

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
**Федеральное государственное автономное**  
**образовательное учреждение высшего образования**  
**«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**  
**Институт сервиса, туризма и дизайна (филиал) СКФУ в г. Пятигорске**  
**ИНЖЕНЕРНЫЙ ФАКУЛЬТЕТ**  
**КАФЕДРА СТРОИТЕЛЬСТВА**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**  
**ПО ВЫПОЛНЕНИЮ**  
**КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ**  
по дисциплине **«Инженерное обеспечение строительства (Геология)»**

Учебный план 2018 года приема  
Форма обучения: очная, заочная  
Направление подготовки 08.03.01 Строительство  
Профиль подготовки: «Строительство зданий и сооружений»  
«Городское строительство и хозяйства»

Пятигорск, 2020

## Введение

Дисциплина «Инженерное обеспечение строительства (Геология)» связана с такими дисциплинами, как «Теоретическая механика», «Геодезия», «Техническая механика». Геология и механика грунтов изучает: механические свойства грунтов, особенности поведения грунтов под нагрузкой, распределение напряжений в грунтах, расчет деформаций грунтовых оснований, устойчивость грунтовых массивов.

**Геология** – это комплекс наук о составе, строении, истории развития Земли, движениях земной коры и размещении в недрах Земли полезных ископаемых. Основным объектом изучения, является земная кора.

**Инженерная геология** — наука о свойствах грунтов и условиях строительства сооружений в данной геологической обстановке.

Инженерная геология - это наука, исследующая:

- формирование и изменение геологических условий территории;
- условий строительства и эксплуатации сооружений;
- рациональное использование и охрана окружающей среды.

**Основная цель инженерной геологии** - обеспечение устойчивости оснований возводимых сооружений, безопасности ведения горных работ.

**Задачи инженерной геологии:**

- расчеты устойчивых углов наклона бортов и уступов карьеров и отвалов пород, оснований зданий и сооружений, оседания поверхности в зоне понижения уровня подземных вод;
- прогноз деформации горных выработок в контактных зонах, поведения крепи вертикальных и горизонтальных подземных выработок во времени в связи с понижением уровня подземных вод и продвижением фронта горных работ, поведения грунтов при замораживании и оттаивании, перевозке, ударных нагрузках и др.

Современная геология использует новейшие достижения и методы ряда естественных наук – математики, физики, химии, биологии, географии. Особая многосторонняя связь у геологии с географией (климатология, гидрология, океанография) в познании различных геологических процессов совершающихся на поверхности Земли.

По геофизическим данным в строении Земли выделяется несколько оболочек: земная кора, мантия и ядро Земли. Одним из нескольких основных направлений геологии является изучение вещественного состава литосферы: горных пород, минералов, химических элементов. Одни горные породы образуются из магматического силикатного расплава и называются магматическими или изверженными, другие – путем осаждения и накопления в морских и континентальных условиях и называют осадочными; третьи – за счет изменения различных горных пород под влиянием температуры и давления, жидких и газовых флюидов и называются метаморфическими.

Изучением вещественного состава литосферы занимается комплекс геологических наук: петрография – наука изучающая магматическая и метаморфические горные породы, их состав, структуру, условные обозначения, степень изменения под влиянием различных факторов и закономерность распределения в земной коре. Литология – наука изучающая осадочные горные породы. Минералогия – наука, изучающая минералы – природные химические соединения или отдельные химические элементы, слагающие горные породы. Кристаллография и кристаллохимия занимаются изучением кристаллов и кристаллического состояния минералов. Геохимия – обобщающая синтезирующая наука о вещественном состоянии литосферы.

Еще одним направлением геологической науки является динамическая геология, изучающая разнообразные геологические процессы, формы рельефа земной поверхности, взаимоотношения различных по генезису горных пород, характер их залегания и деформации. Известно, что в ходе геологического развития происходили многократные изменения состава, состояния вещества, облика поверхности Земли и строения земной коры. Эти преобразования связаны с различными геологическими процессами и их взаимодействием. Среди них выделяется две группы: 1) эндогенные или внутренние, связанные с тепловым воздействием Земли, напряжениями, возникающими в ее недрах, с гравитационной энергией и ее неравномерным распределением; 2) экзогенные или внешние, вызывающие существенные изменения в поверхностной частях коры. Эти изменения связаны с лучистой энергией Солнца, силы тяжести, не-прерывным перемещением водных и воздушных масс, циркуляцией воды на поверхности и внутри земной коры, с жизнедеятельностью организмов и другими факторами. Все экзогенные процессы тесно связаны с эндогенными, что отражает сложность и единство сил, действующих внутри Земли и на ее поверхности.

История геологического развития земной коры и Земли в целом является предметом изучения исторической геологии, в состав которой входит стратиграфия, занимающаяся последовательностью формирования толщ горных пород и расчленением их на различные подразделения, а также палеогеография, изучающая физико-географические обстановки на поверхности Земли в геологическом прошлом, и палеотектоника, реконструирующая древние структурные элементы земной коры. Расчленение толщ горных пород и установление относительного возраста слоев невозможно без изучения ископаемых органических остатков, которым занимается палеонтология, тесно связанная как с биологией, так и с геологией.

