

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации

ФГБОУ ВПО «Кубанский государственный  
аграрный университет»

А.И. Полищук, Д.А. Чернявский

ОЦЕНКА ГРУНТОВЫХ УСЛОВИЙ ПЛОЩАДОК  
СТРОИТЕЛЬСТВА В КУРСОВОМ И ДИПЛОМНОМ  
ПРОЕКТИРОВАНИИ

Учебное пособие

Краснодар  
2014

**УДК 624.131.2(075)**

**ББК 26.3**

**П50**

**Рецензенты:**

кафедра промышленного, гражданского строительства, геотехники и фундаментостроения Южно-Российского государственного политехнического университета (зав. кафедрой – д-р техн. наук, проф. **Г.М. Скибин**);

зав. кафедрой инженерной геологии, оснований и фундаментов Новосибирского государственного архитектурно-строительного университета (Сибстрин), канд. техн. наук, проф. **Л.В. Нуждин**.

**Полищук, А.И.**

**П50** Оценка грунтовых условий площадок строительства в курсовом и дипломном проектировании: учеб. пособие/ А.И. Полищук, Д. А. Чернявский. – Краснодар: КубГАУ, 2014. – 78 с.

**ISBN 978-5-94672-814-0**

Учебное пособие содержит материалы по оценке грунтовых условий площадок строительства, которые рекомендуется использовать при выполнении курсовых и дипломных проектов.

Предназначено для студентов-бакалавров, студентов-магистрантов, обучающихся по направлению «Строительство», а также для студентов, обучающихся по специальности «Строительство уникальных зданий и сооружений». Может быть полезно для аспирантов профиля «Основания и фундаменты, подземные сооружения» и работников проектных и строительных организаций.

**УДК 624.131.2(075)**

**ББК 26.3**

- © Полищук А.И.,  
Чернявский Д.А., 2014
- © ФГБОУ ВПО «Кубанский  
государственный аграрный  
университет», 2014

**ISBN 978-5-94672-814-0**

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Нормальная эксплуатация здания (сооружения) зависит не только от его конструктивных особенностей, но и от свойств грунтов основания, их поведения под нагрузкой. Неправильная оценка строительных свойств грунтов может привести к значительным деформациям фундаментов зданий. Следовательно, здание (сооружение) и основание неразрывно связаны между собой, взаимно влияют друг на друга и должны рассматриваться как единая система.

Инженер-строитель должен хорошо понимать, что представляют собой грунты основания и как определяются их свойства. Для этого производится оценка грунтовых условий площадок строительства.

Под оценкой грунтовых условий площадок строительства понимается обобщение результатов исследований свойств грунтов, выполняемых на стадии инженерно-геологических изысканий, и выявление возможности их использования в качестве основания фундаментов зданий или сооружений.

Стоимость работ по устройству фундаментов обычно составляет 10–20% от стоимости всего здания, а при сложных грунтовых условиях (например, при строительстве на структурно-неустойчивых грунтах, либо в сейсмоопасных районах) она может достигать 15–25%. Таким образом, правильная оценка грунтовых условий площадок строительства и грамотное проектирование фундаментов позволяет снизить стоимость возводимого здания (сооружения) [1–6].

В настоящем пособии рассматриваются вопросы оценки грунтовых условий для нового строительства зданий (сооружений). Для условий реконструкции и восстановления зданий (сооружений) с этими вопросами можно познакомиться в работах [5, 6, 7, 11].

В соответствующих разделах учебного пособия приводятся справочные данные, которые необходимы для проектирования фундаментов зданий, а также указаны источники, где их мож-

но найти. Все значения характеристик грунтов даны как в международной системе единиц (СИ), так и в единицах технической системы (СТС). Обозначения и термины приводятся в соответствии с действующими стандартами на грунты [8] и нормативными документами на проектирование фундаментов [3, 4].

Введение, разделы 2, 3 и 4 (кроме параграфа 4.4) написан д-ром техн. наук, проф. А.И. Полищуком; раздел 5 написан инженером Д.А. Чернявским. Разделы 1 и 6, параграф 4.4 написаны д-ром техн. наук, проф. А.И. Полищуком и инженером Д.А. Чернявским совместно.

Авторы благодарят рецензентов: зав. кафедрой промышленного, гражданского строительства, геотехники и фундаментостроения Южно-Российского государственного политехнического университета, д-ра техн. наук, профессора **Г.М. Скибина** и зав. кафедрой инженерной геологии, оснований и фундаментов Новосибирского государственного архитектурно-строительного университета (Сибстрин), канд. техн. наук, профессора **Л.В. Нуждина** за ценные замечания, которые были учтены при доработке учебного пособия.

Замечания и отзывы на учебное пособие просьба направлять по адресу: 350044, г. Краснодар, ул. Калинина, 13, кафедра «Основания и фундаменты».

## 1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

**Грунты** – любые горные породы, почвы, осадки и техногенные образования, рассматриваемые как многокомпонентные динамические системы и как часть геологической среды, изучаемые в связи с инженерно-хозяйственной деятельностью человека [8].

Различают *скальные (полускальные)* и *дисперсные (нескальные)* грунты.

**Скальные (полускальные)** – это грунты, имеющие жесткие структурные связи кристаллизационного и/или цементационного типа. Такие грунты обладают значительной прочностью на одноосное сжатие ( $R_c$ ) в водонасыщенном состоянии ( $R_c \approx 5 \dots 120$  МПа – скальные грунты,  $R_c \approx 1 \dots 5$  МПа – полускальные грунты).

*Скальные* грунты подразделяются на очень прочные ( $R_c \geq 120$  МПа), прочные ( $120 > R_c \geq 50$  МПа), средней прочности ( $50 > R_c \geq 15$  МПа), малопрочные ( $15 > R_c \geq 5$  МПа); *полускальные* подразделяются на пониженной прочности ( $5 > R_c \geq 3$  МПа), низкой прочности ( $3 > R_c \geq 1$  МПа), весьма низкой прочности ( $R_c < 1$  МПа) [8].

**Дисперсные (нескальные)** – это грунты, состоящие из совокупности твердых частиц, зерен, обломков и других элементов, между которыми есть физические, физико-химические или механические структурные связи. Дисперсные грунты подразделяются на *связные* и *несвязные*.

К *связным* грунтам относятся глинистые грунты, илы, сапропели, заторфованные глинистые грунты, торфы и др. К *несвязным* – крупнообломочные грунты, пески, заторфованные пески и др.

В настоящем учебном пособии рассматриваются в основном глинистые, крупнообломочные и песчаные грунты, как наиболее распространенные (часто используемые) в курсовом и дипломном проектировании.

**Глинистые грунты** – связные грунты, состоящие в основном из пылеватых и глинистых (не менее 3%) частиц, обладающих свойствами пластичности ( $I_p \geq 1\%$ ) [8].

**Крупнообломочные грунты** – несвязные минеральные грунты, в которых масса частиц размером крупнее 2 мм составляет более 50% [8].

**Песчаные грунты (пески)** – несвязные минеральные грунты, массой частиц размером 0,05...2 мм более 50% и числом пластичности  $I_p < 1\%$  [8].

Совокупность рассматриваемых выше грунтов можно представить в виде обобщенной блок-схемы (рис. 1.1).

Среди дисперсных (нескальных) грунтов выделяют *структурно-неустойчивые грунты*. **Структурно-неустойчивыми** называют грунты, обладающие способностью к резкому снижению прочности структурных связей между частицами при некоторых воздействиях (нагревании, увлажнении, оттаивании, быстром нагружении или вибрационном воздействии и др.) [5, 6, 10]. К таким грунтам относятся: лёссовые просадочные и набухающие грунты, морские и пресноводные илы, засоленные грунты, заторфованные грунты, мерзлые грунты и др. [9].

Грунты поверхностной части земной коры (в пределах глубины до 15–20 м) обычно являются *основанием* для зданий (сооружений).

**Основание** – это напластование грунтов, воспринимающее давление (нагрузку) от здания (сооружения) [2]. Основание может быть *естественным* и *искусственным* (улучшенным).

**Естественное основание** – обычный природный грунт, используемый как опора фундаментов, без предварительной подготовки [10].

**Искусственное основание** – преобразованный, либо замененный грунт, используемый как опора фундаментов.

**Фундамент** – конструкция, обычно подземная или подводная, передающая нагрузки от здания (сооружения) на основание [5, 6].

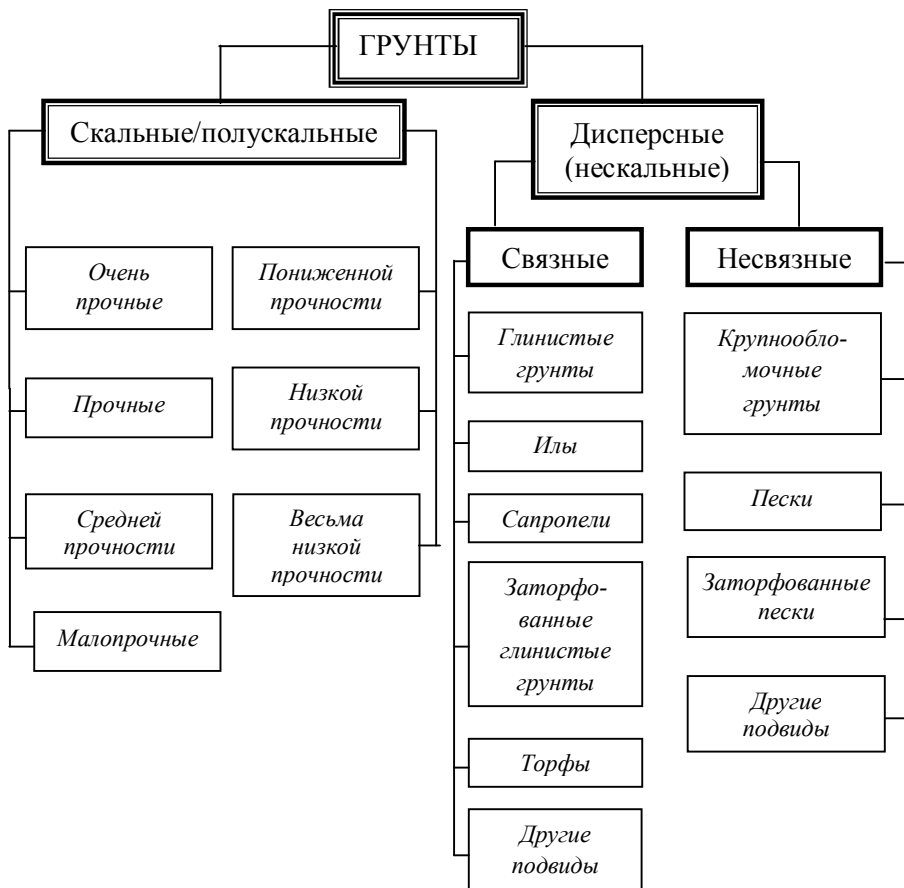


Рис. 1.1. Обобщенная блок-схема скальных (полускальных) и дисперсных (нескальных) грунтов

Для оценки грунтовых условий необходимо иметь материалы инженерно-геологических, инженерно-геодезических и

других изысканий (например, инженерно-экологических, инженерно-геотехнических). В общем случае, результаты изысканий должны содержать сведения о местоположении района строительства, его климатических и сейсмических условиях, инженерно-геологическом строении и литологическом составе толщи грунтов, а также о наблюдаемых неблагоприятных факторах (наличие просадочности грунтов, оползневых склонов на строительной площадке и др.). На топографическом плане указываются места геологических выработок (скважины, шурфы). В материалах изысканий даются также геолого-литологические разрезы и профили с указанием абсолютных отметок, сведения о мощности отдельных пластов грунта. Результаты изысканий представляют в виде отчетов (заключений), которые содержат данные о физико-механических свойствах грунтов основания. Особое внимание следует обращать на гидрологические условия строительства, на установившийся уровень подземных вод и на причины, которые могут вызвать его колебание. В отчете или заключении по инженерно-геологическим изысканиям приводятся также сведения о сезонном промерзании грунтов.

### ***Вопросы для самопроверки по разделу 1:***

- 1. Что называется грунтами и на какие основные классы они подразделяются?*
- 2. Какие грунты называются структурно-неустойчивыми?*
- 3. Какие грунты относятся к глинистым?*
- 4. Какие грунты относятся к крупнообломочным и песчаным?*
- 5. Что называется основанием и какие бывают основания?*
- 6. Что называется фундаментом?*
- 7. Какие грунты называются связными, какие виды и подвиды к ним относятся?*



8. *Какие грунты называются несвязными, и какие виды, подвиды к ним относятся?*
9. *Что понимается под оценкой грунтовых условий площадок строительства?*
10. *Какие сведения должны содержать материалы инженерно-геологических изысканий?*

## 2. ФИЗИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ И КЛАССИФИКАЦИОННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ГРУНТОВ

**Физические характеристики** – это совокупность характеристик, с помощью которых грунт оценивается как физическое тело. Разнообразие состава, строения и состояния грунтов делает неизбежным введение значительного числа таких характеристик. Некоторые из них непосредственно применяются в расчетах оснований и грунтовых сооружений. Физические характеристики подразделяют на *основные* и *дополнительные*.

К *основным* физическим характеристикам относятся:

1. **Плотность грунта**  $\rho$  ( $\text{г/см}^3$ ,  $\text{т/м}^3$ ) – отношение массы грунта (включая массу воды в порах) к занимаемому этим грунтом объему [1, 11]. Наиболее вероятные пределы изменения  $\rho$  для проектирования фундаментов зданий:  $\rho = 1,65 \dots 2,1 \text{ г/см}^3$  ( $\text{т/м}^3$ ).

2. **Плотность частиц грунта**  $\rho_s$  ( $\text{г/см}^3$ ,  $\text{т/м}^3$ ) – отношение массы твердых частиц грунта (абсолютно сухого грунта) к их объёму. Эта характеристика зависит только от минерального состава. Для одного и того же грунта характеристика  $\rho_s$  практически постоянная величина [5]. Наиболее вероятные пределы изменения  $\rho_s$  составляют  $\rho_s = 2,65 \dots 2,75 \text{ г/см}^3$  ( $\text{т/м}^3$ ).

3. **Влажность грунта**  $W$  (% д.ед.) – отношение массы воды к массе твердых частиц грунта (абсолютно сухого грунта) [5]. Наиболее вероятные пределы изменения  $W$  для проектирования фундаментов зданий составляют: пески, супеси, суглинки, глины  $W = 4 \dots 40\%$  ( $0,04 \dots 0,4$ ); илы, торфы  $W = 4 \dots 100\%$  ( $0,04 \dots 1,0$ ).

