

Федеральное агентство по образованию

Томский государственный  
архитектурно-строительный университет

Институт заочного и дистанционного обучения

## **ОЦЕНКА ГРУНТОВЫХ УСЛОВИЙ ПЛОЩАДКИ СТРОИТЕЛЬСТВА**

Методические указания

Составители А.И.Полищук  
А.В.Нерттик

Томск – 2007

Оценка грунтовых условий площадки строительства: методические указания./ Сост. А.И. Полищук, А.В. Нерттик. – Томск: Изд-во Томского государственного архитектурно-строительного университета, 2004. – 35 с.

Рецензент к.т.н., доцент С.В. Ющубе

Редактор Т.С. Володина

Методические указания предназначены для студентов строительного, инженерно-экологического, дорожно-строительного, заочного факультетов и рекомендованы к использованию при выполнении контрольных работ, курсовых и дипломных проектов по дисциплине «Механика грунтов, основания и фундаменты» специальностей ПГС, ТГСВ, ВиВ.

Печатаются по решению методического семинара кафедры «Основания, фундаменты и испытания сооружений».

Протокол № от 10.11.2006 г.

Утверждены и введены в действие проректором по учебной работе В.С.Плевковым

с 01.12.06 г.  
до 01.12.11 г.

Изд. лиц. № 021253 от 31.10.97. Подписано в печать 01.01.06 г.  
Формат 60x90/16. Бумага офсет. Гарнитура Таймс, печать офсет.  
Уч.-изд.л. 1,84. Тираж 200 экз. Заказ № \_\_\_\_\_

Изд-во ТГАСУ, 634003, г. Томск, пл. Соляная, 2.  
Отпечатано с оригинал-макета в ООП ТГАСУ.  
634003, г. Томск, ул. Партизанская, 15.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение .....	4
1. Основные понятия и определения .....	5
2. Строительная классификация грунтов .....	6
2.1. Классификация песчаных и глинистых грунтов .....	6
2.2. Особые виды и классификация строительно-неустойчивых грунтов (грунтов с неустойчивыми структурными связями) .....	13
3. Связь физических и механических характеристик грунтов .....	17
4. Оценка грунтовых условий площадки строительства .....	21
5. Пример оценки грунтовых условий площадки строительства .....	22
Список рекомендованной литературы .....	35

## ВВЕДЕНИЕ

Всякое сооружение покоится на грунтовом основании. Сооружение и основание составляют единую систему. Свойства грунтов основания, их поведение под нагрузкой во многом определяют эксплуатационную пригодность сооружения. Поэтому инженер-строитель должен хорошо понимать, что представляют собой грунты, каковы их особенности по сравнению с другими конструктивными материалами (бетон, железобетон, металл, кирпич и др.) и как определяются свойства грунтовых оснований. С этой целью производится оценка грунтовых условий площадки строительства.

Под оценкой грунтовых условий площадки строительства понимается изучение свойств грунтов и выявление возможности их использования в качестве основания фундаментов проектируемого здания или сооружения.

В настоящих методических указаниях рассматриваются вопросы оценки грунтовых условий для нового строительства зданий и сооружений. Вопросы оценки грунтовых условий для реконструируемых зданий (сооружений) в настоящих методических указаниях не рассматриваются.

В методических указаниях кратко изложены справочные данные, которые необходимы для оценки грунтовых условий площадки строительства, а также указаны источники, где можно более подробно с ними ознакомиться. Рассмотрен пример оценки грунтовых условий площадки строительства. Все значения характеристик грунтов даны как в международной системе единиц (СИ), так и в единицах технической системы (СГС), обозначения и терминология – в соответствии с действующими стандартами [1, 2, 3] и нормативными документами [4, 5].

## 1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Оценка грунтовых условий в методических указаниях производится для площадок строительства, сложенных природными дисперсными грунтами: песчаными, глинистыми и структурно-неустойчивыми (грунтами с неустойчивыми структурными связями) [1, 6].

**Грунты** – горные породы, почвы, техногенные образования, представляющие собой многокомпонентную и многообразную геологическую систему и являющиеся объектом инженерно-хозяйственной деятельности человека [1].

**Глинистыми** называются связные минеральные грунты, для которых число пластичности  $I_p \geq 1$  [1].

**Песчаными** называются несвязанные минеральные грунты, в которых масса частиц размером меньше 2 мм составляет более 50 % ( $I_p = 0$ ) [1].

**Структурно-неустойчивыми** называют грунты, обладающие способностью к резкому снижению прочности структурных связей между частицами при некоторых воздействиях (при нагревании, при увлажнении, при оттаивании, при быстром нагружении или вибрационном воздействии) [6, 10].

Для оценки грунтовых условий необходимо иметь инженерно-геологические изыскания (отчеты, заключения), в которых приводятся формы рельефа площадки, особенности напластования грунтов, толщина отдельных пластов (слоёв), положения уровня подземных вод и прогноз о его изменении. В отчете или заключении приводятся также данные о сезонном промерзании грунтов, литологические колонки, нормативные и расчетные значения физико-механических характеристик грунтов, инженерно-геологические разрезы.

## 2. СТРОИТЕЛЬНАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ ГРУНТОВ

### 2.1. Классификация песчаных и глинистых грунтов

Грунты состоят из трех компонентов: твердых частиц (твердых тел), воды (жидкого тела) и воздуха или газа (газообразного тела).

Оценка каждой конкретной разновидности грунта как физического тела производится с помощью физических характеристик. Разнообразие состава, строения и состояния грунтов делает неизбежным введение значительного числа таких характеристик. Некоторые из них непосредственно применяются в расчетах оснований и грунтовых сооружений. Совокупность ряда характеристик используется для классификации грунтов.

Из характеристик физического состояния грунта (физические характеристики) выделяют основные:

**Плотность грунта  $\rho$**  – отношение массы грунта (включая массу воды в порах) к занимаемому этим грунтом объему ( $\text{г/см}^3$ ,  $\text{т/м}^3$ ) [7].

**Плотность твердых частиц грунта  $\rho_s$**  – отношение массы твердых частиц грунта к их объему ( $\text{г/см}^3$ ,  $\text{т/м}^3$ ). Эта характеристика не зависит от плотности и влажности грунта, а зависит от минералогического состава. Для одного и того же грунта эта характеристика – практически постоянная величина [7].

