунтов при определенных воздействиях легко поддаются разрушению. Поэтому эти грунты часто называют **структурно-неустойчивыми**. К ним относят **мерзлые, вечномерзлые, лёссовые, набухающие, слабые водонасыщенные глинистые, засоленные, насыпные грунты, торфы и заторфованные грунты**.

Всем перечисленным грунтам свойственна общая особенность - резкое снижение прочности структурных связей между частицами при:

- нагревании мерзлых и вечномерзлых грунтов;
- увлажнении лёссовых;
- вибрационном воздействии на плывуны;
- и т.д.

Это, в свою очередь, приводит также к резкому уменьшению прочности и несущей способности оснований, развитию недопустимых для сооружения деформаций.

Далее рассмотрим перечисленные грунты подробнее.

**Мерзлые и вечномерзлые грунты.** На всей территории Украины температура воздуха зимой принимает отрицательные значения. В этой связи происходит **промерзание грунта** с поверхности на некоторую глубину. В весенне-летне-осеннее время, с установлением положительной температуры воздуха, промерзший слой грунта оттаивает.

**Мерзлыми** называют грунты всех видов в том случае, если они имеют отрицательную температуру и содержат в своем составе лед.

Если в условиях природного залегания грунт находится в мерзлом состоянии без оттаивания в течение трех и более лет, его называют **вечномерзлым**.

Попеременно замерзающий и оттаивающий слой грунта называют **деятельным слоем**.

Частицы в мерзлых и вечномерзлых грунтах обычно соединены друг с другом **льдоцементными связями**. При отрицательной температуре эти связи являются очень прочными и малодеформируемыми. При оттаивании льдоцементные связи разрушаются, в силу чего возникают значительные деформации. Поэтому пылевато-глинистые грунты при оттаивании могут переходить в **разжиженное** состояние.

При замерзании вода в порах грунта увеличивается в объеме, в силу чего также возрастает объем грунта. Это явление называют **морозным пучением**.

Поэтому глубину заложения подошвы фундаментов назначают таким образом, чтобы влияние на них морозного пучения и оттаивания было полностью исключено.

Кроме того, для расчетов промерзания– оттаивания грунтов используются теплофизические характеристики: теплопроводность, объемная теплоемкость,

различающиеся для талого и мерзлого грунта, и теплота таяния (замерзания) грунтов.

**Лёссовые грунты (лёссы).** Этот вид грунта распространен на значительной части Украины и Крыма.

Лёссовые грунты по составу, структурно-текстурным признакам и механическим свойствам существенно отличаются от всех других горных пород.

Твердые частицы лёссовых грунтов на 80...90% состоят из кварца, полевого шпата и растворимых минералов. До 60% твердых частиц лёссового грунта (иногда даже до 90%) относится к пылеватым, остальные – к глинистым фракциям и лишь малая часть – к песчаным фракциям. По числу пластичности лёссовые грунты относятся к пылеватым супесям и суглинкам. В естественном состоянии влажность лёссового грунта обычно не превышает 0,08...0,16, а степень влажности  $S_r < 0,5$ .

Внешне лёсс представляет собой горную породу палевого цвета. Для него характерно наличие крупных, различимых невооруженным глазом пор. Размер пор значительно превышает размер частиц грунта. Поэтому лёссовые грунты называют макропористыми.

Очень важным является тот факт, что частицы лёссового грунта цементированы растворимыми в воде минералами ( $\text{CaSO}_3$ ;  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ;  $\text{NaCl}$  и др.).

При природной влажности лёссовые грунты за счет цементационных связей обладают значительной прочностью. При этом увлажнение лёссов приводит к растворению цементационных связей и разрушению его макропористой текстуры. Это сопровождается резкой потерей прочности грунта, значительными и быстро развивающимися деформациями уплотнения – просадками. Поэтому лёссовые грунты называют **просадочными**.

Под **просадкой** понимают уплотнение грунта под воздействием увлажнения и нагрузки.

Свойства просадочных грунтов характеризуются такими параметрами:

- относительной просадочностью  $\varepsilon_{sL}$ ;
- абсолютной просадкой  $S_{sL}$ ;
- начальным просадочным давлением  $P_{sL}$ ;
- начальной просадочной влажностью  $W_{sL}$ .

Под **относительной просадочностью**  $\varepsilon_{sL}$  понимают отношение разности высот грунтовых образцов в естественном состоянии и при их полном водонасыщении к высоте грунтового образца в естественном состоянии. Ее определяют по формуле

$$\varepsilon_{sL} = \frac{h_{n,p} - h_{sat,p}}{h_{n,p}}, \quad (2.18)$$

где  $h_{sat,p}$  и  $h_{n,p}$  – высоты грунтовых образцов при их полном

водонасыщении (т.е. при  $W = W_{sat}$ ) и в естественном состоянии, находящихся под воздействием суммарной нагрузки от собственного веса грунта  $\sigma_{zq}$  и дополнительного давления  $\sigma_{zp}$  (т.е.  $p = \sigma_{zq} + \sigma_{zp}$ ). Относительную просадочность определяют в компрессионном приборе в соответствии с ГОСТ 23161. Грунт считают просадочным, если выполняется условие

$$\varepsilon_{sL} \geq 0,01. \quad (2.19)$$

Под **абсолютной просадкой**  $S_{sL}$  понимают деформацию основания, обусловленную его увлажнением и действующими в основании напряжениями. Различают:

- абсолютную просадку от собственного веса грунта  $S_{sL,q}$ ;
- абсолютную просадку от внешней нагрузки  $S_{sL,p}$ ;
- абсолютную суммарную просадку  $S_{sL}$ .