Важное значение имеет инженерная геология – наука, исследующая земную кору в качестве среды жизни и разнообразной деятельности человека. Возникнув, как прикладная ветвь геологии, занимающаяся изучением геологических условий строительства инженерных сооружений, эта наука в наши дни решает важные проблемы, связанные с воздействием человека на литосферу и окружающую среду. Инженерная геология взаимодействует с физикой, химией, математикой и механикой, с одной стороны, и с различными дисциплинами геологии – с другой, с горным делом и строительством – с третьей. За последнее время оформилась как самостоятельная наука геокриология – наука, изучающая процессы в областях развития многолетнемерзлых горных пород «вечной мерзлоты». Геокриология тесно связана с инженерной геологией.

**Расчетно - графическое задание** предусматривает выполнение следующих заданий: **задание 1** – Определение физических характеристик грунтов; **задание 2** – Построение геологического разреза; **задание 3** – Определение напряжений от собственного веса грунта.

Оформление работ предпочтительно в машинописном варианте; рукописный вариант также допускается.

Расчетно-графическое задание должно содержать ссылки на использованные источники. Библиографический список должен быть оформлен в соответствии с действующими нормативными требованиями.

Задания должны быть оформлены и представлены на проверку преподавателю до начала экзаменационной сессии, согласно графика работы студента.

## **Расчетно-графическое задание 1**

### **Задание №1. Определение физических характеристик грунтов**

В задании необходимо рассчитать физические характеристики грунтов, определить наименование грунтов по ГОСТ 25100-2011 «Грунты. Классификация», нормативные значения угла внутреннего трения  $\varphi$ , удельного сцепления  $C$ , модуля деформации  $E$  грунтов согласно СНиП 2.02.01-95 «Основания зданий и сооружений».

**Исходные данные:** геологическая колонка, таблица основных и дополнительных характеристик и гранулометрического состава грунтов. Данные приведены в табл. 1 - 4.

Геологический разрез с основными физическими характеристиками четырех слоев грунта студентам предлагается составить самостоятельно в соответствии с индивидуальным шифром.

Шифр студент определяет по четырем последним цифрам номера зачетной книжки. Например, номер зачетной книжки 360729, шифр **0729**. По последней цифре шифра из табл. 1 выбрать соответствующую строку (для примера - строка **9**, супесь серовато-желтая). По предпоследней цифре выбрать соответствующую строку из табл.2 (для примера – строка **2**, суглинок темно-бурый), по второй цифре – из табл. 3 ( для примера – строка **7**, глина светло-бурая), по первой цифре – из табл. 4 ( для примера – строка **0**, глина коричневая).

### **Рекомендации к выполнению задания**

1. По данным, взятым из табл. 1 – 4, сформировать на рис.1 (см. задание 2).
2. Вычислить следующие характеристики грунтов:

-удельный вес грунта в естественном состоянии,  $\text{кН/м}^3$

$$y = \rho g;$$

-плотность грунта в сухом состоянии,  $\text{т/м}^3$ :

$$p_d = p / (1 + W);$$

-коэффициент пористости грунта:

$$e = (p_s - p_d) / p_d;$$

-удельный вес с учетом взвешивающего действия воды, кН/м<sup>3</sup>:

$$\gamma_{sb} = (p_s - p_w)g / (1 + e)$$

-число пластичности:

$$I_p = W_L - W_p;$$

-показатель текучести:

$$I_L = (W - W_p) / I_p;$$

-степень влажности:

$$S_r = W * p_s / e * p_w;$$

В выше приведенных формулах  $p$  – плотность грунта, т/м<sup>3</sup>;  $p_s$  – плотность твердых частиц грунта, т/м<sup>3</sup>;  $W$  – влажность грунта, д.е.;  $g$  – ускорение свободного падения, 9,81 м/с<sup>2</sup>;  $p_w$  – плотность воды, 1т/м<sup>3</sup>.

В вариантах представлены песчаные и глинистые грунты. Условные обозначения грунтов, приведены в табл.1-5:

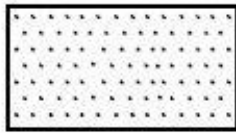
Пунктирной линией обозначается уровень грунтовых вод (УГВ). Если при формировании геологического разреза попадает более одного грунта, несущего с собой воду, то предпочтительно оставить УГВ в одном верхнем слое. Принять, что УГВ находится посередине слоя.

### 3. Определить разновидности грунтов, используя приложение 1.

Разновидность песчаных грунтов определяется по гранулометрическому составу, коэффициенту пористости, коэффициенту водонасыщения. Для определения наименования необходимо использовать таблицы П.1, П.2, П.3.

Разновидность глинистых грунтов определяется по числу пластичности, гранулометрическому составу, показателю текучести; для этого используются таблицы П.4, П.5, П.6.