**Естественная влажность грунта  $W$**  – определяется высушиванием пробы грунта при температуре  $105^\circ\text{C}$  до постоянной массы. Отношение разности масс пробы до и после высушивания к массе абсолютно сухого грунта дает значение влажности [2].

Эти физические характеристики устанавливаются опытным путем [2]. Наиболее вероятные пределы измерения указанных характеристик составляют:

$$\rho = 1,65 \dots 2,1 \text{ г/см}^3 \text{ (т/м}^3\text{)}, \rho_s = 2,65 \dots 2,75 \text{ г/см}^3 \text{ (т/м}^3\text{)},$$

$$W = 5 \dots 50 \% \text{ (} 0,05 \dots 0,5 \text{ д.е.)}.$$

Таблица 2.1

**Разновидности крупнообломочных и песчаных грунтов**

Наряду с характеристиками  $\rho_s$ ,  $\rho$ ,  $W$  в соответствии с действующей строительной классификацией экспериментально устанавливается гранулометрический (зерновой) состав грунта, который используется для выделения разновидностей грунта. Классификация по гранулометрическому составу крупнообломочного или песчаного грунта произведена в табл. 2.1 [4,5].

Для глинистых грунтов опытным путем устанавливаются также **влажность на границе текучести  $W_l$**  и **влажность на границе раскатывания  $W_p$** . Влажность на границе текучести  $W_l$  – это влажность, при увеличении которой глинистый грунт переходит из пластического состояния в текучее. Влажность на границе раскатывания  $W_p$  – это влажность, при уменьшении которой грунт из пластического состояния переходит в твердое.

Названные выше основные характеристики физического состояния ( $\rho_s$ ,  $\rho$ ,  $W$ ,  $W_l$ ,  $W_p$ , грансостав) обычно задаются в задании на выполнение курсового проекта или в задании на проектирование. Остальные характеристики физического состояния грунтов, необходимые для оценки грунтовых условий площадки строительства, устанавливаются расчетом. Это следующие характеристики:

**1. Число пластичности глинистого грунта  $I_p$**  (% , д.е.) – разность влажностей, соответствующая двум состояниям грунта на границе текучести  $W_l$  и на границе раскатывания  $W_p$ :

$$I_p = W_l - W_p, \quad (2.1)$$

где  $W_l$ ,  $W_p$  – влажность на границе текучести и раскатывания соответственно, %, д.е., определяется по ГОСТ 5180-84 [2].

Разновидность грунтов	Размер частиц $d$ , мм	% массы воздушного сухого грунта
<b>Крупнообломочные:</b>		
валунный грунт (при преобладании неокатанных частиц – глыбовый)	$d > 200$	$> 50$
галечниковый грунт (при неокатанных гранях – щебенистый)	$d > 10$	$> 50$
гравийный грунт (при неокатанных гранях – дресвяный)	$d > 2$	$> 50$
<b>Песчаные:</b>		
гравелистый	$d > 2$	$> 25$
крупный	$d > 0,50$	$> 50$
средней крупности	$d > 0,25$	$> 50$
мелкий	$d > 0,10$	$\geq 75$
пылеватый	$d > 0,10$	$< 75$
ПРИМЕЧАНИЕ. Для установления наименования грунта последовательно суммируются проценты частиц исследуемого грунта: сначала крупнее 200 мм, затем крупнее 10 мм, далее крупнее 2 мм и т.д. Наименования грунта принимаются по первому удовлетворяющему показателю в порядке расположения наименований в таблице.		

В зависимости от числа пластичности  $I_p$  различают следующие разновидности глинистых грунтов: супеси, суглинки, глины (табл. 2.2) [1, 3]. Для песчаных грунтов этот показатель не определяется, так как они являются сыпучими и не обладают пластичностью ( $I_p = 0$ ).

Таблица 2.2

## Разновидности глинистых грунтов

Разновидность глинистых грунтов	Число пластичности $I_p$ , %
Супеси	$1 \leq I_p \leq 7$
Суглинки	$7 < I_p \leq 17$
Глины	$I_p > 17$

**2. Показатель текучести (консистенции) грунта  $I_l$**  (% д.е.) – отношение разности влажностей, соответствующих двум состояниям грунта: естественному  $W$  и на границе раскатывания  $W_p$  к числу пластичности  $I_p$ :

$$I_l = \frac{W - W_p}{I_p} = \frac{W - W_p}{W_l - W_p}, \quad (2.2)$$

где  $W$ ,  $W_l$ ,  $W_p$  – обозначения те же, что и в формуле (2.1)

Данный показатель определяется только для глинистых грунтов. Он характеризует состояние грунта (его пластичность). В зависимости от  $I_l$  глинистые грунты подразделяются согласно табл. 2.3 [1, 7].

**3. Плотность скелета грунта  $\rho_d$**  (плотность сухого грунта) ( $\text{г/см}^3$ )

$$\rho_d = \frac{\rho}{1 + W}, \quad (2.3)$$

где  $\rho$  – плотность грунта,  $\text{г/см}^3$ ;  $W$  – естественная влажность, д.е.

Этот показатель используется для косвенной оценки плотности сложения песчаных и глинистых грунтов и изменяется чаще в пределах  $\rho_d = 1,15 - 1,8 \text{ г/см}^3$ . Считается, что при  $\rho_d < 1,2 \text{ г/см}^3$  – грунт рыхлый;  $\rho_d = 1,2 - 1,6 \text{ г/см}^3$  – грунт средней плотности сложения;  $\rho_d > 1,6 \text{ г/см}^3$  – грунт плотный.

Таблица 2.3

## Классификация глинистых грунтов по показателю консистенции

Разновидность глинистых грунтов	Показатель текучести (консистенции) $I_l$
Супеси:	
твердые	$I_l \leq 0$
пластичные	$0 < I_l \leq 1$
текучие	$I_l > 1$
Суглинки и глины:	
твердые	$I_l < 0$
полутвердые	$0 \leq I_l < 0,25$
тугопластичные	$0,25 \leq I_l < 0,5$
мягкопластичные	$0,5 \leq I_l < 0,75$
текучепластичные	$0,75 \leq I_l \leq 1,0$
текучие	$I_l > 1,0$

**4. Коэффициент пористости грунта  $e$  природного сложения**

$$e = \frac{\rho_s}{\rho_d} - 1, \quad (2.4)$$

где  $\rho_s$  – плотность частиц грунта,  $\text{г/см}^3$ ;  $\rho_d$  – плотность скелета (сухого) грунта,  $\text{г/см}^3$ .