К *дополнительным* физическим характеристикам грунтов относятся:

4. **Плотность сухого грунта**  $\rho_d$  (*плотность скелета грунта*) ( $\text{г/см}^3$ ,  $\text{т/м}^3$ ) – отношение массы сухого грунта (исключая массу воды в его порах) к занимаемому этим грунтом объёму (включая имеющиеся в этом грунте поры) ( $\text{г/см}^3$ ,  $\text{т/м}^3$ ) [1].

$$\rho_d = \frac{\rho}{1 + W}, \quad (2.1)$$

где  $\rho$  – плотность грунта, г/см<sup>3</sup>;

$W$  – влажность грунта, д. ед.

Этот показатель используется для косвенной оценки плотности сложения песчаных и плотности глинистых грунтов и изменяется чаще в пределах  $\rho_d = 1,15 \dots 1,8$  г/см<sup>3</sup> (т/м<sup>3</sup>).

**5. Коэффициент пористости  $e$**  – отношение объёма пор к объёму твёрдых частиц грунта [1, 5].

$$e = \frac{\rho_s}{\rho_d} - 1, \quad (2.2)$$

где  $\rho_s$  – плотность частиц грунта, г/см<sup>3</sup>;

$\rho_d$  – то же, что и в формуле (2.1).

Параметр  $e$  характеризует плотность сложения песчаных грунтов и изменяется в пределах  $e = 0,5 \dots 1,0$ .

**6. Коэффициент водонасыщения  $S_r$**  (степень влажностности) – характеризует степень заполнения объёма пор грунта водой [8].

$$S_r = \frac{\rho_s \cdot W}{\rho_w \cdot e}, \quad (2.3)$$

где  $\rho_s$ ,  $W$ ,  $e$  – обозначения те же, что и в формулах (2.1), (2.2);

$\rho_w$  – плотность воды, принимаемая равной 1,0 г/см<sup>3</sup> (т/м<sup>3</sup>).

Этот показатель используется для классификации *крупнообломочных и песчаных грунтов* и изменяется в пределах  $S_r = 0 \dots 1,0$ .

**7. Плотность грунта с учётом взвешивающего действия воды  $\rho_{sb}$** . Для грунтов, в порах которых имеется свободная и гидравлически непрерывная вода, его частицы испытывают взвешивающее действие воды в соответствии с законом Ар-

химеда [1]. Обычно такое явление проявляется в случае, когда грунты залегают ниже уровня подземных вод. Плотность грунта с учетом взвешивающего действия воды  $\rho_{sb}$  вычисляется по формуле:

$$\rho_{sb} = \frac{\rho_s - \rho_w}{1 + e}, \quad (2.4)$$

где  $\rho_w$  – плотность воды, принимаемая  $\rho_w = 1 \text{ г/см}^3$ .

Характеристика  $\rho_{sb}$  используется для определения напряжений в грунте под действием его собственного веса на отметках ниже уровня подземных вод. Показатель  $\rho_{sb}$  обычно определяется для крупнообломочных и песчаных грунтов, реже для глинистых (супесей, суглинков легких). В плотных суглинках и глинах взвешивающее действие воды проявляется сложным образом и в расчетах не учитывается. Обычно считается, что при коэффициенте фильтрации грунта менее  $10^{-8} \text{ см/с}$  ( $K_f < 10^{-8} \text{ см/с}$ ), грунт является водоупором и взвешивающее действие поровой воды на его частицы отсутствует [1]. Водоупор – слой грунта, не пропускающий воду.

Кроме рассмотренных выше физических характеристик (*основных и дополнительных*), для оценки грунтов используется целый ряд показателей, которые называют *классификационными показателями грунтов*.

**Классификационные показатели** – это совокупность характеристик, с помощью которых осуществляется классификация дисперсных (нескальных) грунтов. К ним относятся следующие показатели:

**1. Число пластичности  $I_p$  (% , д.ед.)** – разность влажностей, соответствующая двум состояниям грунта: на границе текучести  $W_L$  и на границе раскатывания  $W_p$  [8].

$$I_p = W_L - W_p, \quad (2.5)$$

где  $W_L$  – **влажность на границе текучести** – влажность, при увеличении которой глинистый грунт переходит из пластичного состояния в текучее, %, д.ед.;

$W_p$  – **влажность на границе раскатывания** – это влажность, при уменьшении которой глинистый грунт переходит из пластичного состояния в твердое, %, д.ед.

Значения  $W_L, W_p$  определяются экспериментально [1, 6, 10].

Показатель  $I_p$  определяется только для *глинистых грунтов*.

В общем случае под **пластичностью** понимают способность глинистых грунтов изменять свою форму (деформироваться) без разрыва сплошности.

**2. Показатель текучести  $I_L$  (д.ед.)** – показатель состояния (консистенции) глинистого грунта, определяемый по формуле:

$$I_L = \frac{W - W_p}{W_L - W_p} = \frac{W - W_p}{I_p}, \quad (2.6)$$

где  $W, W_L, W_p$  – обозначения те же, что и в формулах (2.1), (2.5).

Показатель  $I_L$  определяется только для *глинистых грунтов*. Он характеризует состояние (консистенцию) глинистого грунта.

**3. Гранулометрический (зерновой) состав** – относительное содержание по массе отдельных фракций (частиц различной крупности) по отношению к общей массе абсолютно сухого грунта. Гранулометрический (зерновой) состав определяется экспериментально.

**4. Степень плотности песков  $I_d$  (плотность сложения)** определяется по формуле

$$I_d = \frac{e_{\max} - e}{e_{\max} - e_{\min}}, \quad (2.7)$$

где  $e$  – обозначение то же, что и в формуле (2.2);

$e_{\max}$  – коэффициент пористости в предельно-рыхлом сложении;

$e_{\min}$  – коэффициент пористости в предельно-плотном сложении.

По показателю  $I_d$  пески подразделяют на слабоуплотненные, среднеуплотненные и сильноуплотненные (см. параграф 4.1).

При проектировании фундаментов для промышленного и гражданского строительства плотность сложения песка  $I_d$  часто определяется в зависимости от коэффициента пористости  $e$ . При таком подходе пески классифицируются на плотные, средней плотности и рыхлые [1, 5].

*Для практических расчетов* оснований и земляных сооружений используют характеристику *удельного веса грунта*, которая выражается в ньютонах (килоньютонах) на кубический метр ( $\text{Н/м}^3$ ,  $\text{кН/м}^3$ ) [12].

Расчетное значение *удельного веса грунта*  $\gamma$  определяется путем умножения плотности грунта  $\rho$  на ускорение свободного падения  $g = 9,81 \text{ м/с}^2 \approx 10 \text{ м/с}^2$ :

$$\gamma_s = \rho_s \cdot g. \quad (2.8)$$

Соответственно, расчётом устанавливаются *удельный вес частиц грунта*  $\gamma_s$  ( $\text{кН/м}^3$ ) и *удельный вес сухого грунта*  $\gamma_d$  ( $\text{кН/м}^3$ ):

$$\gamma_s = \rho_s \cdot g, \quad (2.9)$$

$$\gamma_d = \rho_d \cdot g. \quad (2.10)$$

Если грунт находится ниже уровня подземных вод, то определяется *удельный вес грунта с учетом взвешивающего действия воды*  $\gamma_{sw}$ .

$$\gamma_{sw} = \frac{\gamma_s - \gamma_w}{1 + e}, \quad (2.11)$$

где  $\gamma_s$ ,  $e$  – обозначения те же, что и в формулах (2.2)–(2.9);

$\gamma_w$  – удельный вес воды, принимаемый равным  $10 \text{ кН/м}^3$ .

Показатель  $\gamma_{sw}$  также определяется для крупнообломочных, песчаных и глинистых грунтов (например, супесей, иногда лёгких суглинков), которые не являются *водоупором*.

Основные физические характеристики ( $\rho$ ,  $\rho_s$ ,  $W$ ) и классификационные показатели ( $W_L$ ,  $W_p$ , *гранулометрический состав*) обычно задаются в задании на выполнение курсового или дипломного проекта (дипломной работы). Остальные характеристики физического состояния грунтов, необходимые для оценки грунтовых условий площадки строительства, устанавливаются расчётом.

### **Вопросы для самопроверки по разделу 2:**

1. *Дайте определение физическим характеристикам грунта.*
2. *Какие физические характеристики грунта относятся к основным?*
3. *Какие физические характеристики грунта относятся к дополнительным?*
4. *Назовите классификационные показатели дисперсных (нескальных) грунтов.*
5. *Как определить число пластичности и показатель текучести грунта?*
6. *Как определяют коэффициент водонасыщения песчаного грунта?*
7. *В каком случае необходимо определить плотность грунта с учетом взвешивающего действия воды?*
8. *Что такое гранулометрический (зерновой) состав грунта и как он определяется?*
9. *Как подразделяются песчаные грунты по плотности сложения?*

10. Как определить показатель текучести глинистого грунта?
11. Дайте наименование глинистому грунту, если:  $W_L = 0,40$ ,  $W_p = 0,27$ .
12. Установите показатель текучести глинистого грунта, если:  $W = 0,32$ ,  $W_L = 0,38$ ,  $W_p = 0,26$ .
13. Как установить характеристики естественной влажности грунта?
14. Что такое коэффициент пористости грунта, и как он определяется?
15. Как установить характеристики плотности грунта в лабораторных условиях?



### 3. МЕХАНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ГРУНТОВ

Для оценки сжимаемости, прочности, устойчивости и водопроницаемости оснований фундаментов необходимо иметь механические характеристики грунтов. Различают *деформационные, прочностные и фильтрационные* характеристики, которые составляют группу механических характеристик грунтов.

**Деформационные характеристики** – это характеристики грунтов, которые определяют их способность сопротивляться развитию осадок, горизонтальных смещений и др. К основным деформационным характеристикам грунтов относят:  *$E$  – модуль деформации, МПа,  $m_o$  – коэффициент сжимаемости,  $\text{МПа}^{-1}$ ,  $m_v$  – коэффициент относительной сжимаемости,  $\text{МПа}^{-1}$ .*

Эти характеристики ( $E$ ,  $m_o$ ,  $m_v$ ) используются при расчете осадок фундаментов зданий и сооружений. Между характеристиками  $m_o$  и  $E$  существует функциональная зависимость, которую можно записать в виде формулы:

$$E = \beta \cdot \frac{1 + e}{m_o}, \quad (3.1)$$

где  $e$  – то же, что и в формуле (2.2);

$\beta$  – безразмерный коэффициент, зависящий от деформируемости грунта в поперечном направлении ( $\beta = 0,74$  – для песков и супесей,  $\beta = 0,62$  – для суглинков,  $\beta = 0,4$  – для глин).

**Прочностные характеристики** – это характеристики грунтов, которые определяют способность грунта сопротивляться разрушению. Различают следующие прочностные характеристики:  $\varphi$  – *угол внутреннего трения, град*,  $c$  – *удельное сцепление грунта, кПа*. Эти характеристики устанавливаются экспериментально.

**Фильтрационные характеристики** – это характеристики, которые определяют процессы движения воды в грунтах и

существенно влияют на их деформирование, разрушение. Фильтрационные характеристики зависят от скорости отжатия воды из пор грунта [5]. Основной фильтрационной характеристикой грунта является  $K_f$  – **коэффициент фильтрации, см/с**.

Движение воды в грунтах может привести к развитию процессов, осложняющих строительство. Коэффициент фильтрации позволяет оценить скорость движения воды в грунте, ее расход (например, приток воды в котлован) и необходимость устройства мероприятий по водопонижению.

Значения коэффициента фильтрации  $K_f$  определяются экспериментально и находятся в пределах, указанных в таблице 3.1 [5].

*Таблица 3.1*

**Значения коэффициента фильтрации  $K_f$  для грунтов**

Разновидность Грунтов	Коэффициент фильтрации $K_f$ , см/с
Пески	$a \cdot 10^{-1} \dots a \cdot 10^{-4}$
Супеси	$a \cdot 10^{-3} \dots a \cdot 10^{-6}$
Суглинки	$a \cdot 10^{-5} \dots a \cdot 10^{-8}$
Глины	$a \cdot 10^{-7} \dots a \cdot 10^{-10}$

*Примечание:*  $a$  – любое число от 1 до 9,9.

Механические характеристики грунтов зависят от их состава (минералогического и гранулометрического), физического состояния (плотности, влажности, температуры) и структурных особенностей.

***Вопросы для самопроверки по разделу 3:***

- 1. Дать определение деформационным и прочностным характеристикам грунта.*
- 2. Какие характеристик грунта называются фильтрационными и в каких расчетах они используются?*

3. Для каких расчетов используются деформационные характеристики грунта?
4. Какая существует функциональная зависимость между модулем деформации и коэффициентом относительной сжимаемости?
5. Как устанавливаются значения коэффициента фильтрации грунта?
6. Как устанавливаются значения модуля деформации грунта?
7. Как устанавливаются значения угла внутреннего трения и удельного сцепления глинистого грунта?
8. Для решения каких задач используются прочностные характеристики грунта?
9. Что называется модулем деформации грунта и как он определяется?
10. Как определяется характеристика модуля деформации грунта в полевых и лабораторных условиях?
11. Что понимают под водопроницаемостью грунтов и скоростью фильтрации воды?

## 4. СТРОИТЕЛЬНАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ ГРУНТОВ

Полная классификация грунтов для инженерно-геологических изысканий, проектирования и строительства приведена в ГОСТ 25100–2011 [8]. Ниже дается упрощенная классификация грунтов (крупнообломочных, песчаных и глинистых), которую рекомендуется использовать студентам, студентам-бакалаврам, студентам-магистрантам в курсовом и дипломном проектировании (профиль – «Промышленное и гражданское строительство»).

### 4.1. Классификация крупнообломочных и песчаных грунтов

Классификация крупнообломочных и песчаных грунтов проводится для выделения их *разновидностей*:

1. Наименование крупнообломочных и песчаных грунтов устанавливается по гранулометрическому составу (табл. 4.1) [8, 11].

Таблица 4.1

#### Разновидности крупнообломочными песчаных грунтов

Разновидность крупнообломочных грунтов и песков	Размер частиц $d$ , мм, более	Содержание частиц, % по массе, более
<b>Крупнообломочные:</b> валунные (с преобладанием неокатанных частиц – глыбовые)	200	50
галечниковые (с неокатанными гранями – щебенистые)	10	То же
гравийные (с неокатанными гранями – дресвяные)	2	»

Таблица 4.1 (окончание)

Разновидность крупнообломочных грунтов и песков	Размер частиц $d$ , мм, более	Содержание частиц, % по массе, более
<b>Пески:</b>		
гравелистые	2	Более 25
крупные	0,50	Более 50
средней крупности	0,25	То же
мелкие	0,10	Не менее 75
пылеватые	0,10	Менее 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.

2. По коэффициенту пористости  $e$  пески подразделяют согласно таблицы 4.2 [8, 11].