Под **начальным просадочным давлением**  $P_{sL}$  понимают такое минимальное давление, при котором развиваются просадочные деформации.

Под **начальной просадочной влажностью**  $W_{sL}$  понимают такую минимальную влажность, при которой развиваются просадочные деформации.

Начальную просадочную влажность и начальное просадочное давление определяют в лабораторных условиях по ГОСТ 23161.

Просадочные деформации грунтовых оснований могут достигать десятков и сотен сантиметров. Их следствием являются повреждения несущих конструкций зданий, сооружений и инженерных коммуникаций (особенно опасны неравномерные осадки). Кроме того, сложенные лёссовым грунтом откосы и склоны при их увлажнении представляют повышенную оползневую опасность.

**Набухающие грунты.** К ним относят глинистые грунты с большим содержанием **гидрофильных** минералов (монтмориллонит, каолинит, гидрослюда) и малой влажностью в природном состоянии ( $W < W_p$ ).

Значения влажности на пределе текучести и числа пластичности у этих грунтов весьма велики.

**Набухающим грунтам** присущи свойства **набухания** и **усадки**.

Под **набуханием** понимают увеличение объема грунта при его увлажнении.

Под **усадкой** понимают уменьшение объема грунта при его высыхании.

Увлажнение и высыхание грунта обычно связано с технологическими или климатическими факторами.

Некоторые грунты приобретают свойство набухать при увлажнении их растворами солей, кислот и т.д. Это явление иногда называют **“химическим набуханием”**.

Явления набухания и усадки имеют такую физическую природу. Поступающая в набухающие грунты влага адсорбируется поверхностью глинистых частиц и образует на ней пленку (т.н. гидратную оболочку). При этом частицы раздвигаются. Следствием этого является увеличение объема грунта. При уменьшении влажности набухающих грунтов имеет место обратная картина – толщина гидратных оболочек уменьшается, в силу чего уменьшается объем грунта и возникает его усадка.

Свойства набухающих грунтов характеризуются такими параметрами:

- относительным набуханием грунта**  $\varepsilon_{sw}$ ;
- абсолютным подъемом основания при набухании**  $h_{sw}$ ;
- относительной линейной усадкой грунта**  $\varepsilon_{sh}$ ;
- абсолютной осадкой вследствие высыхания основания**  $S_{sh}$ .

**Относительное набухание грунта** определяют по формуле

$$\varepsilon_{sw} = \frac{h_{sat} - h_n}{h_n}, \quad (2.20)$$

где  $h_n$  – высота образца природной влажности, находящегося под воздействием давления от собственного веса грунта  $\sigma_{zq}$  и дополнительного давления  $\sigma_{zp}$  (т.е.  $p = \sigma_{zq} + \sigma_{zp}$ );  $h_{sat}$  – то же, при полном водонасыщении образца. Высоты образцов  $h_n$  и  $h_{sat}$  определяют в ходе компрессионных испытаний грунта.

Под **абсолютным подъемом основания при набухании**  $h_{sw}$  понимают вертикальное перемещение грунтовой толщи при ее увлажнении.

**Относительную линейную усадку грунта** определяют по формуле

$$\varepsilon_{sh} = \frac{h_n - h_d}{h_n}, \quad (2.29)$$

где  $h_n$  – высота образца природной влажности, находящегося под воздействием давления от собственного веса грунта  $\sigma_{zq}$  и дополнительного давления  $\sigma_{zp}$  (т.е.  $p = \sigma_{zq} + \sigma_{zp}$ );  $h_d$  – то же, при уменьшении влажности образца при его высыхании. Высоты образцов  $h_n$  и  $h_d$  определяют в ходе компрессионных испытаний грунта.

Под **абсолютной осадкой основания при его высыхании**  $S_{sh}$  понимают вертикальное перемещение грунтовой толщи при ее высыхании.

При строительстве на набухающих грунтах основной проблемой являются неравномерные абсолютные деформации набухания и усадки, в результате которых в несущих конструкциях зданий и сооружений возникают дополнительные усилия.

**Слабые водонасыщенные грунты.** К ним относят:

- илы;
- ленточные глины;
- водонасыщенные лёссовые грунты (иногда их называют–деградировавшими);
- и некоторые иные виды глинистых грунтов.

Характерными особенностями таких грунтов являются:

- высокая пористость в природном состоянии;
- насыщенность водой;
- малая прочность;
- высокая деформативность.

Далее остановимся на свойствах перечисленных грунтов подробнее.