Коэффициент пористости  $e$  есть отношение объема пор к объему твердых частиц грунта. Обычно этот параметр  $e$  у песчаных и глинистых грунтов изменяется в пределах от 0,5 до 1,0 (редко 1,0 . . . 2,0 и более). Песчаные грунты в зависимости от коэффициента пористости  $e$  подразделяются по плотности сложения на плотные, средней плотности, рыхлые согласно табл. 2.4 [1, 7].

Таблица 2.4

### Классификация песчаных грунтов по плотности сложения

Разновидность песков	Плотность сложения при коэффициенте пористости $e$ , равном		
	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	$e < 0,6$	$0,6 \leq e \leq 0,8$	$e > 0,8$

5. Коэффициент водонасыщения  $S_r$  (степень влажности)

$$S_r = \frac{\rho_s \cdot W}{\rho_w \cdot e}, \quad (2.5)$$

где  $\rho_s$ ,  $W$  – обозначения те же, что и в формулах (2.3) и (2.4);  $e$  – коэффициент пористости грунта;  $\rho_w$  – плотность воды, принимаемая равной  $1,0 \text{ г/см}^3$  ( $1,0 \text{ т/м}^3$ ).

Этот показатель характеризует долю заполнения пор грунта водой и изменяется в пределах от 0 до 1,0. В зависимости от степени влажности  $S_r$  крупнообломочные и песчаные грунты подразделяются согласно табл. 2.5 [1, 7].

Таблица 2.5

### Классификация крупнообломочных и песчаных грунтов по степени влажности

Разновидность крупнообломочных и песчаных грунтов	Степень влажности $S_r$
Малой степени водонасыщения	$0 < S_r \leq 0,5$
Средней степени водонасыщения	$0,5 < S_r \leq 0,8$
Насыщенные водой	$0,8 < S_r \leq 1,0$

В процессе анализа грунтовых условий строительной площадки для физической характеристики плотности грунта  $\rho$  ( $\text{г/см}^3$ ) устанавливается соответственно удельный вес грунта  $\gamma$  ( $\text{Н/м}^3$  или  $\text{кН/м}^3$ ). Расчетное значение удельного веса грунта  $\gamma$ , используемое для определения напряжений в грунтовом массиве, а также для других расчетов, определяется путем умножения плотности грунта  $\rho$  на ускорение свободного падения  $g = 9,81 \text{ м/с}^2 \approx 10 \text{ м/с}^2$ .

$$\gamma = \rho \cdot g, \quad (2.6)$$

где  $\rho$  – плотность грунта,  $\text{г/см}^3$ .

В том случае, если грунт находится ниже уровня подземных вод, для него определяется удельный вес с учетом взвешивающего действия воды  $\gamma_{sv}$ :

$$\gamma_{sv} = \frac{\gamma_s - \gamma_w}{1 + e}, \quad (2.7)$$

где  $\gamma_s$  – удельный вес твердых частиц грунта, определяемый по формуле (2.6) для твердых частиц грунта;  $\gamma_w$  – удельный вес воды, принимаемый равному  $10 \text{ кН/м}^3$ ;  $e$  – обозначения те же, что и в формуле (2.5).

Этот показатель определяется для крупнообломочных, песчаных, супесчаных, находящихся ниже уровня подземных вод. Для глинистых грунтов, являющихся водоупором (суглинки, глины), показатель  $\gamma_{sv}$  не определяется [8].

### 2.2. Особые виды и классификация структурно-неустойчивых грунтов (грунтов с неустойчивыми структурными связями)

При оценке грунтовых условий площадки строительства выявляются также грунты, обладающие специфическими неблагоприятными свойствами – структурно-неустойчивые

*грунты*. Это лессовые просадочные и набухающие грунты, морские и пресноводные илы, засоленные грунты, ленточные глины, заторфованные грунты и торфы [8]. Такие грунты оцениваются, как правило, дополнительными показателями [1, 8].

### 1. Предварительная оценка просадочности и набухаемости грунта

Предварительная оценка просадочности и набухаемости грунта производится по показателю  $I_{ss}$ :

$$I_{ss} = \frac{e_l - e}{1 + e}, \quad (2.8)$$

где  $e$  – коэффициент пористости природного грунта;  $e_l$  – коэффициент пористости, соответствующий влажности на границе текучести  $W_l$ , определяемый по формуле

$$e_l = \frac{\rho_s}{\rho_w} \cdot W_l, \quad (2.9)$$

где  $\rho_s$ ,  $\rho_w$ ,  $W_l$  – обозначения те же, что и в формулах (2.2), (2.3), (2.5).

К просадочным обычно относятся лессовые глинистые грунты со степенью влажности  $S_r \leq 0,8$  и показателем  $I_{ss}$  с меньшими значениями, чем приведенные в табл. 2.6 [8].

Таблица 2.6

#### Данные о показателе $I_{ss}$ для предварительной оценки просадочности лессовых глинистых грунтов

Число пластичности грунта	$1 \leq I_p < 10$	$10 \leq I_p < 14$	$14 \leq I_p < 22$
Показатель $I_{ss}$	0,1	0,17	0,24

К набухающим относятся глинистые грунты, для которых значение  $I_{ss}$  равно или более 0,3 ( $I_{ss} \geq 0,3$ ).

### 2. Оценка илостности глинистого грунта

Оценка илостности производится по естественной влажности  $W$  и коэффициенту пористости  $e$  грунта природного сложения. Ил – это водонасыщенный современный осадок преимущественно морских акваторий, содержащий органическое вещество в виде растительных остатков и гумуса [1]. Обычно верхние слои ила имеют коэффициент пористости  $e \geq 0,9$ , текучую консистенцию  $I_l > 1$ , содержание частиц меньше 0,01 мм составляет 30-50 % по массе. Вид илов устанавливается по числу пластичности  $I_p$  с учетом коэффициента пористости  $e$  согласно табл. 2.7 [9].