Таблица 4.2

**Классификация песчаных грунтов по коэффициенту пористости  $e$**

Разновидность песков	Коэффициент пористости $e$ , д.ед.		
	Пески гравелистые, крупные и средней крупности	Пески мелкие	Пески пылеватые
Плотные	$e \leq 0,55$	$e \leq 0,6$	$e \leq 0,6$
Средней плотности	$0,55 < e \leq 0,7$	$0,6 < e \leq 0,75$	$0,6 < e \leq 0,8$
Рыхлые	$e > 0,7$	$e > 0,75$	$e > 0,8$

3. По коэффициенту водонасыщения  $S_r$  крупнообломочные грунты и пески подразделяют согласно таблицы 4.3 [5].

Таблица 4.3

**Классификация крупнообломочных грунтов и песков по коэффициенту водонасыщения  $S_r$**

Разновидность крупнообломочных грунтов и песков	Коэффициент водонасыщения $S_r$ , д.ед.
Малой степени водонасыщения (маловлажные)	$0 < S_r \leq 0,5$
Средней степени водонасыщения (влажные)	$0,5 < S_r \leq 0,8$
Водонасыщенные	$0,8 < S_r \leq 1,0$

Песчаные грунты, как и крупнообломочные, в большинстве случаев являются надежными основаниями. Пески гравелистые, крупные и средней крупности, имеющие плотную или среднюю плотность сложения, хорошо сопротивляются действию внешней нагрузки, претерпевая при этом незначительные деформации. Рыхлые пески слабо сопротивляются внешним нагрузкам, дают большие деформации (осадки). Обводнение гравелистых, крупных и мелких песков мало сказывается на их прочности, а пылеватые пески могут снижать свою прочность при увеличении влажности.

#### 4.2. Классификация глинистых грунтов

Классификация глинистых грунтов проводится также для выделения их разновидностей:

1. Наименование глинистых грунтов устанавливается в зависимости от числа пластичности  $I_p$ . Различают следующие разновидности глинистых грунтов: *супеси, суглинки и глины* (табл. 4.4) [8, 11].

Таблица 4.4

**Разновидности глинистых грунтов (по числу пластичности)**

Разновидность глинистых грунтов	Число пластичности $I_p$ , %
Супесь	$1 \leq I_p \leq 7$
Суглинок	$7 < I_p \leq 17$
Глина	$I_p > 17$

2. По гранулометрическому (зерновому) составу и числу пластичности  $I_p$  глинистые грунты подразделяют согласно таблице 4.5 [8, 11].

Таблица 4.5

**Разновидности глинистых грунтов (по числу пластичности и содержанию песчаных частиц)**

Разновидность глинистых грунтов	Число пластичности $I_p$ , %	Содержание песчаных частиц (2–0,05 мм), % по массе
<b>Супесь:</b>		
песчаная	1–7	Не менее 50
пылеватая	1–7	Менее 50
<b>Суглинок:</b>		
легкий песчанистый	7–12	Не менее 40
легкий пылеватый	7–12	Менее 40
тяжелый песчанистый	12–17	Не менее 40
тяжелый пылеватый	12–17	Менее 40
<b>Глина:</b>		
легкая песчанистая	17–27	Не менее 40
легкая пылеватая	17–27	Менее 40
тяжелая	более 27	Не регламентируется

*Примечание:* Данные о гранулометрическом (зерновом) составе глинистых грунтов для их классификации используются чаще в дорожном строительстве [13].

3. По показателю текучести  $I_L$  глинистые грунты подразделяют согласно таблице 4.6 [8, 11].

Таблица 4.6

### Классификация глинистых грунтов по показателю текучести

Разновидность глинистых грунтов	Показатель текучести $I_L$ , д.ед.
<b>Супесь:</b>	
твердая	$I_L < 0$
пластичная	$0 \leq I_L \leq 1$
текучая	$I_L > 1$
<b>Суглинки, глины:</b>	
твердые	$I_L < 0$
полутвердые	$0 \leq I_L \leq 0,25$
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	$I_L > 1$

### 4.3. Особые виды грунтов (просадочные, набухающие)

На территории России довольно часто встречаются особые грунты, обладающие специфическими неблагоприятными свойствами. Строительство на таких грунтах сопряжено с целым рядом дополнительных мероприятий, невыполнение которых часто приводит к значительным деформациям зданий, а иногда и к авариям. К особым грунтам относятся лёссовые просадочные, набухающие, засоленные, мерзлые, вечномерзлые, насыпные и другие. Причины появления неблагоприятных свойств в грунтах связаны со снижением прочности структурных связей при определенных условиях. Такими условиями могут быть: дополнительное увлажнение грунтов при



давлении, быстрое нагружение или вибрационные воздействия, повышение температуры грунтов и др. Именно поэтому такие грунты часто называют структурно-неустойчивыми.

Рассмотрим, как оцениваются лёссовые просадочные и набухающие грунты на этапе выбора проектного решения по фундаментам здания (сооружения).

*Лёссовыми просадочными* называются грунты, которые, находясь в напряженном состоянии от действия внешней нагрузки (сооружения) или собственного веса вышележащих слоев, при замачивании испытывают дополнительную осадку. Деформация грунта, обусловленная замачиванием под нагрузкой, при которой происходит коренное, быстро протекающее нарушение структуры грунта называется *просадкой* [14, 15].

Для расчета просадки грунта необходимо знать характеристики просадочности:

**1. Относительна деформация просадочности (относительная просадочность)** грунта  $\varepsilon_{sl}$  – это относительное его сжатие при замачивании (рис. 4.1). Характеристика  $\varepsilon_{sl}$  определяется по формуле:

$$\varepsilon_{sl} = \frac{h_1 - h_2}{h_0}, \quad (4.1)$$

где  $h_1$  – высота образца грунта природной влажности, обжатого без возможности бокового расширения давлением  $p$ , равным 0,2–0,3 МПа;

$h_2$  – высота того же образца после замачивания при сохранении давления  $p$ ;

$h_0$  – высота того же образца грунта природной влажности, обжатого давлением, равным напряжению от собственного веса грунта на рассматриваемой глубине.

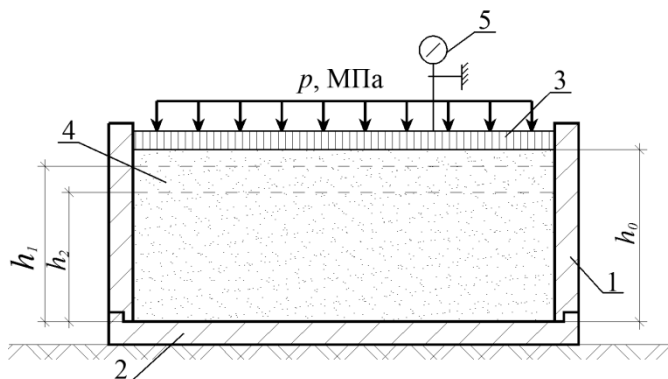


Рис. 4.1. Схема испытания грунта при определении относительной просадочности  $\varepsilon_{sl}$ :

1 – рабочее металлическое кольцо (внутренний диаметр более 71 мм, высотой более 20 мм); 2 – перфорированный штамп, нижний; 3 – то же, верхний; 4 – лёссовый просадочный грунт; 5 – индикатор для измерения вертикальных перемещений грунта

Просадочные грунты в зависимости от величины относительной просадочности  $\varepsilon_{sl}$  подразделяются согласно таблице 4.10 [8, 9].

Таблица 4.10

### Классификация просадочных грунтов

Разновидность глинистых грунтов	Относительная просадочность $\varepsilon_{sl}$ , д.ед.
Непросадочные	$\varepsilon_{sl} \leq 0,01$
Слабопросадочный	$0,01 < \varepsilon_{sl} \leq 0,03$
Среднепросадочный	$0,03 < \varepsilon_{sl} \leq 0,07$
Сильнопросадочный	$0,07 < \varepsilon_{sl} \leq 0,12$
Чрезвычайно просадочный	$\varepsilon_{sl} > 0,12$

Величину относительной просадочности –  $\varepsilon_{sl}$  лёссовых грунтов определяют обычно по схеме «одной кривой» или по схеме «двух кривых» в лабораторных или полевых условиях.

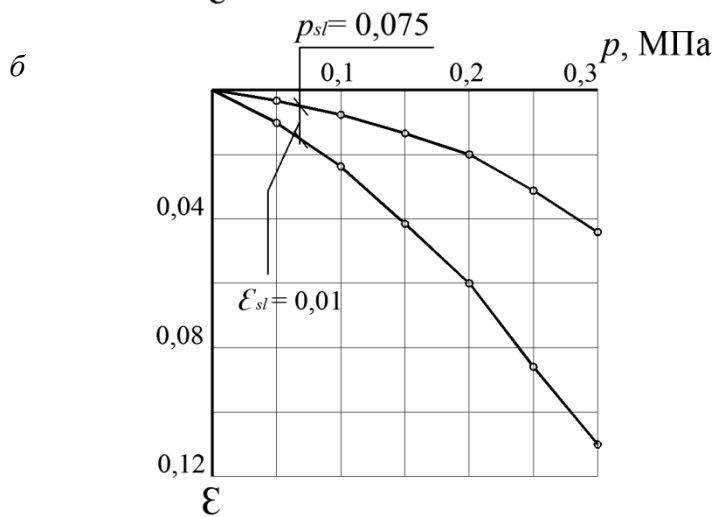
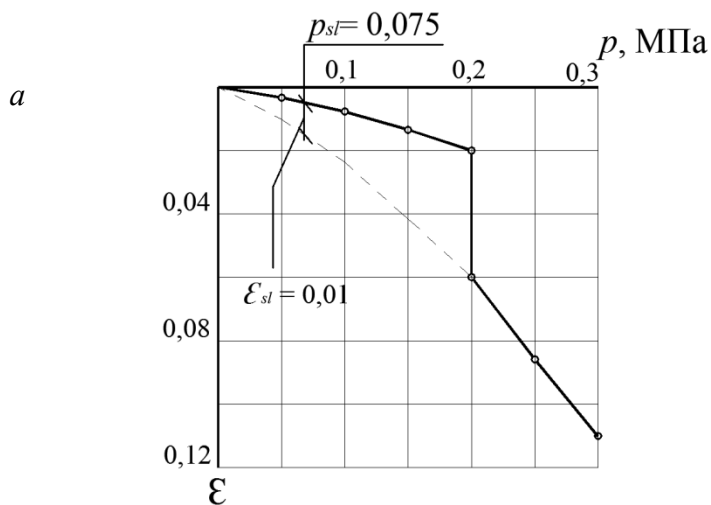


Рис. 4.2. Графики зависимостей относительного сжатия  $\varepsilon$  от давления  $p$  для лёссовых просадочных грунтов: *a* – при испытании по схеме «одной кривой»; *б* – то же, по схеме «двух кривых»

Для этого используют компрессионные приборы и опытные штампы (фундаменты) [5, 6].

При испытании в компрессионных приборах по схеме «одной кривой» образец лёссового грунта нагружается до заданного давления (обычно до 0,05–0,3 МПа). После стабилизации осадки от данной ступени нагружения образец замачивается, и одновременно замеряются вертикальные деформации образца. Замачивание производится до тех пор, пока не наблюдается просадка. Затем осуществляется дальнейшее нагружение образца. На основании проведенного опыта строится график относительного сжатия от давления (рис. 4.2, *а*) и определяется относительная просадочность образца при заданном давлении.

При определении относительной просадочности по схеме «двух кривых» испытывается одновременно в компрессионных приборах два образца-близнеца. Один образец – природной влажности, а другой – предварительно водонасыщенный. Нагружение производится ступенями, обычно по 0,025–0,05 МПа до условной стабилизации осадок. По результатам этих опытов строится два графика изменения относительного сжатия от прикладываемого давления для испытываемых образцов (рис. 4.2, *б*) и определяется относительная просадочность грунта при различном давлении.

Для расчета просадочных деформаций лёссовых оснований необходимо знать относительную просадочность  $\epsilon_{sl}$  при различных давлениях (напряжениях), вызванных нагрузкой от фундамента и веса грунта. С этой целью по результатам исследований грунтов строится график  $\epsilon_{sl} = f(p)$ , позволяющий определять величину относительной просадочности при любом заданном давлении (рис. 4.3).

**2. Начальное просадочное давление  $p_{sl}$**  – это минимальное давление на грунт, при котором проявляются просадочные свойства в условиях его полного водонасыщения. Начальное просадочное давление для большинства лёссовых грунтов из меняется обычно от 40 до 80 кПа. Величина  $p_{sl}$  так-

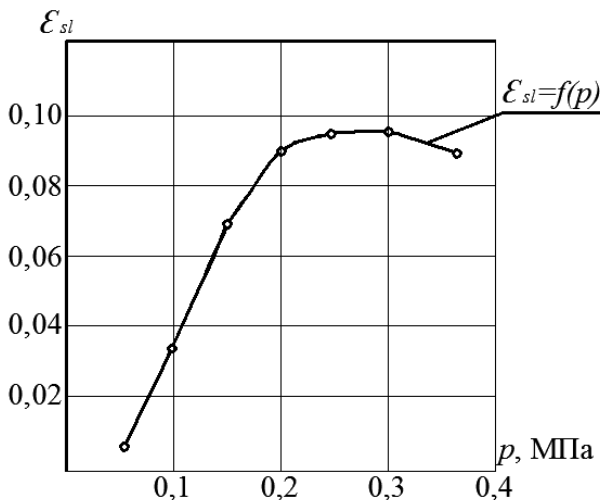


Рис. 4.3. График зависимости относительной просадочности  $\epsilon_{sl}$  от давления  $p$  для лёссовых грунтов

же как и относительная просадочность  $\epsilon_{sl}$ , определяется экспериментально при лабораторных испытаниях в компрессионных приборах или при полевых испытаниях штампами.

При испытании лёссовых грунтов в компрессионных приборах за величину начального просадочного давления  $p_{sl}$  принимается такое давление на образец грунта, при котором относительная просадочность равна 0,01 ( $\epsilon_{sl} = 0,01$ , см. рис. 4.2). При полевых испытаниях штампами (фундаментами) предварительно замоченных лёссовых грунтов за начальное просадочное давление  $p_{sl}$  принимается давление, равное пределу пропорциональной зависимости на графике осадка штампа – нагрузка [5].

Величина ожидаемой просадки  $S_{sl}$  всей просадочной толщи лёссовых грунтов основания от действия собственного веса или от давления, передаваемого фундаментом, определяется по

формуле:

$$S_{sl} = \sum_{i=1}^n \varepsilon_{sl,i} h_i K_{sl,i}, \quad (4.2)$$

где  $n$  – число слоев, на которые разбивается просадочная толща;

$\varepsilon_{sl,i}$  – относительная просадочность, определяемая для каждого  $i$ -го слоя просадочной толщи при действующем в этом слое давлении  $p_i$ ;

$h_i$  – толщина рассматриваемого  $i$ -го слоя грунта;

$K_{sl,i}$  – коэффициент условий работы основания.

Коэффициент условий работы основания  $K_{sl,i}$  представляет собой отношение фактически замеренной просадки к расчетной [5, 14, 16]. Для большинства районов Северного Кавказа при расчете просадки от собственного веса грунта коэффициент  $K_{sl,i} = 0,8-1,3$  [16].