### 4. По результатам работы составить сводную таблицу физических характеристик (табл.5).



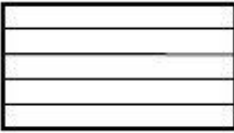
песок



суглинок



супесь



глина

Таблица 1 Данные принимаемые по последней цифре шифра

Цифра шифра	Условное обозначения грунта	Описание грунта	Мощность слоя, м	Физические характеристики грунтов										
				Гранулометрический состав в % (по массе) при диаметре частиц в мм					$\rho_s$ т/м <sup>3</sup>	$\rho$ т/м <sup>3</sup>	$W$	$W_L$	$W_p$	$m_o$
				2,0-0,5	0,5-0,25	0,25-0,10	0,10-0,0005	<0,0005						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
0		Суглинок желто-бурый	3,3	10,0	5,0	16,0	20,0	49,0	2,72	1,69	0,19	0,30	0,19	17
1		Глина бурая	2,0	20,0	1,0	15,0	47,0	17,0	2,72	1,76	0,26	0,42	0,23	11
2		Супесь зелено-бурая	3,5	1,0	6,0	10,0	64,0	19,0	2,74	1,84	0,20	0,28	0,12	16
3		Песок серо-бурый	3,9	19,0	23,0	29,5	18,5	10,0	2,67	1,89	0,3			15
4		Глина светло-бурая	2,0	10,0	1,0	27,0	41,0	21,0	2,65	1,91	0,40	0,44	0,24	14
5		Песок буро-серый	2,2	22,0	25,0	20,0	32,0	1,0	2,66	1,83	0,15			17
6		Супесь желто-бурая	2,5	3,0	11,0	36,5	44,0	5,5	2,68	1,89	0,15	0,19	0,12	17
7		Песок серый	2,2	2,8	9,5	76,9	10,6	0,2	2,66	2,0	0,25			17
8		Глина коричневая	4,0	0,4	0,2	0,6	24,4	74,6	2,74	2,0	0,27	0,41	0,23	14
9		Супесь серовато-желтая	3,9	0,1	2,1	6,6	81,4	9,8	2,67	1,97	0,16	0,20	0,13	14
0		Суглинок Светло-желтый	4,1	0,5	1,5	7,0	80,0	11,0	2,66	1,73	0,23	0,28	0,18	19
1		Глина Красно-бурая	6,0	0,5	0,5	4,0	64,0	31,0	2,75	2,0	0,27	0,40	0,20	13
2		Суглинок темно-бурый	3,5	1,0	2,0	51,0	24,0	12,0	2,71	1,98	0,27	0,24	0,14	19
3		Суглинок темно- бурый	3,5	13,0	14,0	17,0	31,0	25,0	2,69	1,98	0,21	0,24	0,14	17
4		Суглинок светло-бурый	1,7	2,5	5,0	20,0	47,0	25,5	2,71	1,82	0,22	0,32	0,18	11

5		Суглинок желто-бурый	2,8	10,0	10,0	15,0	49,0	20,0	2,70	1,87	0,26	0,32	0,19	11
6		Супесь зелено-бурая	2,5	14,0	20,0	30,0	29,0	7,0	2,69	2,10	0,19	0,21	0,15	19
7		Песок зелено-бурый	2,6	17,0	23,0	40,0	19,0	1,0	2,66	1,98	0,26			17
8		Глина бурая	5,4	1,0	3,0	9,0	56,0	31,0	2,74	2,00	0,27	0,43	0,23	13
9		Песок желтый	3,2	18,2	20,0	45,0	16,2	0,6	2,66	1,7	0,12			11

Таблица 2 Данные принимаемые по последней цифре шифра

Цифра шифра	Условное обозначения грунта	Описание грунта	Мощность слоя, м	Физические характеристики грунтов										
				Гранулометрический состав в % (по массе) при диаметре частиц в мм					$p_s$ т/м <sup>3</sup>	$P$ т/м <sup>3</sup>	$W$	$W_L$	$W_p$	$m_o$
				2,0-0,5	0,5-0,25	0,25-0,10	0,10-0,0005	<0,0005						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
0		Суглинок красно-бурый	3,8	0,8	1,2	13,0	67,0	18,0	2,71	1,98	0,27	0,32	0,19	19
1		Песок желтый	2,8	27,0	29,0	39,0	4,8	0,2	2,66	2,00	0,25			15
2		Глина темно-серая	5,2	1,6	1,5	2,8	52,0	42,1	2,73	1,92	0,32	0,47	0,26	12
3		Суглинок желто-бурый	3,3	0,1	0,9	20,0	61,0	18,0	2,70	1,89	0,18	0,30	0,18	13
4		Глина бурая	2,0	0,5	0,5	2,0	55,0	42,0	2,74	1,99	0,39	0,53	0,30	11
5		Супесь зелено-бурая	3,4	1,0	8,0	8,0	75,0	8,0	2,67	1,83	0,15	0,16	0,10	16
6		Песок серо-бурый	4,0	27,5	28,5	26	10,0	8,0	2,66	1,87	0,29			17
7		Глина Светло-бурая	2,0	1,0	1,0	2,0	54,0	42,0	2,74	1,99	0,35	0,44	0,24	14
8		Песок желтый	2,4	20,0	24,0	26,0	18,0	12,0	2,66	1,76	0,12			17
9		Супесь желтая	2,6	6,0	6,0	18,0	64,0	6,0	2,67	1,81	0,17	0,21	0,15	19
0		Глина коричневая	3,8	3,0	2,0	5,0	53,0	37,0	2,74	1,98	0,34	0,44	0,24	13
1		Песок желтый	4,6	25,5	24,0	48	12,5	10,0	2,65	1,89	0,30			15
2		Суглинок светло-бурый	1,7	2,5	5,0	20,0	47,0	25,5	2,71	1,75	0,26	0,32	0,18	11
3		Суглинок желто-бурый	2,8	10,0	10,0	15,0	45,0	20,0	2,70	1,81	0,28	0,32	0,19	11
4		Супесь зелено-бурая	2,5	14,0	20,0	30,0	29,0	7,0	2,69	1,87	0,20	0,21	0,15	19
5		Песок зелено-бурый	2,6	46,0	42,0	6,0	4,0	2,0	2,66	1,79	0,20			17
6		Глина бурая	5,4	1,0	3,0	9,0	56,0	31,0	2,74	1,98	0,34	0,43	0,23	13
7		Песок серовато-желтый	3,2	4,0	4,0	45,0	43,0	4,0	2,69	1,79	0,20			18
8		Песок серовато-желтый	3,2	5,0	6,0	50,0	38,0	1,0	2,66	1,90	0,25			18
9		Глина коричнево-серая	4,0	0,5	0,5	5,0	62,0	32,0	2,75	2,00	0,27	0,40	0,20	11