Таблица 2.7

#### Разновидности илов

Разновидности илов	Коэффициент пористости $e$
Супесчаный	$e \geq 0,8$
Суглинистый	$e \geq 0,9$
Глинистый	$e \geq 1,2$

### 3. Оценка засоленности грунта

Оценка засоленности производится для крупнообломочных, песчаных и глинистых грунтов по содержанию растворимых солей. При этом засоленным считается грунт, если минимальное суммарное содержание легко- и среднерастворимых солей (в % от массы абсолютно сухого грунта) составляет: песчаный грунт – 0,5 %, глинистый грунт – 5 % (подробно в [1]).

#### 4. Оценка содержания органических веществ в грунте и степени его разложения

**Органическое вещество** – органические соединения, входящие в состав грунта в виде неразложившихся остатков растительных и животных организмов, а также продуктов их разложения и преобразования [1].

По содержанию органических веществ грунты подразделяются на типы:

- органо-минеральные (илы, сапропели, заторфованные грунты) [1];
- минеральные (торфы и др.) [1].

Сапропель – пресноводный ил, образовавшийся на дне застойных водоемов из продуктов распада растительных и животных организмов и содержащий более 10 % (по массе) органического вещества в виде гумуса и растительных остатков. [1] Сапропель имеет коэффициент пористости  $e > 3$ , как правило текучую консистенцию  $I_l > 1$ , высокую дисперсность – содержание частиц крупнее 0,25 мм обычно не превышает 5 % по массе.

По относительному содержанию органических веществ  $I_r$  сапропели подразделяются на виды согласно табл. 2.8 [1]

Таблица 2.8

##### Разновидность сапропелей

Разновидность сапропелей	Относительное содержание органических веществ $I_r$
Минеральные	$0,1 < I_r \leq 0,3$
Среднеминеральные	$0,3 < I_r \leq 0,5$
Слабминеральные	$I_r > 0,5$

Заторфованные грунты – песчаные и глинистые, содержащие в своём составе от 10 до 50 % по массе торфа. [1] Типы этих грунтов устанавливаются согласно табл. 2.1 и 2.2 после удаления органических веществ. По относительному содержанию органических веществ  $I_r$  заторфованные грунты подразделяются на виды согласно табл. 2.9 [1].

Таблица 2.9

##### Разновидность заторфованных грунтов

Разновидность заторфованных грунтов	Относительное содержание органических веществ $I_r$ , д.е.	
	Глинистые грунты	Песчаные
Сильноторфованные	$0,40 < I_r < 0,50$	-
Средноторфованные	$0,25 < I_r \leq 0,40$	-
Слаботорфованные	$0,10 < I_r \leq 0,25$	-
С примесью органических веществ	$0,05 < I_r \leq 0,10$	$0,10 < I_r \leq 0,03$

Торфы – органические грунты, образовавшиеся в результате естественного отмирания и неполного разложения болотных растений в условиях повышенной влажности при недостатке кислорода и содержащие 50 % (по массе) и более органических веществ [1].

По степени разложения органического вещества  $D_{pd}$  торфы подразделяются на виды согласно табл. 2.10 [1]. Степень разложения  $D_{pd}$  – это отношение массы бесструктурной (полностью разложившейся) части, включая гуминовые кислоты и мелкие частицы негумифицированных остатков растений, к общей массе торфа.



Таблица 2.10

### Разновидность торфов

Разновидность торфов	Степень разложения органического вещества $D_{pd}$ , %
Слаборазложившиеся	$D_{pd} \leq 20$
Среднеразложившиеся	$20 < D_{pd} \leq 45$
Сильноразложившиеся	$D_{pd} > 45$

По степени зольности торфы подразделяются на:

- нормальные, если зольность менее 20 %;
- высокозольные, если зольность 20 % и более.

Степень зольности торфа  $D_{ds}$ , д.е. – это отношение массы минеральной части торфа ко всей массе в абсолютно сухом состоянии [1].

### 3. СВЯЗЬ ФИЗИЧЕСКИХ И МЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ГРУНТОВ

Классификация грунтов позволяет не только выделить их среди многообразия других грунтов, определить разновидность, но и установить ориентировочные значения их прочностных и деформационных характеристик. Прочность и деформируемость грунтов непосредственно связаны с их состоянием и физическими свойствами. Например, увеличение пористости песчаного или глинистого грунта (увеличение коэффициента пористости  $e$ ), при прочих равных условиях, непременно повлечет за собой снижение его прочности и повышение деформируемости. Следовательно, связь между физическими и механическими характеристиками грунтов очевидна.

Так, основываясь на обобщении огромного количества испытаний, СНиП 2.02.01-83\* [6] допускает для предварительных расчётов оснований, а также для сооружений II и III классов определять нормативные и расчетные значения модуля общей деформации  $E_o$  (МПа) угла внутреннего трения  $\varphi_n$  (град) и удельного сцепления  $C_n$  (МПа) по их физическим характеристикам. С этой целью ниже приводятся таблицы 3.1 и 3.2 нормативных значений прочностных и деформационных характеристик некоторых разновидностей грунтов.

Важной характеристикой является табличное значение расчетного сопротивления грунта основания  $R_o$  (кПа), ориентировочно оценивающее допускаемое давление на основание. СНиП 2.02.01-83\* [6] допускает назначать предварительные размеры подошвы фундаментов исходя из величины  $R_o$  (табл. 3.3 . . . 3.5).