При расчете просадки грунта от нагрузки (давления) фундамента коэффициент условий работы основания  $K_{sl}$  принимается: для фундаментов шириной от 12 м и более  $K_{sl} = 1$ ; для ленточных фундаментов шириной до 3 м и прямоугольных шириной до 5 м включительно, по формуле [5].

$$K_{sl} = 0,5 + 1,5 \frac{(p - p_{sl})}{p_0}, \quad (4.3)$$

где  $p$ ,  $p_{sl}$  – соответственно среднее давление по подошве фундамента и начальное просадочное давление, МПа ( $p_0 = 0,1$  МПа).

Коэффициент  $K_{sl}$  для ленточных фундаментов шириной более 3 м и прямоугольной более 5 м определяется интерполяцией между значениями  $K_{sl} = 1$  и вычисленными по формуле (4.3) [5].

Если при расчете по формуле (4.3) значение коэффициента

$K_{sl}$  получается меньше единицы, то принимаем  $K_{sl} = 1$ .

Грунтовые условия строительных площадок в зависимости от возможности проявления просадки грунта от его собственного веса подразделяют на два типа [4, 5, 15].

**Первый тип** – это такая толща лёссовых грунтов, в которой просадка от действия собственного веса практически отсутствует или ее величина не превышает 5 см. В таких условиях просадка грунта происходит в основном в пределах деформируемой области фундаментов. И в пределах просадочной толщи напряжение от собственного веса грунта  $\sigma_{zg}$  как правило, меньше начального просадочного давления  $p_{sl}$ , т.е.  $\sigma_{zg} \leq p_{sl}$  (рис. 4.4, а).

**Второй тип** – это толща лёссовых грунтов, в которой наряду с просадкой от давления фундамента возможна просадка от собственного веса грунта и ее величина превышает 5 см (рис. 4.4, б). В таких грунтовых условиях просадка от собственного веса грунта происходит в нижней части просадочной толщи, начиная с глубины, где напряжения от собственного веса грунта  $\sigma_{zg}$  больше начального просадочного давления  $p_{sl}$  ( $\sigma_{zg} > p_{sl}$ ). Просадка же от нагрузки, передаваемой фундаментом, происходит в верхней части основания, в пределах деформируемой области.

**На практике** тип грунтовых условий можно определить следующим образом. В лабораторных или полевых условиях определяются начальное просадочное давление  $p_{sl}$ , относительная просадочность  $\varepsilon_{sl}$  при различном действующем давлении, а также физические свойства грунтов. Затем строится график изменения по глубине основания напряжения от собственного веса  $\sigma_{zg}$  (рис. 4.5). При этом напряжение  $\sigma_{zg}$  должно определяться при полном водонасыщении грунта (коэффициент водонасыщения  $S_r$  более 0,8). На графике находится отметка, соответствующая глубине, где выполняется условие  $\sigma_{zg} \approx p_{sl}$ . (или глубина, где  $\varepsilon_{sl} = 0,01$ ). **К первому типу** по просадочности будут относиться грунты, для которых в ниж-

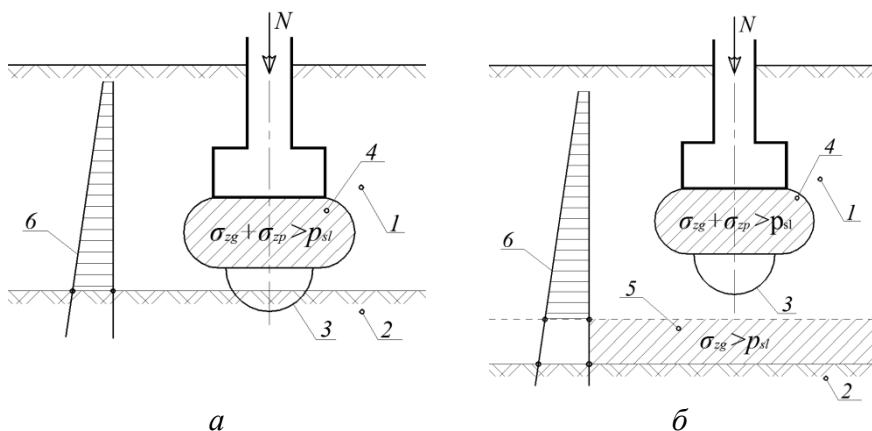


Рис. 4.4. Зоны просадки в грунтовых условиях первого (а) и второго (б) типов по просадочности:

- 1, 2 – соответственно просадочная и непросадочная толщи;  
 3 – деформируемая область под фундаментом; 4 – зона просадки от давления фундамента; 5 – зона просадки от собственного веса грунта; 6 – эпюры напряжений от собственного веса грунта  $\sigma_{zg}$

ней части основания (глубина, где  $\sigma_{zg} > p_{sl}$ ) залегает слой толщиной не более 2 м, и его расчетная просадка от собственного веса не превышает 5 см (рис. 4.5, а). В противном случае грунтовые условия относятся ко второму типу по просадочности (рис. 4.5, б).

**Пример 1.** Определить тип грунтовых условий по просадочности исследуемой площадки строительства. Основание сложено следующими грунтами. С поверхности под растительным слоем толщиной 0,4 м залегает слой лессовидного желтовато-бурого суглинка (слой 1) мощностью 6,6 м. Ниже залегает слой лессовидного макропористого суглинка буровато-коричневого цвета (слой 2) мощностью 9,0 м. На глубине 16 м от поверхности находится мелкий галечник с песчаным заполнителем. Необходимые исходные данные о свойствах грунтов приведены в таблице 4.7 и 4.8.



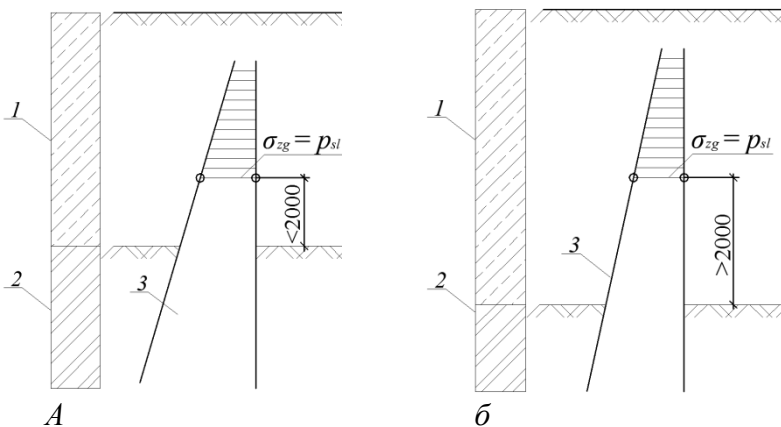


Рис. 4.5. Графики для определения типа грунтовых условий по просадочности для первого (а) и второго (б) типов:  
 1, 2 – соответственно просадочный и непросадочный грунт;  
 3 – эпюра напряжения от собственного веса грунта  $\sigma_{zg}$

Таблица 4.7

**Данные лабораторных исследований свойств просадочных грунтов**

Грунт	Толщина слоя, м	$\rho_s$ , т/м <sup>3</sup>	$\rho$ , т/м <sup>3</sup>	$\rho_d$ , т/м <sup>3</sup>	$W$ , д.ед.	$W_L$ , д.ед.	$W_P$ , д.ед.	$p_{sl}$ кПа
Суглинок желтовато-бурый, макропористый (слой 1)	6,6	2,72	1,62	1,79	0,116	0,27	0,17	85
Суглинок буровато-коричневый, макропористый (слой 2)	9,0	2,70	1,68	1,80	0,125	0,28	0,16	90

**Решение.** Для определения типа грунтовых условий рассматриваемой площадки строим график изменения напряжения  $\sigma_{zg}$  по глубине просадочной толщи с учетом ее геологического строения (рис. 4.6).

$$Z = 2,0 \text{ м, } \sigma_{zg} = 10 \cdot 1,79 \cdot 2,0 = 36 \text{ кПа (3,6 тс/м}^2\text{);}$$

$$Z = 5,0 \text{ м, } \sigma_{zg} = 10 \cdot 1,79 \cdot 5,0 = 90 \text{ кПа (9,0 тс/м}^2\text{);}$$

$$Z = 7,0 \text{ м, } \sigma_{zg} = 10 \cdot 1,79 \cdot 7,0 = 125 \text{ кПа (12,5 тс/м}^2\text{);}$$

$$Z = 16,0 \text{ м, } \sigma_{zg} = 10 \cdot 1,8 \cdot 9,0 + 125 = 287 \text{ кПа (28,7 тс/м}^2\text{);}$$

где  $g = 10$  – коэффициент перевода 1 тс/м<sup>2</sup> в килопаскаля.

Таблица 4.8

**Результаты исследований относительной просадочности при различном давлении на образцы грунта**

Грунт	Относительная просадочность $\varepsilon_{sl}$ при давлении $p$ , кПа					
	20	60	100	140	200	250
Суглинок макропористый, желтовато-бурый (слой 1)	0,000	0,032	0,065	0,090	0,120	0,130
Суглинок макропористый, буровато-коричневый (слой 2)	0,000	0,011	0,024	0,043	0,070	0,075

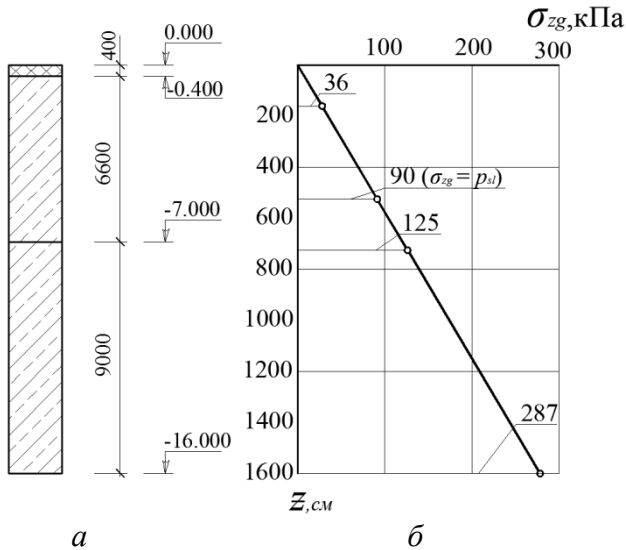


Рис. 4.6. Схема к определению типа грунтовых условий по просадочности (пример 1):  
 а – геологический профиль; б – распределение напряжений от собственного веса грунта  $\sigma_{zg}$

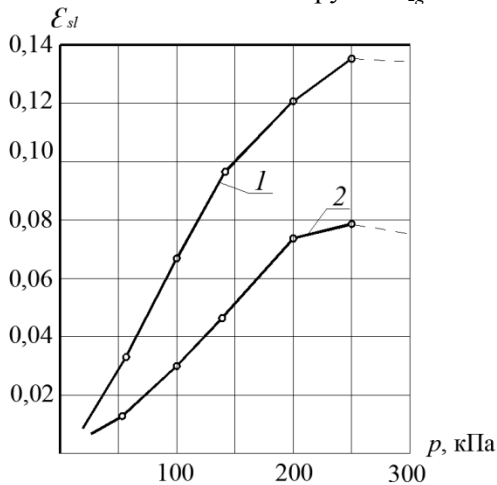


Рис. 4.7. График изменения  $\epsilon_{sl} = f(p)$  (пример 1):  
 1, 2 – соответственно для первого и второго слоев грунта

На графике (рис. 4.6) находим глубину, где выполняется условие  $\sigma_{zg} \approx p_{sl}$ . Данное условие выполняется на глубине  $Z = 5,0$  м, где  $90$  кПа  $\approx 85$  кПа.

Для определения просадки от собственного веса грунта просадочную толщу условно разделяем на слои толщиной  $2,0$  м (рис. 4.6, б) и вычисляем напряжения  $\sigma_{zg}$  в середине каждого слоя. Значения относительной просадочности  $\varepsilon_{sl}$  при действующем напряжении в середине рассматриваемого слоя устанавливаем с помощью предварительно построенного графика  $\varepsilon_{sl} = f(p)$  (рис. 4.7) или интерполяций. Все результаты данных вычислений приведены в таблице 4.9.

Таблица 4.9

**Относительная просадочность при действующем напряжении от собственного веса грунта**

Грунты	Глубина до середины рассматриваемого слоя, м	Напряжение в середине рассматриваемого слоя, кПа	Относительная просадочность $\varepsilon_{sl}$ при действующем напряжении $\sigma_{zg}$
Слой 1	3,0	54	0,03
	5,0	90	0,06
	7,0	125	0,082
Слой 2	9,0	161	0,06
	11,0	197	0,07
	13,0	233	0,072
	15,0	269	0,075

Ожидаемая просадка от действия собственного веса грунта  $S_{sl}$  (см) в пределах просадочной толщи (начиная с глубины  $Z = 5,0$  м):

$$S_{sl} = \sum_{i=1}^n \varepsilon_{sl,i} h_i K_{sl,i} = \frac{0,06 + 0,065}{2} \cdot 100 \cdot 1 + (0,082 +$$

$$+0,06 + 0,07 + 0,072 + 0,075) \cdot 200 \cdot 1 = 6,3 + 71,8 = 78,1 \gg 5.$$

Таким образом, установлено, что в пределах глубины, где  $\sigma_{zg} > p_{se}$ , залегает слой лёссового макропористого грунта мощностью более 2,0 м ( $Z = 11,0$  м), и просадка данного слоя от нагрузки, вызванной собственным весом грунта, более 5 см ( $S_{sl} = 78,1$  см). Следовательно, грунтовые условия рассматриваемой площадки относятся ко второму типу по просадочности.

В целом, вероятность просадочности может проявляться у лёссовых макропористых глинистых грунтов с коэффициентом водонасыщения  $S_r \leq 0,8$  и относительной просадочностью  $\epsilon_{sl} \geq 0,01$  [1, 5, 10].

Для предварительной оценки грунтовых условий строительства к **просадочным** относят грунты, у которых коэффициент водонасыщения  $S_r \leq 0,8$  и показатель  $I_{ss}$  меньше значений, приведенных в таблице 4.10 [5].

Показатель  $I_{ss}$  определяется по формуле:

$$I_{ss} = \frac{e_L - e}{1 + e}, \quad (4.4)$$

где  $e$  – коэффициент пористости грунта природного сложения и влажности;

$e_L$  – коэффициент пористости грунта, соответствующий влажности на границе текучести  $W_L$  и определяемый по формуле:

$$e_L = \frac{W_L - \rho_s}{\rho_w}, \quad (4.5)$$

где  $\rho_s, \rho_w$  – обозначения те же, что и в формуле (2.3).