**Илами** называют водонасыщенные современные осадки водоемов, образовавшиеся при наличии микробиологических процессов.

Различают морские, лагунные, озерные, речные, болотные илы.

Влажность илов обычно выше влажности на границе текучести (т.е.  $W > W_L$ ), а коэффициент пористости  $e \geq 0,9$ .

Илы отличаются от других глинистых грунтов повышенным содержанием органических остатков, которые вместе со связанными с ними в единую экосистему микроорганизмами и водой придают илам специфические свойства. Органические образования в илах составляют от 2 до 12% их массы. Мощность ила может достигать несколько десятков метров.

Передача на илы давлений меньших их структурной прочности вызывает лишь упругие деформации скелета грунта. При этом илы легко разрушаются при статических нагрузках, превышающих структурную прочность, а также при динамических нагрузках.

Однако со временем водно-коллоидные связи в илах восстанавливаются и уплотненный илистый грунт упрочняется.

Илы - очень плохие основания. Поэтому при строительстве их стараются либо удалить, либо пройти сваями.

**Ленточными глинами** называют грунтовые толщи со слоистой текстурой, состоящие из чередующихся друг с другом прослоек песка, супеси, суглинка и глины. При этом толщины прослоек колеблются от нескольких миллиметров до нескольких сантиметров. Ленточные глины имеют ледниковое происхождение. Суммарная мощность их отложений может превышать 10 м.

Коэффициент пористости ленточных глин обычно составляет  $e = 0,7...0,8$ . Их естественная влажность обычно равна  $W = 0,3...0,5$ . При этом влажность на пределе текучести ленточных глин не превышает  $0,6...0,65$ .

Высокие значения пористости и влажности ленточных глин являются причиной их малой прочности и большой деформативности.

Отличительная особенность ленточных глин– их высокая **анизотропия**. Например, коэффициенты фильтрации ленточных глин в горизонтальном и вертикальном направлениях могут отличаться в 100...1000

раз.

**Торф и заторфованные грунты.** Торфы широко распространены в болотно-лесных, тундровых, таежных районах (запад и север Украины, Беларусь, Прибалтика, Западная Сибирь России).

**Торф**—это органоминеральные отложения, не менее чем на 50% состоящие из остатков болотной растительности.

Песчаные, пылеватые и глинистые грунты, содержащие в своем составе от 10 до 50% по массе органических веществ, называют **заторфованными**.

Состояние и свойства **торфа и заторфованных** грунтов зависят от:

- процентного содержания в них растительных остатков;
- степени разложения органических остатков;
- относительного содержания в грунте неорганических минералов.

Удельный вес торфа обычно равен  $\gamma = 10..12 \frac{\kappa H}{\text{м}^3}$ . При этом его

весовая влажность  $W$  может достигать нескольких единиц.

Торфы относятся к наиболее сжимаемым грунтам. Сложенные торфами грунтовые тощи являются наихудшим типом оснований сооружений.

**Засоленные грунты.** Засоленные грунты широко распространены на юге Украины. Основной их особенностью является повышенное содержание легко- и среднерастворимых солей.

К легкорастворимым солям относят соли натрия, калия и магния (например, галит  $\text{NaCl}$ , сода  $\text{NaCO}_3$ , мирабилит  $\text{NaSO}_4 \times 10\text{H}_2\text{O}$  и др.).

К среднерастворимым солям относят сульфат кальция (гипс)  $\text{CaSO}_4 \times 2\text{H}_2\text{O}$ , ангидрит  $\text{CaSO}_4$ , кальцит  $\text{CaCO}_3$  и др.

При увлажнении засоленных грунтов происходит растворение состоящих из солей межчастичных связей и вынос полученных таким образом растворов грунтовыми водами. Это явление называют **химической суффозией**.

Основными проблемами, возникающими при строительстве на засоленных грунтах, являются:

- обусловленные химической суффозией неравномерные просадки основания;
- агрессивность по отношению к металлу и бетону растворов солей.

**Насыпные грунты.** К **насыпным** относят грунты природного происхождения с нарушенной естественной структурой, минеральные отходы промышленного производства и твердые бытовые отходы, образовавшиеся либо отсыпкой, либо гидронамывом.

Толщи из насыпных грунтов формируются в результате горнотехнической, инженерно-строительной и хозяйственной деятельности человека. Как правило, мощность насыпных грунтов часто бывает весьма неравномерна. В них постепенно происходят различные физические, физико-химические, биологические и другие процессы, приводящие, с одной

стороны, к их упрочнению, а с другой – к разупрочнению. При этом деформативность насыпных грунтов с течением времени может как уменьшаться, так и возрастать.

Основными проблемами при строительстве на насыпных грунтах являются:

–неоднородность их строительных свойств в плане и по глубине основания;

–изменчивость (не обязательно в сторону улучшения) их строительных свойств;

–загрязнение продуктами распада погребенных в основании органических остатков окружающей среды.

В заключение отметим, что наихудшими основаниями из насыпных грунтов являются свалки химических, бытовых и радиоактивных отходов.