Таблица 3.1

### Нормативные значения модуля деформации $E$ , МПа (кгс/см<sup>2</sup>), песчаных грунтов четвертичных отложений

Песчаные грунты	Характеристики грунтов при коэффициенте пористости $e$ , равном			
	0,45	0,55	0,65	0,75
Гравелистые и крупные	50 (500)	40 (400)	30 (300)	-
Средней крупности	50 (500)	40 (400)	30 (300)	-
Мелкие	48 (480)	38 (380)	28 (280)	18 (180)
Пылеватые	39 (390)	28 (280)	18 (180)	11 (110)

Таблица 3.4

**Расчетное сопротивление  $R_o$  пылевато-глинистых  
(непресадочных) грунтов**

Глинистые грунты	Коэффициент пористости $e$	Значения $R_o$ , кПа (кгс/см <sup>2</sup> ), при показателе текучести грунта	
		$I_l = 0$	$I_l = 1$
Супеси	0,5	300 (3,0)	300 (3,0)
	0,7	250 (2,5)	200 (2,0)
Суглинки	0,5	300 (3,0)	250 (2,5)
	0,7	250 (2,5)	180 (1,8)
	1,0	200 (2,0)	100 (1,0)
Глины	0,5	600 (6,0)	400 (4,0)
	0,6	500 (5,0)	300 (3,0)
	0,8	300 (3,0)	200 (2,0)
	1,1	250 (2,5)	100 (1,0)

Таблица 3.5

**Расчетное сопротивление  $R_o$  пресадочных грунтов**

Грунты	$R_o$ , кПа (кгс/см <sup>2</sup> ), грунтов			
	природного сложения с плотностью в сухом состоянии $\rho_d$ , т/м <sup>3</sup>		уплотненных с плотностью в сухом состоянии $\rho_d$ , т/м <sup>3</sup>	
	1,35	1,55	1,60	1,70
Супеси	$\frac{300}{150}$ (3) (1,5)	$\frac{350}{180}$ (3,5) (1,8)	200 (2)	250 (2,5)
	$\frac{350}{180}$ (3,5) (1,8)	$\frac{400}{200}$ (4) (2)		
Суглинки			250 (2,5)	300 (3)

ПРИМЕЧАНИЕ. В числителе приведены значения  $R_o$ , относящиеся к незамоченным пресадочным грунтам со степенью влажности  $S_r \leq 0,5$ ; в знаменателе – значения  $R_o$ , относящиеся к таким же грунтам с  $S_r \geq 0,8$ , а также к замоченным пресадочным грунтам.

Таблица 3.2

**Нормативные значения модуля деформации  $E$ , МПа,  
аллювиальных пылевато-глинистых нелессовых грунтов**

Наименование грунтов и пределы нормативных значений их показателя текучести	Характеристики грунтов при коэффициенте пористости $e$ , равном						
	0,45	0,55	0,65	0,75	0,85	0,95	1,05
Супеси $0 \leq I_l \leq 0,75$	32	24	16	10	7	-	-
Суглинки	$0 \leq I_l \leq 0,25$	34	27	22	17	14	11
	$0,25 < I_l \leq 0,5$	32	25	19	14	11	8
	$0,5 < I_l \leq 0,75$	-	-	17	12	8	6
Глины	$0 \leq I_l \leq 0,25$	-	28	24	21	18	15
	$0,25 < I_l \leq 0,5$	-	-	21	18	15	12
	$0,5 < I_l \leq 0,75$	-	-	-	15	12	9
		-	-	-	15	12	9

Таблица 3.3

**Расчетное сопротивление  $R_o$  песчаных грунтов**

Пески	Значения $R_o$ , кПа (кгс/см <sup>2</sup> ) в зависимости от плотности сложения грунтов	
	Плотные	Средней плотности
Крупные	600 (6,0)	500 (5,0)
Средней крупности	500 (5,0)	400 (4,0)
Мелкие:		
маловлажные	400 (4,0)	300 (3,0)
влажные и насыщенные водой	300 (3,0)	200 (2,0)
Пылеватые:		
маловлажные	300 (3,0)	250 (2,5)
влажные	200 (2,0)	150 (1,5)
насыщенные водой	150 (1,5)	100 (1,0)

#### 4. ОЦЕНКА ГРУНТОВЫХ УСЛОВИЙ ПЛОЩАДКИ СТРОИТЕЛЬСТВА

Проектирование оснований и фундаментов начинается с изучения и общей оценки всей толщи и отдельных, входящих в нее пластов грунта. Оценка производится по геологическим картам, разрезам, колонкам, физико-механическим свойствам, которые приводятся в отчетах (заключениях) по инженерно-геологическим изысканиям.

По условиям напластования грунтов основания обычно подразделяются на однородные, сжимаемая толща которых включает только один грунт, и слоистые с различными по составу, свойствам и сжимаемости грунтами, с согласным и несогласным их залеганием. К слоистым с согласным залеганием относятся основания, у которых простираение отдельных слоев близко к горизонтальному, а к слоистым с несогласованным залеганием – основания, пласты которых залегают невыдержанно, имеют наклон, выклиниваются и пр. [9].

На практике грунты основания условно разделяют на прочные и слабые.

К прочным относятся грунты, которые могут служить основанием сооружений и обеспечивают их нормальную эксплуатацию: крупнообломочные грунты, плотные и средней плотности пески, твердые и пластичные глинистые грунты.

К слабым относятся грунты, которые дают под нагрузкой большие деформации, неустойчивы и не могут служить основаниями сооружений без предварительных мероприятий: рыхлые пески, текучие глинистые грунты. Иногда к слабым относят водонасыщенные глинистые грунты, у которых модуль общей деформации  $E_o \leq 5$  МПа [11].

Наиболее надежными являются однородные основания и слоистые с согласно залегающими малосжимаемыми грунтами, имеющими характеристики: расчетное сопротивление

грунта основания  $R_o \geq 200$  кПа, модуль общей деформации  $E_o \geq 5$  МПа. Из слоистых оснований предпочтительнее те, у которых сжимаемость с глубиной уменьшается. Основания, у которых сжимаемость с глубиной увеличивается, менее благоприятны для возведения зданий, особенно на сплошных плитах и с различной глубиной заложения фундаментов.

Возможность использования структурно-неустойчивых грунтов в качестве основания устанавливается после дополнительных исследований специфических свойств (просадочных, набухающих и др.) и назначения дополнительных мероприятий по возведению зданий и сооружений.

Полученные данные на стадии инженерно-геологических изысканий позволяют сделать предварительную оценку грунтовых условий. При проектировании оснований фундаментов зданий, сооружений необходимо дать ответы на следующие вопросы:

- какие виды фундаментов наиболее предпочтительны в рассматриваемых грунтовых условиях (учитывая конструктивные особенности проектируемого здания);
- какой грунт (инженерно-геологический элемент) предполагаемой строительной площадки может быть использован в качестве несущего слоя основания фундаментов;
- будут ли изменяться свойства грунтов под влиянием развития естественных процессов и техногенных воздействий.