Значения показателя  $I_{SS}$ 

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

**Набухающими** называются грунты, которые при замачивании увеличиваются в объеме – набухают. При последующем понижении влажности у набухающих грунтов происходит обратный процесс – усадка. К набухающим относятся глинистые грунты со значительным содержанием гидрофильных глинистых минералов (монтмориллонит, каолинит, гидрослюда) и малой влажностью в природном состоянии ( $W < W_p$ ) [1,5].

Для расчета подъема грунтового основания при набухании и его осадки при высыхании (усадки) необходимо знать характеристики набухания:

**1. Относительная деформация набухания (относительное набухание)** грунта  $\varepsilon_{sw}$  – это относительный подъем грунта в результате его замачивания без нагрузки (в условиях свободного набухания) или при обжатии заданным вертикальным давлением  $p$ . Характеристика относительного набухания  $\varepsilon_{sw}$  определяется по результатам испытаний образцов грунта в компрессионном приборе (рис. 4.8):

$$\varepsilon_{sw} = \frac{h_1 - h}{h}, \quad (4.6)$$

где  $h$  – высота образца грунта природного сложения, обжатого без возможности его бокового расширения давлением  $p$ ;

$h_1$  – то же, после замачивания и набухания образца.

Чаще для определения характеристики  $\varepsilon_{sw}$  используется метод «одной кривой» [5]. Он заключается в том, что образец грунта природной влажности нагружается давлением  $p$ , после чего производят замачивание образца, измеряется величина абсолютного набухания и устанавливается расчетное относительное набухание (участки  $ab$  или  $cd$  на рис. 4.8). Относительное набухание  $\varepsilon_{sw}$  может определяться при свободном на-

бухания (при  $p = 0$ , рис. 4.8), а также при различных уплотняющих давлениях  $p$ . Если величина относительного набухания  $\epsilon_{sw}$  без нагрузки (при свободном набухании) будет меньше или равна 0,04 ( $\epsilon_{sw} \leq 0,04$ ), то грунт считается ненабухающим.

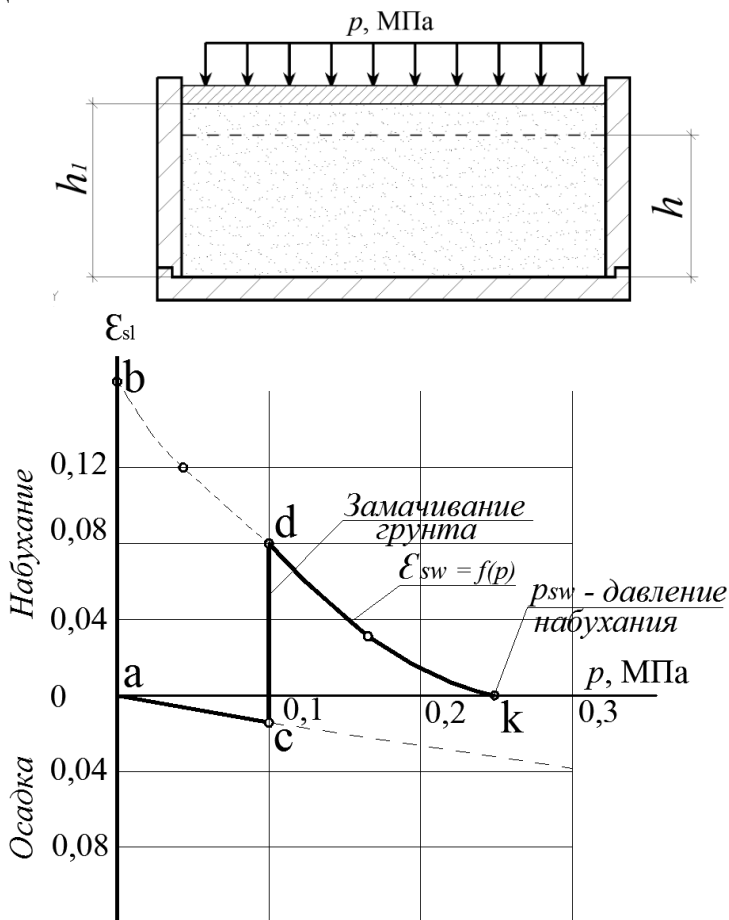


Рис. 4.8. Схема испытания грунта в компрессионном приборе для определения характеристики относительного набухания  $\epsilon_{sw}$  (а) и график зависимости относительного набухания  $\epsilon_{sw}$  при вертикальном давлении  $p$  (б)

Набухающие грунты в зависимости от величины относительного набухания  $\varepsilon_{sw}$  грунта подразделяются согласно таблице 4.11 [8, 9].

Таблица 4.11

**Классификация набухания грунтов  
при замачивании без нагрузки**

Разновидность глинистых грунтов	Относительное набухание без нагрузки $\varepsilon_{sw}$ , д.ед.
Ненабухающие	Менее 0,04
Слабонабухающие	$0,04 < \varepsilon_{sw} \leq 0,08$
Средненабухающие	$0,08 < \varepsilon_{sw} \leq 0,12$
Сильнонабухающие	Более 0,12

**2. Давление набухания  $p_{sw}$**  – это минимальное давление на грунт (без возможности бокового расширения), при котором прекращаются набухающие свойства в условиях его полного водонасыщения.

Давление набухания  $p_{sw}$  чаще устанавливается по результатам компрессионных испытаний и принимается равным значению точке на кривой  $\varepsilon_{sw} = f(p)$ , где эта кривая пересекается с осью давления  $p$  (рис. 4.8, б).

**3. Влажность набухания  $W_{sw}$**  – это влажность грунта после завершения его набухания в условиях, исключающих возможность бокового расширения, при отсутствии внешней нагрузки ( $W_{sw}$ ) или при обжатии заданным вертикальным давлением  $p$  ( $W_{sw}$ ).

**4. Относительная усадка** – это относительное изменение размеров, объема образцов грунта в результате его высыхания. Относительная усадка определяется по высоте (относительная линейная усадка  $\varepsilon_{sh}$ ), диаметру (относительная поперечная усадка  $\varepsilon_{sd}$ ) и объему (относительная объемная усадка  $\varepsilon_{sv}$ ) образца грунта, используя формулы [11].



$$\varepsilon_{sh} = \frac{h - h_h}{h}, \quad (4.7)$$

$$\varepsilon_{sd} = \frac{d - d_d}{d}, \quad (4.8)$$

$$\varepsilon_{sv} = \frac{v - v_v}{v}, \quad (4.9)$$

где  $h$ ,  $d$ ,  $v$  и  $h_h$ ,  $d_d$ ,  $v_v$  – начальные и конечные значения высоты, диаметра и объема образцов грунта.

Влажность на пределе усадки грунта  $W_{sh}$  соответствует влажности  $W$  в точке перегиба кривой графика зависимости изменения объема образца грунта от влажности  $v = f(w)$  при высыхании грунта (рис. 4.9).

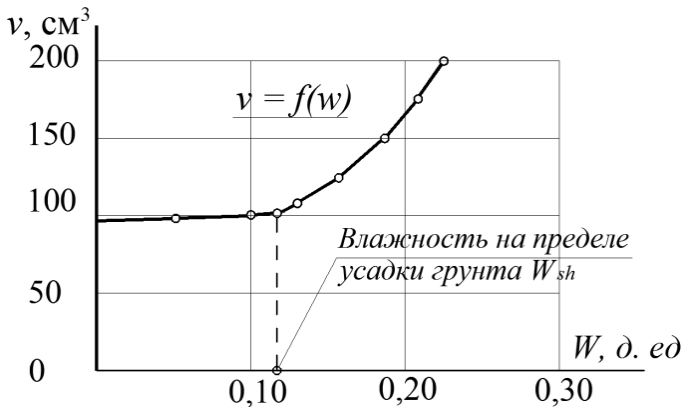


Рис. 4.9. График изменений объема образца грунта  $v$  от влажности  $W$

**Величина ожидаемого подъема** основания при набухании грунта в случае его замачивания определяется по формуле [2, 11].

$$h_{sw} = \sum_{i=1}^n \varepsilon_{sw,i} h_i K_{sw,i}, \quad (4.10)$$

где  $n$  – число слоев грунта, на которые разбивается набухающая толща;

$\varepsilon_{sw,i}$  – относительное набухание  $i$ -го слоя грунта, определяемое для всей набухающей толщи при действующем в этом слое давлении  $p_i$ ;

$h_i$  – толщина рассматриваемого  $i$ -го слоя грунта;

$K_{sw,i}$  – коэффициент, принимаемый:  $K_{sw} = 0,8$  при суммарном давлении в середине рассматриваемого слоя  $\sigma_{z,tot} = 0,05$  МПа;  $K_{sw} = 0,6$  при  $\sigma_{z,tot} = 0,3$  МПа; при промежуточных значениях  $\sigma_{z,tot}$  значения  $K_{sw}$  устанавливаются по интерполяции.

**Величина ожидаемой осадки** основания в результате высыхания набухающего грунта (*усадки грунта*) определяется по формуле:

$$S_{sh} = \sum_{i=1}^n \varepsilon_{sh} h_i K_{sh}, \quad (4.11)$$

где  $n$  – число слоев грунта, на которые разбивается набухающая толща;

$\varepsilon_{sh,i}$  – относительная линейная усадка  $i$ -го слоя грунта, определяемая по (4.7);

$K_{sh}$  – коэффициент, принимаемый равным 1,3 [1, 5, 9].

Нижняя зона усадки  $H_{sh}$  набухающего грунта определяется экспериментально, а при отсутствии опытных данных принимается равной 5 м [5].

Если расчетные данные по подъему основания при набухании  $h_{sw}$  и по его осадке (усадке) при высыхании  $S_{sh}$  превышают предельные значения  $S_u$ , то применяют различные мероприятия, исключающие (или уменьшающие) деформации, вызванные набуханием или высыханием грунтов.

**Для предварительной оценки** грунтовых условий строительства к набухающим от замачивания относят глинистые

грунты, у которых значение показателя  $I_{ss}$ , определенного по формуле (4.4), более  $I_{ss} \geq 0,3$ .

Показатель  $I_{ss}$  не может служить окончательным обоснованием при назначении дополнительных строительных мероприятий для зданий (сооружений), возводимых на просадочных и набухающих грунтах [9].

Глинистые грунты (супеси, суглинки, глины), не обладающие специфическими (неблагоприятными) свойствами обычно являются надежными основаниями, если они находятся в твердом и полутвердом состоянии. Если же глинистые грунты будут испытывать воздействия, которые снижают прочность структурных связей (увлажнение, нагревание, оттаивание, динамическое нагружение и др.), то надежность основания может быть обеспечена только после тщательной оценке их несущей способности. Глинистые грунты, обладающие специфическими свойствами (просадочные, набухающие), требуют при строительстве специальных мероприятий, исключающих появление неравномерных деформаций фундаментов и других строительных конструкций зданий.

#### **4.4. Оценка сейсмичности строительной площадки с учетом категории грунтов**

При проектировании зданий (сооружений) в сейсмических районах необходимо учитывать вероятность появления землетрясений (сейсмических явлений), которые происходят в результате тектонических разломов и других процессов в земной коре. Очаги землетрясений – **гипоцентры** находятся обычно на большой глубине от поверхности земли (примерно от 10 до 700 км). Место над очагом землетрясения на поверхности земли называют **эпицентром**. От гипоцентра во всех направлениях распространяются упругие колебания земной коры.

Продолжительность землетрясений чаще всего измеряется несколькими секундами, реже минутами. Силу землетрясений оценивают в баллах. В России принята 12-балльная шкала. Строительство зданий (сооружений) разрешается вести только в районах с интенсивностью сейсмических воздействий не более 9 баллов и, как исключение, на площадках с сейсмичностью более 9 баллов. При прогнозируемой силе землетрясений менее 7 баллов основания и здания можно проектировать без учёта сейсмических воздействий [5, 19, 20].

Сейсмичность района строительства в баллах (интенсивность сейсмических воздействий) принимается на основе комплекта карт общего сейсмического районирования территории РФ (ОСР-97). Эти карты состоят из разделов А, В и С (ОСР-97А, ОСР-97В, ОСР-97С). Они приведены в актуализированной редакции СНиП II-7-81\* – Строительство в сейсмических районах (СП 14.13330.2011).

Указанная на картах сейсмичность района относится:

- на карте А – к объектам нормальной (массовое строительство) и пониженной ответственности;
- на картах В и С – к объектам повышенной ответственности (особо опасные, технически сложные или уникальные сооружения).

В актуализированной редакции СНиП II-7-81\* также приводится список населённых пунктов РФ, расположенных в сейсмических районах, с указанием принятой для них сейсмичности района в баллах (соответствующей картам А, В и С).

Для оценки сейсмичности конкретных площадок строительства, в зависимости от их грунтовых и гидрологических условий, проводится *сейсмическое микрорайонирование*, которое является частью инженерно-геологических изысканий и выполняется с соблюдением требований соответствующих нормативных документов.

На площадках строительства, где не проводилось сейсмическое микрорайонирование, допускается определять сейсми-

чность согласно таблице 4.12 в зависимости от сейсмичности района и категории грунта по сейсмическим свойствам [2, 19].

Таблица 4.12

**Оценка сейсмичности площадки строительства**

Категория грунта по сейсмическим свойствам	Сейсмичность площадки строительства при сейсмичности района, баллы		
	7	8	9
I	6	7	8
II	7	8	9
III	8	9	Более 9

К первой категории относятся:

Скальные грунты всех видов (в том числе вечномёрзлые и вечномёрзлые оттаявшие) неветрелые и слабоветрелые: крупнообломочные грунты плотные маловлажные из магматических пород, содержащие до 30% песчано-глинистого заполнителя: ветрелые и сильноветрелые скальные и не-скальные твердомерзлые (вечномёрзлые) грунты при температуре минус 2°C и ниже при строительстве и эксплуатации по принципу I (сохранение грунтов основания в мерзлом состоянии).

Ко второй категории относятся:

Скальные грунты ветрелые и сильноветрелые, в том числе вечномёрзлые, кроме отнесенных к категории I; крупнообломочные грунты, содержащие более 30% песчано-глинистого заполнителя с преобладанием контактов между обломками; пески гравелистые, крупные и средней крупности плотные и средней плотности маловлажные и влажные; пески мелкие и пылеватые плотные и средней плотности маловлажные; глинистые грунты с показателями консистенции  $I_L \leq 0,5$ ; при коэффициенте пористости  $e < 0,9$  для глин и суглинков и  $e < 0,7$  – для супесей; вечномёрзлые не-скальные грунты пла-

стичномерзлые и сыпучемерзлые, а также твердомерзлые при температуре выше минус 2°С при строительстве и эксплуатации по принципу I.