Таблица 2 – Сводная таблица нормативных характеристик грунтов (пример)

Номер скважины	Номер скважины	Мощность слоя	Глубина от поверхности земли, м	Наименование грунта (по ГОСТ 25100-95)	Физические										
					Основные			Дополнит.		Производные и классификационные					
					$\rho_{s, T/M^3}$	$\gamma_{п, кН/м^3}$	W	W <sub>L</sub>	W <sub>P</sub>	$\rho_{d, T/M^3}$	e	$\gamma_{shn, кН/м^3}$	I <sub>p</sub>	I <sub>L</sub>	S <sub>r</sub>
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
7	1	2,2	2,2	Песок серый, мелкий, средней плотности, насыщенный водой	2,66	19,62	0,25	-	-	1,6	0,66	6,26	-	-	1,01
6	2	2,5	4,7	Супесь зелено-бурая текучая, пылеватая	2,69	20,60	0,19	0,21	0,15	1,76	0,52	10,90	0,06	0,66	0,98
5	3	3,5	8,2	Супесь зелено-бурая пылеватая, пластичная	2,67	17,95	0,15	0,16	0,10	1,59	0,67	9,81	0,06	0,83	0,59
4	4	3,8	12	Супесь зелено-бурая пылеватая, пластичная	2,69	18,34	0,21	0,20	0,20	1,55	0,73	9,58	0,01	0	0,73

Примечание: Значения в таблице приведены ориентировочно



## Расчетно-графическое задание 2

### Задание №2. Построение геологического разреза

**Геологический разрез** строится для более четкого представления об условиях залегания грунтов в выбранном районе строительства. Линия пересечения земной поверхности с плоскостью геологического разреза называется **линией разреза**. Для построения геологического разреза выбирается базисная линия, от которой и строится разрез. За базисную линию принимают топографический профиль, линию с абсолютной отметкой  $\pm 0,000$ , или нижнюю горизонтальную линию, выбираемую с таким расчетом, чтобы разрез располагался выше этой линии.

**Материалы и оборудование:** план расположения геологических скважин, геологические колонки скважин, масштабная линейка или циркуль, миллиметровая бумага.

#### Порядок выполнения работы

1. На плане через геологические скважины проводят линию разреза, концы которой обозначают цифрами *I-I*.
2. Вдоль выбранной линии разреза строят топографический профиль.
3. На профиль наносят устья скважин, отмечают номера скважин и абсолютные отметки их устьев. Тонкими вертикальными линиями отмечают направление осей скважин.
4. На основе линии геологических скважин наносят данные о пройденных породах (интервал залегания, наименование породы, ее возрастной индекс). Все построения выполняют от базисной линии.
5. Приступают к объединению аналогичных пород, встреченных соседними скважинами, в пласты, массивы. Такое объединение возможно лишь пород, одинаковых по составу, возрасту и происхождению (генезису), а иногда одинаковых только по возрасту и генезису.
6. Нижняя граница геологического разреза определяется наиболее глубокой скважиной. Нельзя разрез снизу ограничивать линией, соединяющей забои геологических скважин.
7. На разрез наносят данные о подземных водах. При безнапорном характере подземных вод депрессионная поверхность подземного потока на разрезе *I-I* пунктирной линией, соединяющей отметки воды в скважинах. При напорном характере величина напоры обозначается стрелкой, направленной вверх, от отметки появления воды до отметки ее установления. Стрелку проводят слева от скважины.
8. Справа от скважины условными знаками показывают места отбора монолитов и проб горных пород, а также проб воды.
9. При окончательном оформлении чертежа линии скважин от устьев до забоя четко выделяют. Забой скважины необходимо подчеркнуть короткой горизонтальной линией.
10. По каждой скважине проставляют отметки забоя, кровли и подошвы пластов. Пласты пород на разрезе имитируют в соответствии с принятыми условными обозначениями, контуры пластов выделяют жирными линиями. В пределах

контуров пластов и массивов проставляют генетические и возрастные индексы.

11. Разрез сопровождается условными обозначениями. Условные обозначения пород располагают в строгой возрастной последовательности, от более молодых к более древним породам, сверху вниз или слева направо.

Общее оформление геологического разреза приведено на рис.1.

Рекомендуемый масштаб геологического разреза: горизонтальный 1:500, вертикальный 1:100.