Таким образом, оценка грунтовых условий площадки строительства дает возможность проектировщику выбрать наиболее рациональный вид фундамента.

#### 5. ПРИМЕР ОЦЕНКИ ГРУНТОВЫХ УСЛОВИЙ ПЛОЩАДКИ СТРОИТЕЛЬСТВА

**Требуется:** оценить грунтовые условия строительной площадки, на которой предполагается возведение 5 этажного

кирпичного жилого дома с подвалом. По конструктивной схеме здание запроектировано с несущими продольными стенами.

**Исходные данные:** схемы выработок и геологические колонки представлены на рис. 5.1. Данные о гранулометрическом составе и нормативных значениях, физико-механических характеристиках грунтов приведены в табл. 5.1.

**Решение:** В соответствии с классификационными показателями, приведенными в параграфе 2.1, определяем вид и разновидность дисперсных грунтов, слагающих площадку.

*Образец № 1.* Грунт отобран из скважины № 1 с глубины 2,6 м (табл 5.1). Так как  $W_p = 0$  и  $W_l = 0$  и содержание частиц крупнее 2 мм (1 %) менее 25 %, вид грунта – песок [1].

Разновидность грунта определяется по гранулометрическому составу, по коэффициенту пористости  $e$ , по коэффициенту водонасыщения  $S_r$  (табл 5.1) см. параграф 2.1.

1. По гранулометрическому составу согласно табл. 2.1 настоящих методических указаний содержание частиц крупнее 0,1 мм менее 75 % ( $1 + 1 + 15 + 20 + 27 = 54$  % табл. 5.1). Следовательно, грунт – песок пылеватый.

2. По коэффициенту пористости  $e$ .

По формуле (2.3) определяем плотность сухого грунта  $\rho_d$ :

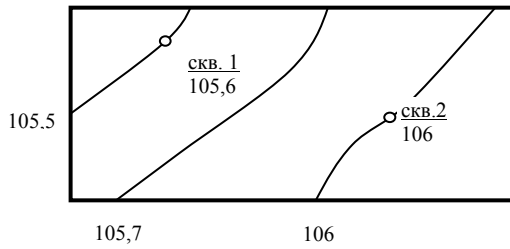
$$\rho_d = \frac{\rho}{1+W} = \frac{1,95}{1+0,12} = 1,735 \text{ г/см}^3.$$

Тогда согласно формуле (2.4) коэффициент пористости составит:

$$e = \frac{\rho_s}{\rho_d} - 1 = \frac{2,69}{1,735} - 1 = 0,55.$$

По табл. 2.4 устанавливаем – песок пылеватый, плотный.

а) План М 1:1000



б) 105,6

СКВ. №1

1	2	3	4	5
105,6	1,1	1,1		Насыпной грунт
101,1	4,5	3,4		Песок пылеватый, плотный, средней степени водонасыщения
99,9	5,7	1,2		Супесь пылеватоглинистая
95,4	10,2	4,4	УПВ	
90,6	15	4,2		Глина полутвердая

в) 106

СКВ. №2

1	2	3	4	5
106	0,9	0,9		Насыпной грунт
101,7	4,5	3,4		Песок пылеватый, плотный, средней степени водонасыщения
99,6	5,7	2,1		Супесь пылеватоглинистая
95,8	10,2	4,4	УПВ	
91	15	4,2		Глина полутвердая

Рис. 5.1. Данные о грунтовых условиях площадки строительства: а – схема выработок грунта, б, в – геологические колонки по скважинам 1 и 2.

- 1 – абсолютная отметка подошвы слоя;  
 2 – глубина подошвы каждого слоя;  
 3 – мощность слоев грунта;

- 4 – условные обозначения грунта;  
 5 – литологическое описание.

▽ УПВ – отметка уровня подземных вод

Таблица 5.1

Гранулометрический состав и нормативные значения физико-механических характеристик грунтов, установленных по результатам испытаний

№ образца грунта	№ скважины	Глубина отбора образцов, м	Гранулометрический состав грунта, %										Границы текучести, пластичности (д.е.)		Естественная влажность W, (д.е.)	Плотность сухого грунта $\rho_s$ , г/см <sup>3</sup>	Плотность грунта $\rho$ , г/см <sup>3</sup>	Удельное сцепление грунта C, кПа	Угол внутреннего трения $\varphi$ , град	Модуль деформации $E_0$ , МПа	
			>5.0	2.0-1.0	1.0-0.5	0.1-0.5	0.5-0.25	0.25-0.1	0.1-0.05	0.05-0.01	0.01-0.0015	0.0015-0.001	<0.001	$W_l$							$W_p$
1	СКВ.1	2.6	0	1	1	15	20	27	19	12	3	2	0	0	0	0.12	2.69	1.95	7	37	10
2	СКВ.1	4.9	0	0	0	2	6	21	30	18	15	6	2	0.18	0.12	0.16	2.67	2.07	17	27	19.45
3	СКВ.2	6.9	0	0	0	5	4	20	35	15	13	5	3	0.21	0.15	0.21	2.72	2.08	15	26	12
4	СКВ.2	12.4	0	0	0	0.5	0.5	6	18	25	22	19	15	0.34	0.16	0.19	2.74	2.01	40	20	15

3. По коэффициенту водонасыщения  $S_r$ , согласно формуле (2.5):

$$S_r = \frac{\rho_s \cdot W}{\rho_w \cdot e} = \frac{2,69 \cdot 0,12}{1 \cdot 0,55} = 0,59.$$

Следовательно – песок средней степени водонасыщения (табл. 2.5).

Грунт находится выше уровня подземных вод. Поэтому удельный вес грунта с учетом взвешивающего действия воды  $\gamma_{св}$  неопределяем [9].

По табл. 3.3 определяем расчетное сопротивление  $R_o$  для песчаных грунтов.

**Рассматриваемый грунт – песок пылеватый, плотный, средней степени водонасыщения с расчетным сопротивлением  $R_o = 150$  кПа.**

*Образец № 2.* Грунт отобран из скважины № 1 с глубины 4,9 м (табл. 5.1). Так как  $W_p > 0$  и  $W_l > 0$ , следовательно, грунт глинистый.