К третьей категории относятся:

Пески рыхлые независимо от влажности и крупности; пески гравелистые, крупные и средней крупности плотные и средней плотности водонасыщенные; пески мелкие и пылеватые плотные и средней плотности влажные и водонасыщенные; глинистые грунты с показателем консистенции  $I_L > 0,5$ ; глинистые грунты с показателем консистенции  $I_L \leq 0,5$  при коэффициенте пористости  $e \geq 0,9$  для глин и суглинков и  $e \geq 0,7$  – для супесей; вечномерзлые нескальные грунты при строительстве и эксплуатации по принципу II (допускается оттаивание грунтов основания)

При оценке сейсмичности конкретных площадок строительства необходимо учитывать следующее:

1. При расхождении оценок категории грунтов по сейсмическим свойствам на основе литологических признаков и по скоростным характеристикам сейсмических волн категорию грунтов следует относить к более неблагоприятной.

2. Пылевато-глинистые грунты (в том числе просадочные) при коэффициенте пористости  $e \geq 0,9$  – для глин и суглинков и  $e \geq 0,7$  – для супесей могут быть отнесены ко II категории по сейсмическим свойствам, если нормативное значение их модуля деформации  $E \geq 15,0$  МПа, а при эксплуатации сооружений будут обеспечены условия неподтопления грунтов основания.

3. Отнесение площадки к категории I грунтов по сейсмическим свойствам допускается при мощности слоя, соответствующего категории I, более 30 м от планировочной отметки.

4. В случае неоднородного состава грунты относят к более неблагоприятной категории по сейсмическим свойствам, если в пределах верхней 10-метровой толщи (считая от планировочной отметки) слои, относящиеся к этой категории, имеют суммарную толщину более 5 м.

5. При прогнозировании подъема уровня грунтовых вод и обводнения грунтов (в том числе просадочных) в процессе эксплуатации здания и сооружения категории грунтов следует определять в зависимости от свойств грунта (влажности, консистенции) в замоченном состоянии.

6. При строительстве на вечномерзлых нескальных грунтах по принципу II, если зона оттаивания распространяется до подстилающего талого грунта, грунты основания следует рассматривать по фактическому состоянию их после оттаивания.

7. Для объектов повышенного уровня ответственности зданий и сооружений, строящихся в районах с сейсмичностью 6 баллов на площадках строительства с грунтами категория I и II по сейсмическим свойствам, расчетную сейсмичность следует принимать равной 7 баллам.

8. Глинистые и песчаные грунты при расположении уровня грунтовых вод на глубине менее 5 м (считая от планировочной отметки) и отсутствии данных об их физических характеристиках следует относить к категории III по сейсмическим свойствам.

Таким образом, общая оценка сейсмичности строительной площадки на этапе проектирования может уточняться с учетом категории грунтов.

#### ***Вопросы для самопроверки по разделу 4:***

- 1. В зависимости от каких параметров устанавливается наименование разновидности крупнообломочных песчаных грунтов?*
- 2. Какие бывают разновидности песчаных грунтов в зависимости от коэффициента пористости?*
- 3. Как классифицируются крупнообломочные и песчаные грунты по коэффициенту водонасыщения?*
- 4. Как устанавливается наименование глинистых грунтов по числу пластичности?*
- 5. Как устанавливается разновидность глинистых грунтов по числу пластичности и содержанию песчаных частиц?*

6. Назовите разновидности глинистых грунтов, которые выделяются по показателю текучести.
7. Какие грунты относятся к глинистым набухающим?
8. Какие грунты относятся лёссовым просадочным?
9. Перечислите особые виды грунтов, обладающие специфическими неблагоприятными свойствами.
10. Могут ли лёссовые просадочные грунты использоваться в качестве естественного основания сооружения?
11. При каких условиях могут использоваться набухающие грунты в качестве основания зданий и сооружений?
12. Назовите характеристики просадочности и методы их определения.
13. Назовите характеристики набухания и методы их определения.
14. Как классифицируются лёссовые просадочные грунты в зависимости от характеристики относительной просадочности?
15. Как классифицируются набухающие грунты в зависимости от характеристики относительного набухания?
16. Каким методом можно установить ожидаемую просадку лёссового грунта от его собственного веса?
17. Какие бывают типы грунтовых условий по просадочности?
18. Какие грунтовые условия относятся к первому типу по просадочности?
19. Какие грунтовые условия относятся ко второму типу по просадочности?
20. Как устанавливается в России сейсмичность района строительства?
21. Что такое сейсмическое микрорайонирование и для чего оно используется?



## 5. СВЯЗЬ ФИЗИЧЕСКИХ И МЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ГРУНТОВ

Физические характеристики грунтов (см. раздел 2) определяются экспериментально (основные характеристики) и расчётом (дополнительные характеристики). Механические характеристики грунтов (см. раздел 3) устанавливаются экспериментально. В простейших случаях допускается определять значения механических характеристик грунтов (прочностных и деформационных) по данным их физических свойств [5].

*Таблица 5.1*

**Нормативные значения удельного сцепления  $c_n$ , угла внутреннего трения  $\varphi_n$  и модуля деформации  $E$  песков четвертичных отложений (данные СП 22.13330.2011)**

Виды песчаного грунта	Характеристики	Характеристики грунтов при коэффициенте пористости $e$ , равном			
		0,45	0,55	0,65	0,75
Гравелистые и крупные	$c$ , кПа	2	1	—	—
	$\varphi$ , град	43	40	38	—
	$E$ , МПа	50	40	30	—
Средней крупности	$c$ , кПа	3	2	1	—
	$\varphi$ , град	40	38	35	—
	$E$ , МПа	50	40	30	—
Мелкие	$c$ , кПа	6	4	2	—
	$\varphi$ , град	38	36	32	28
	$E$ , МПа	48	38	28	18
Пылеватые	$c$ , кПа	8	6	4	2
	$\varphi$ , град	36	34	30	26
	$E$ , МПа	39	28	18	11

Таблица 5.2

**Нормативные значения удельного сцепления  $c_n$ , угла внутреннего трения  $\varphi_n$ , глинистых нелёссовых грунтов четвертичных отложений (данные СП 22.13330.2011)**

Наименование грунтов и пределы нормативных значений их показателя текучести		Обозначения характеристик грунтов	Характеристики грунтов при коэффициенте пористости $e$ , равном						
			0,45	0,55	0,65	0,75	0,85	0,95	1,05
Супеси	$0 \leq I_L \leq 0,25$	$c$ , кПа	21	17	15	13	–	–	–
		$\varphi$ , град	30	29	27	24	–	–	–
	$0,25 < I_L \leq 0,75$	$c$ , кПа	19	15	13	11	9	–	–
		$\varphi$ , град	28	26	24	21	18	–	–
Суглинки	$0 \leq I_L \leq 0,25$	$c$ , кПа	47	37	31	25	22	19	–
		$\varphi$ , град	26	25	24	23	22	20	–
	$0,25 < I_L \leq 0,5$	$c$ , кПа	39	34	28	23	18	15	–
		$\varphi$ , град	24	23	22	21	19	17	–
	$0,5 < I_L \leq 0,75$	$c$ , кПа	–	–	25	20	16	14	12
		$\varphi$ , град	–	–	19	18	16	14	12
Глины	$0 \leq I_L \leq 0,25$	$c$ , кПа	–	81	68	54	47	41	36
		$\varphi$ , град	–	21	20	19	18	16	14
	$0,25 < I_L \leq 0,5$	$c$ , кПа	–	–	57	50	43	37	32
		$\varphi$ , град	–	–	18	17	16	14	11
	$0,5 < I_L \leq 0,75$	$c$ , кПа	–	–	45	41	36	33	29
		$\varphi$ , град	–	–	15	14	12	10	7

Таблица 5.3

**Нормативные значения модуля деформации  $E$ , МПа, глинистых нелёссовых грунтов**

Происхождение и возраст грунтов		Наименование грунтов и пределы нормативных значений их показателя текучести $I_L$		Модуль деформации грунтов $E$ , МПа, при коэффициенте пористости $e$ , равном										
				0,35	0,45	0,55	0,65	0,75	0,85	0,95	1,05	1,2	1,4	1,6
Четвер- вер- тичные отло- жения	Аллю- виаль- ные, делюви- альные, озерные, озерно- аллюви- альные	Супе- си	$0 < I_L \leq 0,75$	–	32	24	16	10	7	–	–	–	–	–
		Суг- линки	$0 < I_L \leq 0,25$	–	34	27	22	17	14	11	–	–	–	–
			$0,25 < I_L \leq 0,5$	–	32	25	19	14	11	8	–	–	–	–
	Глины	$0,5 < I_L \leq 0,75$	–	–	–	17	12	8	6	5	–	–	–	–
		$0 \leq I_L \leq 0,25$	–	–	28	24	21	18	15	12	–	–	–	–
		$0,25 < I_L \leq 0,5$	–	–	–	21	18	15	12	9	–	–	–	–
			$0,5 < I_L \leq 0,75$	–	–	–	–	15	12	9	7	–	–	–

Таблица 5.3 (продолжение)

Происхождение и возраст грунтов		Наименование грунтов и пределы нормативных значений их показателя текучести $I_L$		Модуль деформации грунтов $E$ , МПа, при коэффициенте пористости $e$ , равном										
				0,35	0,45	0,55	0,65	0,75	0,85	0,95	1,05	1,2	1,4	1,6
Четвертичные отложения	Флювиогляциальные	Супеси	$0 \leq I_L \leq 0,75$	–	33	24	17	11	7	–	–	–	–	–
		Суглинки	$0 \leq I_L \leq 0,25$	–	40	33	27	21	–	–	–	–	–	–
	$0,25 < I_L \leq 0,5$		–	35	28	22	17	14	–	–	–	–	–	
		$0,5 < I_L \leq 0,75$	–	–	–	17	13	10	7	–	–	–	–	
	Моренные	Супеси Суглинки	$I_L \leq 0,5$	60	50	40	–	–	–	–	–	–	–	
Юрские отложения оксфордского яруса		Глины	$-0,25 \leq I_L \leq 0$	–	–	–	–	–	–	27	25	22	–	–
			$0 < I_L \leq 0,25$	–	–	–	–	–	–	24	22	19	15	–
			$0,25 < I_L \leq 0,5$	–	–	–	–	–	–	–	–	–	16	12

Основываясь на обобщении огромного количества испытаний, СП 22.13330.2011 [4] допускает (при отсутствии необходимых данных) **для предварительных расчетов оснований**, а также для расчётов оснований сооружений II и III классов ответственности определять нормативные значения модуля деформации  $E$  (МПа), угла внутреннего трения  $\varphi_n$  (град) и удельного сцепления  $c_n$  (МПа) по физическим характеристикам. В таблицах 5.1, 5.2, 5.3 приводятся нормативные значения прочностных и деформационных характеристик некоторых разновидностей грунтов (СП 22.13330.2011 [4]), данные которых рекомендуется использовать при оценке грунтовых условий строительства.

#### ***Вопросы для самопроверки по разделу 5:***

- 1. Назовите физические характеристики грунтов, которые устанавливаются экспериментальным расчетом.*
- 2. Назовите механические характеристики грунтов, которые устанавливаются экспериментально.*
- 3. В каких случаях допускается определить значения механических характеристик грунтов по данным их физических свойств?*
- 4. В каких документах приводятся данные о нормативных значениях прочностных и деформационных характеристик грунтов, используемые для расчетов оснований зданий, сооружений?*

## 6. ОЦЕНКА ГРУНТОВЫХ УСЛОВИЙ ПЛОЩАДКИ СТРОИТЕЛЬСТВА

### 6.1. Общие сведения

Проектирование оснований и фундаментов начинается с изучения грунтовых условий площадки строительства. Оценка грунтовых условий производится по инженерно-геологическим разрезам, инженерно-геологическим колонкам, данным о физико-механических свойствах грунтов и гидро-геологическим условиям площадки строительства, которые приводятся в отчетах (заключениях) по инженерно-геологическим изысканиям. От качества и полноты материалов изысканий во многом зависят надежность и экономичность принимаемых в проекте решений по основаниям и фундаментам зданий (сооружений).

При оценке грунтовых условий все грунты в основании фундаментов 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 с расчетным сопротивлением грунта основания  $R_o > 200$  кПа, модулем деформации  $E > 5$  МПа.

К **слабым** относятся грунты, которые дают под нагрузкой значительные деформации (осадки) и не могут служить основанием сооружений без предварительных мероприятий: рыхлые пески; текучепластичные и текучие глинистые грунты, а также водонасыщенные глинистые грунты, у которых расчетное сопротивление грунта основания  $R_o < 150$  кПа, модуль деформации  $E \leq 5$  МПа [15, 17].

По условиям напластования основания обычно подразделяются на **однородные и слоистые**.

**Однородным** называют основание, сжимаемая толща которого включает только один слой грунта, **слоистым** – несколько слоев грунта. Слоистые основания бывают с *согласным* и *несогласным* залеганием. **Согласное залегание** – это такое залегание грунтов в основании, при котором простирающиеся отдельные слои грунта близко к горизонтальному; **несогласное залегание** – слои грунта в основании залегают невыдержанно, имеют наклон, выклинивание и пр. [18].

Слой грунта, на который опирается фундамент, называется **несущим**, а слои грунта, расположенные ниже несущего слоя – **подстилающими** [11, 17].

Размеры подошвы фундаментов зданий (сооружений), проектируемых на дисперсных (нескальных) грунтах, обычно назначают, используя характеристику расчетного сопротивления грунта основания  $R$ , кПа. **Расчетное сопротивление грунта основания  $R$** , кПа – это такое безопасное давление на грунт, при котором сохраняется линейная зависимость между осадкой  $S$  и давлением  $p$  на графике  $S = f(p)$ . Характеристика  $R$  вычисляется по формуле (5.7) СП 22.13330.2011 [4]. Предварительные размеры подошвы фундамента можно определить с использованием **табличных** значений расчетного сопротивления грунта основания  $R_o$  (табл. 6.1–6.3) [4].

Наиболее надежными основаниями для зданий (сооружений) являются: однородные и слоистые основания с согласным залеганием грунтов. У таких оснований обычно модуль деформации грунтов  $E > 5$  МПа и табличные значения расчетного сопротивления грунта основания  $R_o \geq 200$  кПа. Из слоистых оснований предпочтительнее те, у которых сжимаемость с глубиной уменьшается. Основания, у которых сжимаемость с глубиной увеличивается, менее благоприятны для возведения зданий (сооружений), особенно на сплошных плитах и с различной глубиной заложения фундаментов.

Возможность использования структурно-неустойчивых грунтов в качестве основания устанавливается после дополни-

тельных исследований специфических свойств (просадочных, набухающих, пучинистых и др.) и назначения специальных мероприятий при возведении зданий и сооружений (конструктивных, водозащитных, противопучинистых и др.)