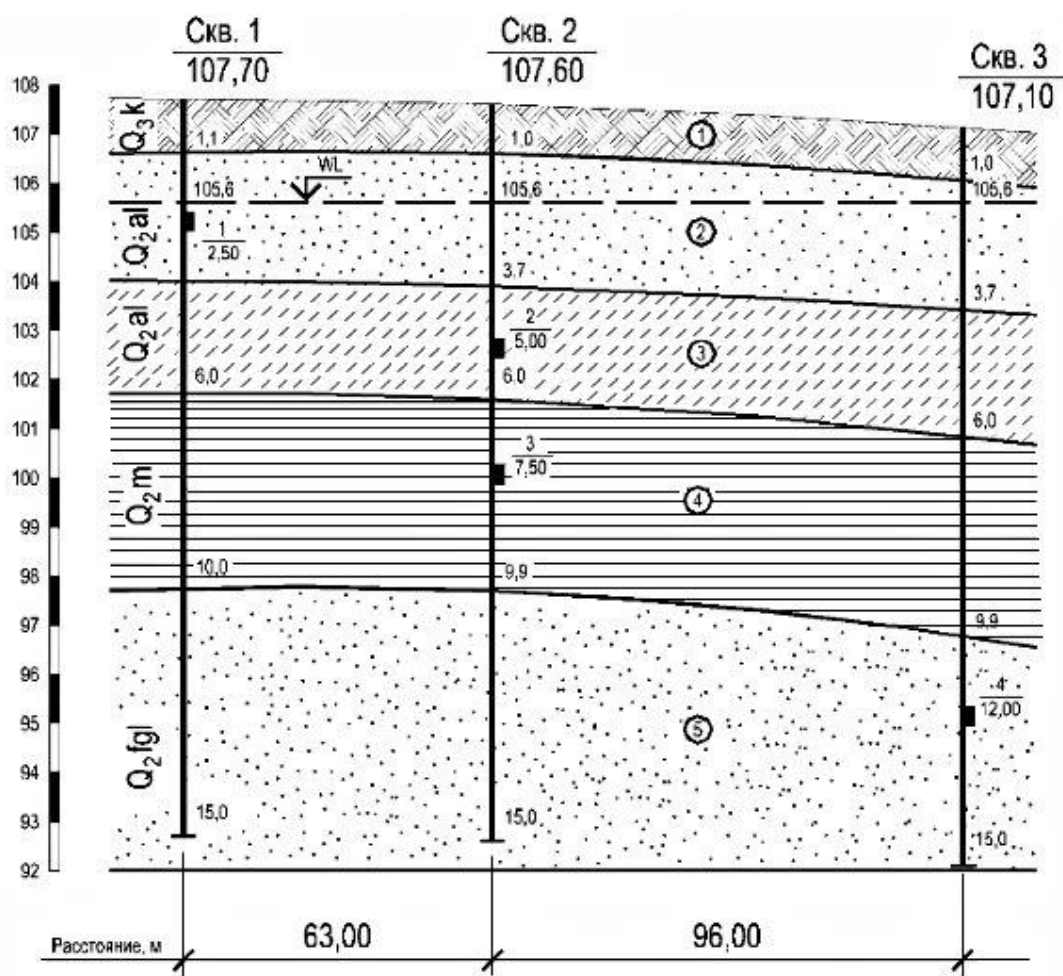


Рис. 1. Геологический разрез по линии I-I

### Задание №3. Определение напряжений от собственного веса грунта

**Исходные данные:** геологический разрез, построенный по заданию №1, и сводная таблица нормативных характеристик (см. табл.6). Значения коэффициента бокового давления приведены в табл.6.

Таблица 6. Значение коэффициента бокового давления

Разновидность грунта	$\mu$	$\xi$
Песок и супесь	0,30	0,43
Суглинок	0,35	0,54
Глина	0,42	0,72

#### Рекомендации к выполнению задания

Напряжения от собственного веса грунта ( *природные* или *бытовые*) и их компоненты- вертикальные ( $\sigma_{zg}$ ) и горизонтальные ( $\sigma_{xg}$ ) напряжения вычисляют по следующим формулам:

$$\sigma_{zg} = \gamma h; \sigma_{xg} = \xi \gamma h,$$

где  $\gamma$  – удельный вес грунтов, кН/м<sup>3</sup>;  $h$  – мощность слоя, м;  $\xi$  – коэффициент бокового давления в массиве.

Вертикальные напряжения соответствуют весу столба грунта до поверхности. Величину горизонтальных напряжений определяют коэффициентом бокового давления, который находят через коэффициент бокового расширения (коэффициент Пуассона):

$$\xi = \frac{\mu}{1-\mu}$$

Природные напряжения основания, состоящего из нескольких разновидностей грунтов, равны сумме напряжений, возникающих от веса вышележащих слоев:

$$\sigma_{zg} = \gamma_1 h_1 + \gamma_2 h_2 + \dots + \gamma_n h_n = \sum_{i=1}^n \gamma_i h_i$$

$$\sigma_{xg} = \xi_1 \gamma_1 h_1 + \xi_2 \gamma_2 h_2 + \dots + \xi_n \gamma_n h_n = \sum_{i=1}^n \xi_i \gamma_i h_i$$

При наличии грунтовых вод в слоях песка расчет вертикальных напряжений производят с использованием удельного веса грунта, взвешенного в воде:

$$\gamma_{sb} = \frac{(\gamma_s - \gamma_w) g}{(1+e)},$$

где  $\gamma_s$  – плотность частиц грунта, г/см<sup>3</sup>;  $\gamma_w$  – плотность воды, г/см<sup>3</sup>;  $g$  – ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>;  $e$  – коэффициент пористости грунта.