Разновидность глинистого грунта определяется по числу пластичности  $I_p$  и по показателю текучести  $I_l$ , см. параграф 2.1.

1. По числу пластичности  $I_p$  согласно формуле (2.1)

$$I_p = W_l - W_p = 0,18 - 0,12 = 0,06 = 6 \%$$

Следовательно, грунт супесь (табл. 2.2).

По показателю текучести  $I_l$  согласно формуле (2.2)

$$I_l = \frac{W - W_p}{I_p} = \frac{0,16 - 0,12}{0,06} = 0,67.$$

Следовательно, супесь – пластичная (табл. 2.4).

Поскольку грунт глинистый, необходимо установить, обладает ли он набухающими или просадочными свойствами [10]. Для этого в начале определяем следующие характеристики:

– (% , д.е.) плотность сухого грунта  $\rho_d$  по формуле (2.3)

$$\rho_d = \frac{\rho}{1+W} = \frac{2,07}{1+0,16} = 1,78 \text{ г/см}^3;$$

– коэффициент пористости  $e$  по формуле (2.4)

$$e = \frac{\rho_s}{\rho_d} - 1 = \frac{2,67}{1,78} - 1 = 0,5;$$

– коэффициент водонасыщения  $S_r$  по формуле (2.5)

$$S_r = \frac{\rho_s \cdot W}{\rho_w \cdot e} = \frac{2,67 \cdot 0,16}{1 \cdot 0,5} = 0,85;$$

– показатель  $e_l$  по формуле (2.8)

$$e_l = \frac{\rho_s}{\rho_w} \cdot W_l = \frac{2,67}{1} \cdot 0,18 = 0,48.$$

Определяем по формуле (2.9) показатель  $I_{ss}$ , с помощью которого дается предварительная оценка просадочных и набухающих свойств грунта [8]:

$$I_{ss} = \frac{e_l - e}{1 + e} = \frac{0,48 - 0,5}{1 + 0,5} = -0,013.$$

Грунт будет относиться к просадочным, если условия  $S_r \leq 0,8$  и  $I_{ss} \leq 0,1$  выполняются, см. параграф 2.2. В рассматриваемом случае условие  $S_r = 0,85 > 0,8$  не выполняется, а условие  $I_{ss} = -0,013 \leq 0,1$  выполняется.

Так как одно из условий не выполняется, следовательно, грунт является непросадочным.

Грунт будет относиться к набухающим, если условие  $I_{ss} \geq 0,3$  выполняется. Так как условие  $I_{ss} = -0,013 < 0,3$  не выполняется, следовательно, грунт является ненабухающим.

По табл. 3.4 определяем расчетное сопротивление  $R_o$  для пылегато-глинистого грунта.

**Рассматриваемый грунт – пылевато-глинистая супесь пластичная с расчетным сопротивлением  $R_o = 300$  кПа.**

*Образец № 3.* Грунт отобран из скважины № 2 с глубины 6,9 м (табл. 5.1). Так как  $W_p > 0$  и  $W_l > 0$ , следовательно, грунт глинистый.

По аналогии с образцом № 2 (см. выше) определяем разновидность глинистого грунта по числу пластичности  $I_p$  и по показателю текучести  $I_l$ .

Число пластичности  $I_p$  согласно формуле (2.1)

$$I_p = W_l - W_p = 0,21 - 0,15 = 0,06 = 6 \%$$

Следовательно, грунт – супесь (табл. 2.2).

Показатель текучести согласно формуле (2.2)

$$I_l = \frac{W - W_p}{I_p} = \frac{0,21 - 0,15}{0,06} = 1.$$

Следовательно, супесь – текучая (табл. 2.4).

Поскольку грунт глинистый, необходимо установить, обладает ли он набухающими или просадочными свойствами [10]. Для этого определяем:

– плотность сухого грунта  $\rho_d$  по формуле (2.3)

$$\rho_d = \frac{\rho}{1 + W} = \frac{2,08}{1 + 0,21} = 1,72 \text{ г/см}^3;$$

– коэффициент пористости  $e$  по формуле (2.4)

$$e = \frac{\rho_s}{\rho_d} - 1 = \frac{2,72}{1,72} - 1 = 0,58;$$

– коэффициент водонасыщения  $S_r$  по формуле (2.5)

$$S_r = \frac{\rho_s \cdot W}{\rho_w \cdot e} = \frac{2,72 \cdot 0,21}{1 \cdot 0,58} = 0,98;$$

– показатель  $e_l$  по формуле (2.8)

$$e_l = \frac{\rho_s}{\rho_w} \cdot W_l = \frac{2,72}{1} \cdot 0,21 = 0,27;$$

– показатель  $I_{ss}$  по формуле (2.9)

$$I_{ss} = \frac{e_l - e}{1 + e} = \frac{0,27 - 0,58}{1 + 0,58} = -0,2.$$

В рассматриваемом случае условие  $S_r \leq 0,8$  не выполняется, условие  $I_{ss} \leq 0,1$  выполняется, следовательно, грунт является непросадочным.

Условие  $I_{ss} \geq 0,3$  не выполняется, следовательно, грунт относится к ненабухающим.

По табл. 3.4 определяем расчетное сопротивление  $R_o$  для пылевато-глинистого грунта.

**Рассматриваемый грунт – пылевато-глинистая супесь, текучая с расчетным сопротивлением  $R_o = 300$  кПа.**

*Образец № 4.* Грунт отобран из скважины № 2 с глубины 12,4 м (табл. 5.1). Так как  $W_p > 0$  и  $W_l > 0$ , следовательно, грунт глинистый.

По аналогии с образцами № 2, №3 (см. выше) определяем разновидность глинистого грунта по следующим показателям по числу пластичности  $I_p$  и по показателю текучести  $I_l$ .

Число пластичности  $I_p$  согласно формуле (2.1)

$$I_p = W_l - W_p = 0,34 - 0,16 = 0,18 = 18 \%$$

Следовательно, грунт – глина (табл. 2.2).

Показатель текучести  $I_l$  согласно формуле (2.2)

$$I_l = \frac{W - W_p}{I_p} = \frac{0,19 - 0,16}{0,18} = 0,167.$$

Следовательно, глина – полутвердая (табл. 2.4).