Таблица 6.1

**Расчетные сопротивления  $R_0$  песков**  
(данные СП 22.13330.2011)

Вид песчаного грунта	Значения $R_0$ в зависимости от плотности сложения песков, кПа	
	плотные	средней плотности
Крупные	600	500
Средней крупности	500	400
Мелкие:		
<i>маловлажные</i>		
<i>влажные и</i>	400	300
<i>насыщенные водой</i>	300	200
Пылеватые:		
<i>маловлажные</i>	300	250
<i>влажные</i>	200	150
<i>насыщенные водой</i>	150	100

Полученные данные на стадии инженерно-геологических изысканий используются для оценки грунтовых условий площадок строительства. При проектировании оснований фундаментов зданий, сооружений необходимо получить ответы на следующие вопросы:

- могут ли грунты рассматриваемой строительной площадки служить основанием для фундаментов зданий (сооружений) и какой грунт (инженерно-геологический элемент (ИГЭ)) может быть использован в качестве несущего слоя;



Таблица 6.2

**Расчетные сопротивления  $R_o$   
глинистых (непросадочных) грунтов**  
(данные СП 22.13330.2011)

Вид глинистого грунта	Коэффициент пористости $e$	Значения $R_o$ при показателе текучести грунта, кПа	
		$I_L = 0$	$I_L = 1$
Супеси	0,5	300	300
	0,7	250	200
Суглинки	0,5	300	250
	0,7	250	180
	1,0	200	100
Глины	0,5	600	400
	0,6	500	300
	0,8	300	200
	1,1	250	100

Таблица 6.3

**Расчетные сопротивления  $R_o$  глинистых просадочных грунтов**  
(данные СП 22.13330.2011)

Грунты	Значения $R_o$ грунтов, кПа			
	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	300/150	350/180	200	250
Суглинки	350/180	400/200	250	300

*Примечание.* В числителе приведены значения  $R_o$ , относящиеся к незамоченным просадочным грунтам с коэффициентом водонасыщения  $S_r \leq 0,5$ ; в знаменателе значения  $R_o$ , относящиеся к таким же грунтам с  $S_r \geq 0,8$ ; а также к замоченным просадочным грунтам.

- какие виды фундаментов наиболее предпочтительны в рассматриваемых грунтовых условия (учитывая конструктивные особенности проектируемого здания);

- 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 тип фундамента с точки зрения их надежности и экономичности.

## 6.2. Пример оценки грунтовых условий площадки строительства

Требуется оценить грунтовые условия строительной площадки, на которой будет возводиться жилой дом с подвалом.

**Исходные данные:** схемы расположения выработок грунта (план) и инженерно-геологические колонки, данные о физико-механических характеристиках и показателях грунтов приведены на рис. 6.1 и в таблице 6.4.

**Решение.** В соответствии с классификацией крупнообломочных, песчаных и глинистых грунтов, приведенной в параграфах 4.1 и 4.2, определяем наименование и разновидность дисперсных грунтов, слагающих площадку.

### *Инженерно-геологический элемент № 1 (ИГЭ-1)*

1. Устанавливаем наименование грунта по исходным данным таблицы 6.6. Так как  $W_L = 0$  и  $W_p = 0$  и содержание частиц крупнее 2 мм (1%) менее 25%, наименование грунта – **песок** (см. табл. 4.1).

2. Устанавливаем разновидности грунта по гранулометрическому составу, коэффициенту пористости  $e$  и коэффициенту водонасыщения  $S_r$  (см. табл. 4.1–4.3).

По гранулометрическому составу согласно таблице 4.1 определяется крупность песка по содержанию частиц:

$d > 2 \text{ мм}$	$0+1=1\%$	$< 25\%$
$d > 0,5 \text{ мм}$	$0+1+15=17\%$	$< 50\%$
$d > 0,25 \text{ мм}$	$0+1+1+15+20=37\%$	$< 50\%$
$d > 0,1 \text{ мм}$	$0+1+1+15+20+27=64\%$	$< 75\%$

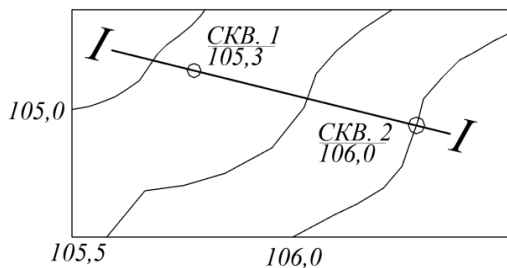


Рис. 6.1. Схема расположения выработок грунта (план)

Таблица 6.4

### Инженерно-геологические колонки по скважине 1

Инженерно-геологический элемент (ИГЭ)	Абсолютная отметка подошвы слоя, м	Глубина подошвы слоя, м	Мощность слоя, м	Условные обозначения грунта	Литологическое описание грунтов
	104,2	1,1	1,1		Насыпной грунт
ИГЭ-1	100,8	4,5	3,4		Песок серый
ИГЭ-2	99,6	5,7	1,2		▼ УПВ
ИГЭ-3	95,2	10,1	4,4		Супесь светло-серая
ИГЭ-4	90,3	15,0	4,9		Глина бурожелтая

Таблица 6.5

**Инженерно-геологические колонки по скважине 2**

Инженерно-геологический элемент (ИГЭ)	Абсолютная отметка подошвы слоя, м	Глубина подошвы слоя, м	Мощность слоя, м	Условные обозначения грунта	Литологическое описание грунтов
	105,1	0,9	0,9		Насыщенный грунт
ИГЭ-1	101,7	4,3	3,4		Песок серый
ИГЭ-2	99,6	6,4	2,1		▼ УПВ
ИГЭ-3	95,2	10,8	4,4		Супесь светло-серая
ИГЭ-4	91,0	15,0	4,2		Глина бурожелтая

Поскольку содержание частиц  $d > 0,1$  мм менее 75%, следовательно, грунт – **песок пылеватый**.

По коэффициенту пористости  $e$  песок классифицируется по плотности сложения. Вначале определяем плотность сухого грунта  $\rho_d$  по формуле (2.1):

$$\rho_d = \frac{\rho}{1 + W} = \frac{1,95}{1 + 0,12} = 1,74 \text{ г/см}^3.$$

Согласно формуле (2.2) коэффициент пористости песка  $e$  равен:

$$e = \frac{\rho_s}{\rho_d} - 1 = \frac{2,69}{1,73} - 1 = 0,54.$$

Таблица 6.6

**Физико-механические характеристики и показатели  
грунтов, установленные при инженерно-геологических  
изысканиях (данные из отчета)**

Показатели		Инженерно-геологические элементы (ИГЭ)			
		ИГЭ-1	ИГЭ-2	ИГЭ-3	ИГЭ-4
Коэффициент сжимаемости, $m_0$ , МПа <sup>-1</sup>		0,06	0,1	0,08	0,05
Удельное сцепление грунта $C$ , кПа		7	17	15	40
Угол внутреннего трения $\phi$ , град.		37	27	26	20
Плотность частиц грунта $\rho_s$ , г/см <sup>3</sup>		2,69	2,72	2,72	2,74
Плотность грунта $\rho$ , г/см <sup>3</sup>		1,95	2,07	2,08	2,01
Влажность на границе раскатывания $W_p$ , %		–	12	15	16
Влажность на границе текучести $W_L$ , %		0	18	22	34
Влажность $W$ , %		2	16	21	19
Содержание частиц размером (мм), %	0,001 – 0,005	2	6	5	19
	0,005 – 0,01	3	15	13	22
	0,01 – 0,05	2	18	15	25
	0,05 – 0,1	9	30	35	18
	0,1 – 0,25	7	21	20	6
	0,25 – 0,5	0	6	4	0,5
	0,5 – 1	5	2	5	0,5
	1 – 2	1	0	0	0
	2 – 5	1	0	0	0
менее 5,0		0	0	0	0

По таблице 4.2 устанавливаем, что пылеватый песок – **плотный**.

По коэффициенту водонасыщения  $S_r$  для песка оценивается степень заполнения пор водой. Согласно формуле (2.3):

$$S_r = \frac{\rho_s \cdot W}{\rho_d \cdot e} = \frac{2,69 \cdot 0,12}{1 \cdot 0,54} = 0,60.$$

Следовательно, песок **средней степени водонасыщения (влажный)** (табл. 4.3).

3. Грунт находится выше уровня подземных вод, поэтому плотность грунта с учетом взвешивающего действия воды  $\rho_{sb}$  не определяем (раздел 2) [1].

4. Вычисляем табличное значение расчетного сопротивления грунта основания  $R_o$  для песчаных грунтов. По таблице 6.1 находим  $R_o$ , значение которого равно  $R_o = 200$  кПа.

5. Определяем модуль деформации грунта  $E$  по формуле (3.1):

$$E = \beta \cdot \frac{1 + e}{m_o} = 0,74 \cdot \frac{1 + 0,54}{0,06} = 18,99 \approx 19,0 \text{ МПа}$$

**Вывод по ИГЭ-1:** рассматриваемый грунт – песок пылеватый, плотный, средней степени водонасыщения с табличным значением расчетного сопротивления грунта основания  $R_o = 200$  кПа и модулем деформации грунта  $E = 19,0$  МПа. По предварительной оценке данный грунт может служить естественным основанием для зданий.

### ***Инженерно-геологический элемент № 2 (ИГЭ-2)***

1. Устанавливаем наименование грунта по исходным данным таблице 6.4. Так как  $W_L \neq 0$  и  $W_p \neq 0$ , грунт – глинистый.

2. Разновидность глинистого грунта определяем по числу пластичности  $I_p$  и по показателю текучести  $I_L$  (см. раздел 2).

По числу пластичности  $I_p$  согласно формуле (2.5) оценивается состояние глинистого грунта:

$$I_p = W_L - W_p = 0,18 - 0,12 = 0,06 \text{ (6\%)},$$

следовательно, грунт – **супесь** (табл. 4.4).

По показателю текучести  $I_L$ , согласно формуле (2.6) оценивается состояние глинистого грунта:

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

следовательно, супесь – **пластичная** (табл. 4.6).

3. Поскольку грунт глинистый, необходимо предварительно установить, обладает ли он просадочными и/или набухающими свойствами. Для этого определяем следующие характеристики:

- плотность сухого грунта  $\rho_d$  по формуле (2.1);

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

- коэффициент пористости  $e$  по формуле (2.2):

$$e = \frac{\rho_s}{\rho_d} - 1 = \frac{2,67}{1,78} - 1 = 0,50;$$

- коэффициент водонасыщения  $S_r$  по формуле (2.3):

$$S_r = \frac{\rho_s * W}{\rho_d * e} = \frac{2,67 * 0,16}{1 * 0,50} = 0,85.$$

Так как коэффициент водонасыщения  $S_r > 0,8$ , то по предварительной оценке данный грунт является *непросадочным*.

• коэффициент пористости грунта при влажности на границе текучести определяем по формуле (4.5):

$$e_L = \frac{W_L \cdot \rho_s}{\rho_w} = \frac{0,18 \cdot 2,67}{1} = 0,48;$$

• показатель  $I_{ss}$  по формуле (4.4):

$$I_{ss} = \frac{e_L - e}{1 + e} = \frac{0,48 - 0,50}{1 + 0,50} = -0,013.$$

Так как показатель  $I_{ss} = -0,013 < 0,3$ , грунт по предварительной оценке является *ненабухающим*.

4. Грунт находится выше уровня подземных вод, поэтому плотность грунта с учетом взвешивающего действия воды  $\rho_{sb}$  не определяем [5].

5. Вычисляем табличное значение расчетного сопротивления грунта основания  $R_o$  для непросадочных глинистых грунтов. По таблице 6.2 находим значение  $R_o$ , которое составляет  $R_o = 300$  кПа.

6. Определяем модуль деформации грунта  $E$  по формуле (3.1):

$$E = \beta \frac{1 + e}{m_o} = 0,74 \cdot \frac{1 + 0,50}{0,1} = 11,1 \text{ МПа}.$$

**Вывод по ИГЭ-2:** рассматриваемый грунт – супесь пластичная непросадочная, ненабухающая с табличным значением расчетного сопротивления грунта основания  $R_o = 300$  кПа и модулем деформации грунта  $E = 11,1$  МПа. По предвари-



тельной оценке данный грунт может служить естественным основанием здания.

### ***Инженерно-геологический элемент № 3 (ИГЭ-3)***

1. Устанавливаем наименование грунта по исходным данным таблицы 6.4. Так как  $W_L \neq 0$  и  $W_p \neq 0$ , грунт – глинистый.

2. Разновидность глинистого грунта определяем по числу пластичности  $I_p$  и по показателю текучести  $I_L$  (см. раздел 2).

По числу пластичности  $I_p$ , согласно формуле (2.5):

$$I_p = W_L - W_p = 0,21 - 0,15 = 0,06 (6\%),$$

следовательно, грунт – **супесь** (табл. 4.4).

По показателю текучести  $I_L$ , согласно формуле (2.6) оценивается состояние супеси:

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

следовательно, супесь – **текучая** (табл. 4.6).

3. Поскольку грунт глинистый, необходимо предварительно установить, обладает ли он набухающими и/или просадочными свойствами. Для этого определяем следующие характеристики:

- плотность сухого грунта  $\rho_d$  по формуле (2.1):

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

- коэффициент пористости  $e$  по формуле (2.2):

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

- коэффициент водонасыщения  $S_r$  по формуле (2.3)

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

Так как коэффициент водонасыщения  $S_r > 0,8$ , то по предварительной оценке данный грунт является *непросадочным*.

- коэффициент пористости грунта при влажности на границе текучести определяем по формуле (4.5):

$$e_L = \frac{W_L \cdot \rho_s}{\rho_w} = \frac{0,22 * 2,72}{1} = 0,59;$$

- показатель  $I_{ss}$  по формуле (4.4):

$$I_{ss} = \frac{e_L - e}{1 + e} = \frac{0,59 - 0,58}{1 + 0,58} = 0,006.$$

Так как показатель  $I_{ss} = 0,006 < 0,3$ , грунт по предварительной оценке является *ненабухающим*.

4. Грунт находится ниже уровня подземных вод, поэтому определяем плотность грунта с учетом взвешивающего действия воды  $\rho_{sb}$  по формуле (2.4):

$$\rho_{sb} = \frac{\rho_s - \rho_w}{1 + e} = \frac{2,72 - 1}{1 + 0,58} = 1,09 \text{ г/см}^3.$$

5. Вычисляем табличное значение расчетного сопротивления грунта основания  $R_o$  для непросадочных глинистых грунтов. По таблице 6.2 находим значение  $R_o$ , которое составляет  $R_o = 260$  кПа.

6. Определяем модуль деформации грунта  $E$  по формуле (3.1):

$$E = \beta \cdot \frac{1 + e}{m_o} = 0,74 \cdot \frac{1 + 0,58}{0,08} = 14,6 \text{ МПа.}$$

**Вывод по ИГЭ-3:** рассматриваемый грунт – супесь текучая непросадочная, ненабухающая с табличным значением расчетного сопротивления грунта основания  $R_o = 260$  кПа и модулем деформации грунта  $E = 14,6$  МПа. По предварительной оценке данный грунт может служить естественным основанием здания.

#### ***Инженерно-геологический элемент № 4 (ИГЭ-4)***

1. Устанавливаем наименование грунта по исходным данным таблицы 6.4. Так как  $W_L \neq 0$  и  $W_p \neq 0$ , грунт – глинистый.