В глинистых грунтах, где вся вода находится в связанном состоянии, взвешивающее действие воды не учитывают. Если глинистый грунт является подошвой водоносного слоя, вертикальные напряжения увеличивают на величину веса столба воды:

$$\sigma_{zg} = \gamma_1 h_1 + \gamma_{sb} h_2 + \gamma_w h_b,$$

где  $\gamma_w$  – удельный вес воды, кН/м<sup>3</sup>;  $h_b$  – высота столба воды, м.

Результаты расчета используют для построения соответствующих эпюр.

### Пример расчёта

Необходимо рассчитать и построить эпюры вертикальных и горизонтальных напряжений.

Исходные данные для расчета приведены на рис.2.

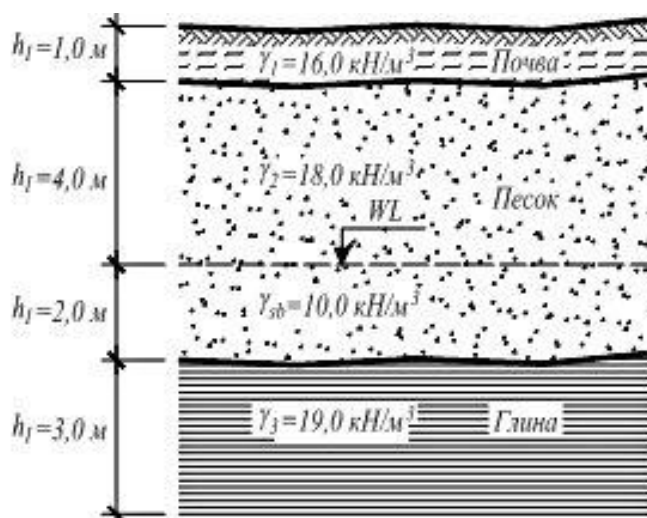


Рис. 2. Геологический разрез

### Последовательность расчета

Определение вертикальных напряжений на контактах слоев:

$$\sigma_{zg1} = \gamma_1 h_1 = 16,0 * 1,0 = 16,0 \text{ кПа};$$

$$\sigma_{zg2} = \gamma_1 h_1 + \gamma_2 h_2 = 16,0 + 18,0 * 4,0 = 88,0 \text{ кПа};$$

$$\sigma_{zg3} = \gamma_1 h_1 + \gamma_2 h_2 + \gamma_{sb} h_B = 88,0 + 10,0 * 2,0 = 108,0 \text{ кПа};$$

$$\sigma_{zg3} = \gamma_1 h_1 + \gamma_2 h_2 + \gamma_{sb} h_B + \gamma_w h_B = 108,0 + 10,0 * 2,0 = 128,0 \text{ кПа};$$

$$\sigma_{zg4} = \gamma_1 h_1 + \gamma_2 h_2 + \gamma_{sb} h_B + \gamma_w h_B + \gamma_3 h_4 = 128,0 + 19,0 * 3,0 = 185,0 \text{ кПа}.$$

Определение горизонтальных напряжений на контактах слоев:

на подошве чернозема  $\sigma_{xg1} = \xi \sigma_{zg1} = 0,72 * 16,0 = 11,5 \text{ кПа};$

на кровле слоя песка  $\sigma_{xg1} = \xi \sigma_{zg1} = 0,43 * 16,0 = 6,8 \text{ кПа};$

на подошве слоя песка  $\sigma_{xg3} = \xi \sigma_{zg3} = 0,43 * 128,0 = 55,0 \text{ кПа};$

на кровле слоя глины  $\sigma_{xg3} = \xi \sigma_{zg3} = 0,72 * 128,0 = 92,0 \text{ кПа};$

на подошве слоя глины  $\sigma_{xg4} = \xi \sigma_{zg4} = 0,72 * 185,0 = 133,2 \text{ кПа};$

На рис. 3 приведены эпюры напряжений, построенные по результатам расчетов.

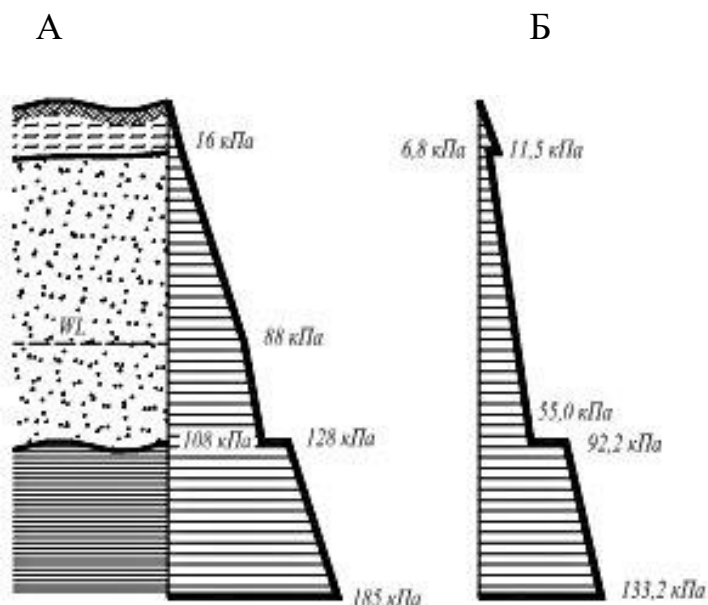


Рис. 3. Эпюры природных напряжений:

а-вертикальных; б-горизонтальных

## Приложения

Приложение 1

### Классификация природных дисперсных грунтов (ГОСТ 25100-2011)

#### 1. Крупнообломочные грунты и пески

1.1. По гранулометрическому составу крупнообломочные грунты и пески подразделяют согласно табл. П. 1.