Поскольку грунт глинистый, необходимо установить, обладает ли он набухающими или просадочными свойствами [10]. Для этого определяем:

– плотность сухого грунта  $\rho_d$  по формуле (2.3)

$$\rho_d = \frac{\rho}{1+W} = \frac{2,01}{1+0,19} = 1,69 \text{ г/см}^3;$$

– коэффициент пористости  $e$  по формуле (2.4)

$$e = \frac{\rho_s}{\rho_d} - 1 = \frac{2,74}{1,69} - 1 = 0,62;$$

– коэффициент водонасыщения  $S_r$  по формуле (2.5)

$$S_r = \frac{\rho_s \cdot W}{\rho_w \cdot e} = \frac{2,74 \cdot 0,19}{1 \cdot 0,62} = 0,84;$$

– показатель  $e_l$  по формуле (2.8)

$$e_l = \frac{\rho_s}{\rho_w} \cdot W_l = \frac{2,74}{1} \cdot 0,34 = 0,93.$$

Определяем по формуле (2.9) показатель  $I_{ss}$ :

$$I_{ss} = \frac{e_l - e}{1 + e} = \frac{0,93 - 0,62}{1 + 0,62} = 0,19.$$

В рассматриваемом случае условие  $S_r \leq 0,8$  не выполняется, условие  $I_{ss} \leq 0,24$  выполняется, следовательно, грунт является непросадочным.

Условие  $I_{ss} \geq 0,3$  не выполняется, следовательно, грунт является ненабухающим.

По табл. 3.4 определяем расчетное сопротивление  $R_0$  для пылевато-глинистого грунта.

**Рассматриваемый грунт – пылевато-глинистая глина, полутвердая с расчетным сопротивлением  $R_0 = 550$  кПа.**

Полученные данные о характеристиках грунтов сводим в табл. 5.2 и вычерчиваем инженерно-геологический разрез площадки строительства (рис. 5.2).



Рис. 5.2. Инженерно-геологический разрез площадки строительства (окончание)

Таблица 5.2

## Нормативные значения физико-механических характеристик грунтов

№№ инженерно-геологического элемента	Наименование грунтов	Толщина слоя, м	Характеристики плотности, г/см <sup>3</sup>			Коэффициент пористости $e$ , д.е.	Естественная влажность $W$ , д.е.	Коэффициент водонасыщения $S_r$	Число пластичности, $I_p$ , д.е.	Показатель текучести $I_L$ , д.е.	Модуль деформации $E_0$ , МПа	Удельное сцепление грунта $C$ , кПа,	Угол внутреннего трения $\varphi$ , град
			Плотность грунта $\rho$	Плотность частиц грунта $\rho_s$	Плотность сухого грунта $\rho_d$								
1	Насыпной грунт	0.9-1.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
2	Песок пылеватый, плотный, средней степени водонасыщения	3.4	1.95	2.69	1.74	0.55	0.12	0.59	0	0	10	7	37
3	Супесь пылевато-глинистая, пластичная	1.2-2.1	2.07	2.67	1.78	0.5	0.16	0.85	0.06	0.67	19.45	17	27
4	Супесь пылевато-глинистая, текучая	4.4-4.5	2.08	2.72	1.72	0.58	0.21	0.98	0.06	1	12	15	26
5	Глина легкая, пылеватая, полутвердая	4.2-4.8	2.01	2.74	1.69	0.62	0.19	0.84	0.18	0.17	15	40	20

**Общая оценка грунтовых условий площадки строительства.** По инженерно-геологическому разрезу площадка имеет спокойный рельеф с абсолютными отметками 105,6 – 106 м. Грунты имеют слоистое напластование с согласным залеганием пластов. Все они могут служить естественным основанием для фундаментов зданий.

Для рассматриваемого 5-этажного жилого здания при устройстве фундаментов мелкого заложения несущим слоем может быть песок пылеватый, плотный, средней степени водонасыщения (слой 2). При этом для уменьшения неравномерности деформаций оснований опорную часть фундаментов следует принять в виде монолитной железобетонной ленты.

При использовании свайных фундаментов в качестве несущего слоя рекомендуется использовать глину полутвёрдую (слой 5). В этом случае свая будет работать по схеме свая висячая.

При инженерно-геологических изысканиях были обнаружены подземные воды. Они залегают на отметках 99,6 – 99,9 м (глубина залегания 5,7 – 6,4 м от поверхности) и не будут существенным образом влиять на устройство оснований и фундаментов здания.

## ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ 25100-95. Грунты. Классификация. – М. : ИПК, Изд-во стандартов, 1997. – 32 с.
2. ГОСТ 5180-84. Грунты. Методы лабораторного определения характеристик. – М. : ИПК, Изд-во стандартов, 1985. – 26 с.
3. ГОСТ 12536-79. Грунты. Методы лабораторного определения гранулометрического (зернового) и микроагрегатного состава. – М.: ИПК, Изд-во стандартов, 1980. – 26 с.
4. СНиП 2.02.01 – 83. Основания зданий и сооружений./ Госстрой СССР. – М.: Стройиздат, 1985г. – 40 с.
5. СНиП 2.03.01 – 85. Свайные фундаменты./ Госстрой СССР. – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1986г. – 48 с.
6. Механика грунтов, основания и фундаменты: учебник/ С.Б. Ухов [и др.] – М., 1994., стр. 527, ил.
7. Основания, фундаменты и подземные сооружения/Под ред. Е.А. Сорочана и Ю.Г. Трофименкова. – М.: Стройиздат, 1985. – 480 с.
8. Пособие по проектированию оснований зданий и сооружений (к СНиП 2.02.01 - 83)/ НИИОСП им. Герсеванова. – М.: Стройиздат, 1986. – 415 с.
9. Проектирование оснований и фундаментов: учеб. пособие для вузов. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1990. – 304 с.: ил.
10. Цытович, Н.А. Механика грунтов (краткий курс): учебник для строит. вузов. – 4-е изд., перераб. и доп./ Н.А.Цытович. - М.: Высшая школа, 1983. – 288 с., ил.
11. Абелев, М.Ю. Методы строительства промышленных и гражданских зданий на слабых водонасыщенных грунтах./ М.Ю.Абелев. –М.: Стройиздат, 1983. – 248 с.