2. Разновидность глинистого грунта определяем по числу пластичности  $I_p$  и по показателю текучести  $I_L$  (см. раздел 2).

По числу пластичности  $I_p$  согласно формуле (2.5):

$$I_p = W_L - W_p = 0,34 - 0,16 = 0,18 \text{ (18\%)},$$

следовательно, грунт – **глина** (табл. 4.4).

По показателю текучести  $I_L$ , согласно формуле (2.6) оценивается состояние глины:

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

следовательно, глина – **полутвердая** (табл. 4.6)

3. Поскольку грунт глинистый, необходимо установить, обладает ли он набухающими и/или просадочными свойствами.

ми. Для этого вначале определяем следующие характеристики:

- плотность сухого грунта  $\rho_d$  по формуле (2.1):

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

- коэффициент пористости  $e$  по формуле (2.2):

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

- коэффициент водонасыщения  $S_r$ , по формуле (2.3):

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

Так как коэффициент водонасыщения  $S_r > 0,8$ , то по предварительной оценке данный грунт является *непросадочным*.

- коэффициент пористости грунта при влажности на границе текучести определяем по формуле (4.5):

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

- показатель  $I_{ss}$  по формуле (4.4):

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

Так как коэффициент просадочности  $I_{ss} = 0,19 < 0,3$ , грунт по предварительной оценке является *ненабухающим*.

- Грунт находится ниже уровня подземных вод и является водоупором, поэтому плотность грунта с учетом взвешивающего действия воды  $\rho_{sb}$  не определяем [5].

- Вычисляем табличное значение расчетного сопротивления грунта основания  $R_o$  для непросадочных глинистых грунтов. По таблице 6.2 находим  $R_o = 447$  кПа.

- Определяем модуль деформации грунта  $E$  по формуле (3.1):

$$E = \beta \cdot \frac{1 + e}{m_o} = 0,4 \cdot \frac{1 + 0,62}{0,05} = 13,0 \text{ МПа.}$$

**Вывод по ИГЭ-4:** рассматриваемый грунт – глина полутвердая непросадочная, ненабухающая с табличным значением расчетного сопротивления грунта основания  $R_o = 447$  кПа и модулем деформации грунта  $E = 13,0$  МПа. По предварительной оценке данный грунт может служить естественным основанием здания.

Полученные данные о характеристиках грунтов для ИГЭ-1...ИГЭ-4 сводим в таблице 6.5. В отличие от таблицы 6.4, где приведены исходные данные по инженерно-геологическим изысканиям (данные из отчета), в таблице 6.5. входят характеристики грунтов, установленные после обобщения результатов исследований. Используя исходные данные (инженерно-геологические колонки скважин), вычерчиванием инженерно-геологический разрез площадки строительства (рис. 6.2) с нанесением на него эпюр табличных значений расчетного сопротивления грунта основания  $R_o$ , кПа и модуля деформации грунта  $E$ , МПа для всех инженерно-геологических элементов (ИГЭ-1...ИГЭ-4).

Для построения инженерно-геологического разреза (на формате А4) выбирается масштаб. Рекомендуется прини-

мать вертикальный масштаб  $M_v$  1:500, горизонтальный масштаб  $M_r$  1:250.

**Общая оценка грунтовых условий площадки строительства.** По данным расположения выработок инженерно-геологическому разрезу (рис. 6.1 и 6.2) рассматриваемая площадка имеет спокойный рельеф с абсолютными отметками 105,6–106 м. Грунты имеют слоистое напластование с согласным залеганием пластов. По предварительной оценке все они могут служить естественным основанием для фундаментов зданий (сооружений).

Для рассматриваемого жилого здания при устройстве фундаментов мелкого заложения несущим слоем может быть песок пылеватый, плотный, средней степени водонасыщения (*ИГЭ-1*), который залегает до глубины 4,5 м от поверхности земли.

При использовании свайных фундаментов в качестве несущего слоя рекомендуется использовать глину полутвердую (*ИГЭ-4*). В этом случае свая будет работать по схеме свая висячая.

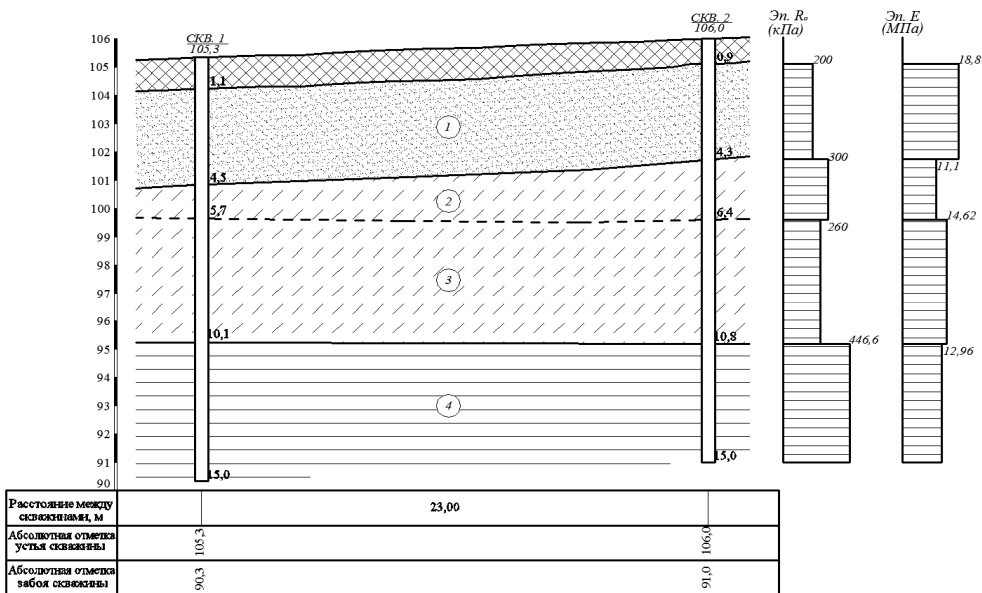
При инженерно-геологических изысканиях были установлены подземные воды (УПВ). Они залегают на отметках 99,6–99,9 м (глубина залегания 5,7–6,4 м от поверхности земли) и не будут существенным образом влиять на устройство и работу оснований и фундаментов здания.

Поскольку рассматриваемая площадка не подвергается избыточному замачиванию, подтоплению, а также техногенным воздействиям, то изменение свойств грунтов основания в пределах глубины заложения фундаментов под влиянием этих факторов не рассматривается.

Таблица 6.5

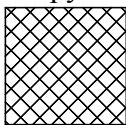
**Физико-механические характеристики и показатели  
грунтов, установленные после обобщения исходных  
данных (данных из отчета)**

Физико-механические характеристики и показатели грунтов	Наименование грунта				
	Насыпной грунт	<b>ИГЭ-1.</b> Песок пылеватый, плотный, влажный	<b>ИГЭ-2.</b> Супесь пластичная, непросадочная, ненабухающая	<b>ИГЭ-3.</b> Супесь текучая непро- садочная, ненабухающая	<b>ИГЭ-4.</b> Глина полутвердая, непросадочная, ненабухающая
Плотность грунта с учетом взвешивающего действия воды, $\rho_{sb}$ , г/см <sup>3</sup>	–	–	–	1,09	–
Значение расчетного сопротивления грунта, $R_0$ , кПа	–	200	300	260	446,6
Модуль деформации $E$ , МПа	–	18,8	11,1	14,6	12,9
Удельное сцепление грунта $c$ , кПа	–	7	17	15	40
Угол внутреннего трения $\varphi$ , град.	–	37	27	26	20
Показатель текучести, $I_L$ , д.е.	–	–	0,67	1,16	0,17
Число пластичности, $I_p$ , %	–	–	–	6	18
Коэффициент водонасыщения $S_r$	–	0,6	0,85	0,98	0,84
Естественная влажность $W$ , %	–	12	16	21	19
Коэффициент пористости, $e$ , д.е.	–	0,54	0,5	0,58	0,62
Плотность сухого грунта, $\rho_d$ , г/см <sup>3</sup>	–	1,74	1,78	1,72	1,69
Плотность частиц грунта, $\rho_s$ , г/см <sup>3</sup>	–	2,69	2,67	2,72	2,74
Плотность грунта, $\rho$ , г/см <sup>3</sup>	–	1,95	2,07	2,08	2,01
Толщина слоя, м	0,9– 1,1	3,4	1,2– 2,1	4,4– 4,5	4,2– 4,8

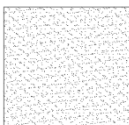


### Условные обозначения грунтов

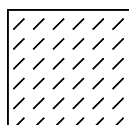
Насыпной  
грунт



Песок



Супесь



Глина



Рис. 6.2 Инженерно-геологический разрез площадки строительства



**Вопросы для самопроверки по разделу 6:**

- 1. На основании каких материалов и документов производится оценка грунтовых условий площадок строительства?*
- 2. Каким параметрам и характеристикам грунтов основания уделяется повышенное внимание при оценке грунтовых условий площадки строительства?*
- 3. На какие вопросы нужно получить ответы при оценке грунтовых условий площадки строительства?*
- 4. Какую последовательность изложения материала рекомендуется использовать на этапе оценки грунтовых условий строительства?*

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

### Основная

1. **Мангушев Р.А.** Механика грунтов: учебник / Р.А. Мангушев, В.Д. Карлов, И.И. Сахаров. – М.: Издательство ассоциации строительных вузов, 2009. – 264 с.
2. **Мангушев Р.А.** Основания и фундаменты: учебник для бакалавров строительства / Р.А. Мангушев (ответственный за издание), В.Д. Карлов, И.И. Сахаров, А.И. Осокин. – М.: Изд-во АСВ; СПб: СПбГАСУ, 2011. – 392 с.
3. **СП 24.13330.2011.** Свайные фундаменты. Актуализированная редакция **СНиП 2.02.03–85**. – М.: Минрегион России, 2011. – 86 с.
4. **СП 22.13330.2011.** Основания зданий и сооружений. Актуализированная редакция **СНиП 2.02.01–83\***. – М.: Минрегион России, 2011. – 162 с.
5. **Ухов С.Б.** Механика грунтов, основания и фундаменты: учеб. пособие / С.Б. Ухов, В.В. Семенов, В.В. Знаменский. – М.: Изд-во АСВ, 2005. – 528 с.
6. **Справочник геотехника.** Основания, фундаменты и подземные сооружения / под общ. ред. В.А. Ильичева и Р.А. Мангушева. – М.: Изд-во АСВ, 2014. - 728 с.
7. **Полищук А.И.** Основы проектирования и устройства фундаментов реконструируемых зданий / А.И. Полищук. – 3-е изд., доп. – Нортэмптон STT: Томск: STT, 2007. – 476 с.
8. **ГОСТ 25100–2011.** Грунты. Классификация. – М.: 2012. – 67 с.

## Дополнительная

9. **Пособие по проектированию оснований зданий и сооружений** (к СНиП 2.02.01–83) / НИИОСП им. Герсеванова. – М.: Стройиздат, 1986. – 415 с.

10. **Цытович Н.А.** Механика грунтов (краткий курс) / Н.А. Цытович. – М.: Высшая школа, 1983. – 288 с.

11. **Основания, фундаменты и подземные сооружения:** Справочник проектировщика / под ред. Е.А. Сорочана и Ю.Г. Трофименкова. – М.: Стройиздат, 1985. – 480 с.

12. **Перечень единиц физических величин, подлежащих применению в строительстве.** СН 528–80 / Госстрой России. – М.: ГУПЦПП, 2000. – 34 с.

13. **Бартоломей А.А.** Механика грунтов: учеб. пособие / А.А. Бартоломей. – М.: АСВ, 2003. – 238 с.

14. **Полищук А.И.** Устройство оснований зданий и сооружений на лессовых просадочных грунтах: учеб. пособие / А.И. Полищук. – Томск: Изд-во ТГУ, 1985. – 47 с.

15. **Абелев Ю.М.** Основы проектирования и строительства на просадочных макропористых грунтах / Ю.М. Абелев, М.Ю. Абелев. – М.: Стройиздат, 1979. – 271 с.

16. **Крутов В.И.** Уплотнение просадочных грунтов / В.И. Крутов. – М.: Стройиздат, 1974. – 207 с.

17. **Полищук А.И.** Оценка грунтовых условий площадки строительства для проектирования фундаментов зданий: Методические указания / А.И. Полищук, Е.Ю. Пчелинцева. – Томск: Изд-во Том. гос. архит.-строит. ун-та, 2010. – 42 с.

18. **Веселов В.А.** Проектирование оснований и фундаментов (основы теории и примеры расчета): учеб. пособие для вузов / В.А. Веселов. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1990. – 304 с.

19. **Айзенберг Я. М.** Сейсмостойкие многоэтажные здания с железобетонным каркасом / Я.М. Айзенберг и др. – М.: Изд-во АСВ, 2012. – 264 с.

20. **Тонких Г.П.** Альбом конструктивных решений по сейсмоусилению каменных зданий и сооружений / Г.П. Тонких и др.; под общ. ред. Г. П. Тонких, О. В. Кабанцева. – Томск; М.: Печатная мануфактура, 2010. – 144 с.

## Оглавление

<b>Предисловие.....</b>	<b>3</b>
<b>1. Основные понятия и определения.....</b>	<b>5</b>
<b>2. Физические характеристики и классификационные показатели грунтов.....</b>	<b>10</b>
<b>3. Механические характеристики грунтов.....</b>	<b>17</b>
<b>4. Строительная классификация грунтов.....</b>	<b>20</b>
4.1. Классификация крупнообломочных и песчаных грунтов.....	20
4.2. Классификация глинистых грунтов.....	22
4.3. Особые виды грунтов (просадочные, набухающие).....	24
4.4. Оценка сейсмичности строительной площадки с учётом категории грунтов .....	43
<b>5. Связь физических и механических характеристик грунтов.....</b>	<b>49</b>
<b>6. Оценка грунтовых условий площадок строительства.....</b>	<b>54</b>
6.1. Общие сведения.....	54
6.2. Пример оценки грунтовых условий площадки строительства.....	58
<b>Список литературы.....</b>	<b>74</b>

Учебное издание

**Полищук Анатолий Иванович**  
**Чернявский Денис Алексеевич**

**ОЦЕНКА ГРУНТОВЫХ УСЛОВИЙ ПЛОЩАДОК  
СТРОИТЕЛЬСТВА В КУРСОВОМ И ДИПЛОМНОМ  
ПРОЕКТИРОВАНИИ**

*Учебное пособие*

Технический редактор – Т.В. Герасимова  
Подписано в печать 11.08.2014. Формат 60×84<sup>1</sup>/<sub>16</sub>.  
Усл. печ. л. – 4,8. Уч.-изд. л. – 3,7.  
Тираж 500 экз. Заказ №

Редакционный отдел и типография Кубанского  
государственного аграрного университета  
350044, г. Краснодар, ул. Калинина, 13