Таблица П.1

Разновидность грунтов	Размер зерен, частиц, мм	Содержание зерен, частиц, % по массе
<b>Крупнообломочные:</b>		
валунный (при преобладании неокатанных частиц – глыбовый)	>200	>50
галечниковый (при неокатанных гранях – щебенистый)	>10	>50
гравийный (при неокатанных гранях-дресвяный)	>2	>50
<b>Пески:</b>		
гравелистый	>2	>25
крупный	>0,50	>50
средней крупности	>0,25	>50
мелкий	>0,10	≥75
пылеватый	>0,10	<75

1.2 По степени неоднородности гранулометрического состава  $C_u$  крупнообломочные грунты и пески подразделяют на:

- однородные грунт  $C_u \leq 3$ ;
- неоднородный грунт  $C_u > 3$ .

1.3. По коэффициенту пористости  $e$  пески подразделяют согласно табл. П.2.

Таблица П.2

Разновидность песков	Коэффициент пористости $e$		
	Пески гравелистые, крупные и средней крупности	Пески мелкие	Пески пылеватые
Плотный	$e \leq 0,55$	$e \leq 0,60$	$e \leq 0,60$
Средней плотности	$0,55 < e \leq 0,70$	$0,60 < e \leq 0,75$	$0,60 < e \leq 0,80$
Рыхлый	$e > 0,70$	$e > 0,75$	$e > 0,80$

1.4. По коэффициенту водонасыщения  $S_r$  крупнообломочные грунты и пески подразделяют согласно табл. П.3.

Таблица П.3

Разновидность грунтов	Коэффициент водонасыщения $S_r$
Малой степени водонасыщения	$0 < S_r \leq 0,50$
Средней степени водонасыщения	$0,50 < S_r \leq 0,80$
Насыщенные водой	$0,80 < S_r \leq 1,00$

## 2. Глинистые грунты

2.1 По числу пластичности  $I_p$  глинистые грунты подразделяют согласно табл. П.4.

Таблица П.4.

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

2.2. По числу пластичности  $I_p$  и содержанию песчаных частиц глинистые грунты подразделяют согласно табл. П.5.

Таблица П.5

Разновидность глинистых грунтов	Число пластичности $I_p$	Содержание песчаных частиц (2-0,05мм),% по массе
<b>Супесь:</b>		
песчанистая	$1 \leq I_p < 7$	$\geq 50$
пылеватая	$1 \leq I_p < 7$	$< 50$
<b>Суглинок:</b>		
легкий песчанистый	$7 \leq I_p < 12$	$\geq 40$
легкий пылеватый	$7 \leq I_p < 12$	$< 40$
тяжелый песчанистый	$12 \leq I_p < 17$	$\geq 40$
тяжелый пылеватый	$12 \leq I_p < 17$	$< 40$
<b>Глина:</b>		
легкая песчанистая	$17 \leq I_p < 27$	$\geq 40$
легкая пылеватая	$17 \leq I_p < 27$	$< 40$
тяжелая	$I_p \geq 27$	не регламентир.

2.3. По наличию включений глинистые грунты подразделяют согласно табл.П.6.

Таблица П.6

Разновидность глинистых грунтов	Содержание частиц крупнее 2мм,% по массе
Супесь, суглинок, глина с галькой (щебнем)	от 15 до 25 вкл.
Супесь, суглинок, глина галечниковые (щебенистые) или гравелистые (дресвяные)	св. 25 до 50 вкл.



2.4. По показателю текучести  $I_L$  глинистые грунты подразделяются согласно табл. П.7.

Таблица П.7

Разновидности глинистых грунтов	Показатель текучести $I_L$
<b>Супесь:</b>	
твердая	$I_L < 0$
пластичная	$0 \leq I_L < 1$
текучая	$I_L > 1$
<b>Суглинки и глины:</b>	
твердые	$I_L < 0$
полутвердые	$0 \leq I_L \leq 0,25$
тугопластичные	$0,25 < I_L \leq 0,50$
мягкопластичные	$0,50 < I_L \leq 0,75$
текучепластичные	$0,75 < I_L \leq 1,00$
текучие	$I_L > 1,00$

Приложения 2

**Нормативные значения механических характеристик, определяемых по  
СНиП 2.02.01-95**

Таблица П.1

**Нормативные значения характеристик  $C_n$ ,  $\varphi_n$ , град,  $E_n$ , МПа для  
песчаных грунтов четвертичных отложений**

Пески	Характеристики грунта	Характеристики грунта при коэффициенте пористости $e$			
		0,45	0,55	0,65	0,75
Гравелистые и крупные	$C_n$	2	1	-	--
	$\varphi_n$	43	40	38	--
	$E_n$	50	40	30	--
Средней крупности	$C_n$	3	2	1	--
	$\varphi_n$	40	38	35	--
	$E_n$	50	40	30	--
Мелкие	$C_n$	6	4	2	--
	$\varphi_n$	38	36	32	28
	$E_n$	48	38	28	18
Пылеватые	$C_n$	8	6	4	2
	$\varphi_n$	36	34	30	26
	$E_n$	39	28	18	11

**Нормативные значения характеристик  $C$ , кПа,  $\varphi$ , град, для пылевато-глинистых нелессовых грунтов четвертичных отложений**

Разновидность грунтов и пределы нормативных значений $I_L$	Обозначение характеристики грунта	Характеристика грунта при коэффициенте пористости $e$						
		0,45	0,55	0,65	0,75	0,85	0,95	1,05
1	2	3	4	5	6	7	8	9
<b>Супеси</b> $0 \leq I_L \leq 0,25$ $0,25 < I_L \leq 0,75$	$C_n$	21	17	15	13	--	--	--
	$\varphi_n$	30	29	27	24	--	--	--
	$C_n$	19	15	13	11	9	--	--
	$\varphi_n$	28	26	24	21	18	--	--
<b>Суглинки</b> $0 \leq I_L \leq 0,25$ $0,25 < I_L \leq 0,50$ $0,50 < I_L \leq 0,75$	$C_n$	47	37	31	25	22	19	--
	$\varphi_n$	26	25	24	23	22	20	--
	$C_n$	39	34	28	23	18	15	--
	$\varphi_n$	24	23	22	21	19	17	--
	$C_n$	--	--	25	20	16	14	12
	$\varphi_n$	--	--	19	18	16	14	12
<b>Глины</b> $0 \leq I_L \leq 0,25$ $0,25 < I_L \leq 0,50$ $0,50 < I_L \leq 0,75$	$C_n$	--	81	68	54	47	41	36
	$\varphi_n$	--	21	20	19	18	16	14
	$C_n$	--	--	57	50	43	37	32
	$\varphi_n$	--	--	18	17	16	14	11
	$C_n$	--	--	45	41	36	33	29
	$\varphi_n$	--	--	15	14	12	10	7

**Нормативные значения модуля деформации пылевато-глинистых нелессовых грунтов**

Происхождение и возраст грунтов	Разновидность грунтов и пределы нормативных значений показателя $I_L$	Модуль деформации $E$ , МПа, при коэффициенте пористости $e$										
		0,35	0,45	0,55	0,65	0,75	0,85	0,95	1,05	1,2	1,4	1,6
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Аллювиальные Делювиальные Озерные Озерно-аллювиальные	Супеси $0 \leq I_L \leq 0,75$	--	32	24	16	10	7	--	--	--	--	--
	Суглинки $0 \leq I_L \leq 0,25$	--	34	27	22	17	14	11	--	--	--	--
	$0,25 < I_L \leq 0,50$	--	32	25	19	14	11	8	--	--	--	--
	$0,50 < I_L \leq 0,75$	--	--	--	17	12	8	6	5	--	--	--
	Глины $0 \leq I_L \leq 0,25$	--	--	28	24	21	18	15	12	--	--	--
	$0,25 < I_L \leq 0,50$	--	--	--	21	18	15	12	9	--	--	--
	$0,50 < I_L \leq 0,75$	--	--	--	--	15	12	9	7	--	--	--
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	--	--	--	--	--	--
	$0,25 < I_L \leq 0,50$	--	35	28	22	17	14	--	--	--	--	--
	$0,50 < I_L \leq 0,75$	--	--	--	17	13	10	--	--	--	--	--
Моренные	Супеси Суглинки $I_L \leq 0,5$	75	55	45	--	--	--	--	--	--	--	--
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	--
	$0,25 < I_L \leq 0,50$	--	--	--	--	--	--	--	--	16	12	10

## Расчетные сопротивления грунтов

Таблица П.1

Расчетные сопротивления  $R_0$  песчаных грунтов

Пески	Значение $R_0$ , кПа, в зависимости от плотности сложения песков	
	плотные	средней плотности
Крупные	600	500
Средней крупности	500	400
Мелкие:		
маловлажные	400	300
влажные и насыщенные водой	300	200
Пылеватые:		
маловлажные	300	250
влажные	200	150
насыщенные водой	150	100

Таблица П.2

Расчетные сопротивления  $R_0$  пылевато-глинистых (непросадочных) грунтов

Пылевато-глинистые грунты	Коэффициент пористости $e$	Значение $R_0$ , кПа, при показателе текучести грунта	
		$I_L=0$	$I_L=1$
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
	1,0	250	100

**Связь между наиболее употребляемыми в механике грунтов единицами измерения в системе СИ и технической системе**

Таблица П.1

Единицы силы	кгс	тс	Н	кН	МН
1 кгс =	1	$10^{-3}$	10	0,01	$10^{-5}$
1 тс =	$10^3$	1	$10^{-4}$	10	0,01
1 Н =	0,1	$10^{-4}$	1	$10^{-3}$	$10^{-6}$
1 кН =	100	0,1	$10^3$	1	$10^{-3}$
1 МН =	$10^5$	100	$10^6$	$10^3$	1

Таблица П.2

Единицы давления (напряжения)	тс/м <sup>2</sup>	кгс/м <sup>2</sup>	Па	кПа	МПа
1 тс/м <sup>2</sup> =	1	0,1	$10^4$	10	0,01
1 кгс/м <sup>2</sup> =	10	1	$10^5$	100	0,1
1 Па =	$10^4$	$10^{-5}$	1	$10^{-3}$	$10^{-6}$
1 кПа =	0,1	0,01	$10^3$	1	$10^{-3}$
1 МПа =	100	10	$10^6$	$10^3$	1

Единица измерения коэффициента упругого отпора пород (коэффициента постели) -  $1 \text{ кгс/см}^3 = 10 \text{ МПа/м}$ .