

Министерство образования и науки  
Российской Федерации

Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет

Строительный факультет

Кафедра геотехники

# **ОЦЕНКА ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ПЛОЩАДКИ СТРОИТЕЛЬСТВА**

Методические указания

Санкт-Петербург  
2017

УДК 624.131.6: 556.33

*Рецензент:* канд. г.-м. наук М. Б. Заводчикова (СПбГАСУ)

**Оценка гидрогеологических условий площадки строительства:** метод. указания / Сост.: А. М. Симановский, В. А. Челнокова; СПбГАСУ. – СПб., 2017. – 91 с.

Представлены варианты заданий на выполнение курсовой работы, даны методические рекомендации по составу и порядку ее выполнения, а также справочный материал.

Предназначены для студентов, обучающихся по направлению подготовки 08.03.01 Строительство (уровень бакалавриата) по профилю 01 (всех форм обучения).

Табл. 16. Ил. 25. Библиогр.: 7 назв.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие .....	6
1. ВЫБОР ЗАДАНИЯ .....	8
1.1. Номер варианта задания .....	8
1.2. Сведения о котловане и траншее.....	8
2. СОСТАВ ПОЯСНИТЕЛЬНОЙ ЗАПИСКИ .....	12
3. СОДЕРЖАНИЕ ПОЯСНИТЕЛЬНОЙ ЗАПИСКИ .....	14
3.1. Рекомендации по составлению Введения .....	14
3.2. Рекомендации по описанию геологических условий.....	14
3.2.1. Характеристика рельефа заданного участка.....	14
3.2.2. Литологические разрезы (колонки) .....	15
3.2.3. Анализ гранулометрического состава грунта.....	15
3.2.4. Инженерно-геологический разрез .....	16
3.3. Рекомендации по описанию гидрогеологических условий .....	17
3.3.1. Анализ разреза.....	17
3.3.2. Карта гидроизогипс грунтовых вод.....	18
3.3.3. Анализ агрессивности грунтовых вод.....	19
3.4. Рекомендации по определению категории сложности инженерно-геологических условий .....	19
3.5. Рекомендации по выполнению гидрогеологических расчетов при строительном водопонижении .....	19
3.5.1. Исходные данные о строительном котловане и траншее .....	20
3.5.2. Строительные выработки .....	20

3.5.3. Исходные данные для расчетов .....	21
3.5.4. Расчет водопритока в строительные выработки .....	22
3.6. Рекомендации по прогнозу процессов, связанных с понижением уровня грунтовых вод .....	22
3.6.1. Механическая суффозия в откосах котлована .....	22
3.6.2. Оседание поверхности земли.....	23
3.7. Рекомендации по расчету воздействия напорных вод на дно котлована .....	23
3.8. Рекомендации по составлению заключения .....	24
3.8.1. Основные результаты курсовой работы.....	24
3.8.2. Выводы .....	24
3.9. Рекомендации по составлению списка использованных источников .....	25
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	26
Приложение А. Данные инженерно-геологических изысканий .....	26
Приложение Б. ОПИСАНИЕ КОЛОНОК СКВАЖИН.....	32
Приложение В. ХАРАКТЕРИСТИКИ ГРУНТОВ И ПОДЗЕМНЫХ ВОД.....	48
Приложение Г. АНАЛИЗ ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО СОСТАВА.....	53
Приложение Д. КЛАССИФИКАЦИИ ДИСПЕРСНЫХ ГРУНТОВ ПО ГОСТ 25100–2011 .....	57
Приложение Е. ПОСТРОЕНИЕ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОГО РАЗРЕЗА .....	60
Приложение Ж. ВЫДЕЛЕНИЕ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ.....	64
Приложение И. ПОСТРОЕНИЕ ГИДРОИЗОГИПС .....	68
Приложение К. ОЦЕНКА АГРЕССИВНОСТИ ПОДЗЕМНОЙ ВОДЫ ПО ОТНОШЕНИЮ К БЕТОНУ .....	71

Приложение Л. КАТЕГОРИИ СЛОЖНОСТИ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ .....	73
Приложение М. ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ РАСЧЕТЫ ПРИ СТРОИТЕЛЬНОМ ВОДОПОНИЖЕНИИ.....	76
Приложение Н. ПРОГНОЗ ПОСЛЕДСТВИЙ ВОДОПОНИЖЕНИЯ .....	83
Приложение П. ПРОГНОЗ ОСЕДАНИЯ ПОВЕРХНОСТИ ЗЕМЛИ ПРИ СНИЖЕНИИ УРОВНЯ ГРУНТОВЫХ ВОД .....	85
Приложение Р. ПРОГНОЗ ВОЗДЕЙСТВИЯ НАПОРНЫХ ВОД НА ДНО СОВЕРШЕННОГО КОТЛОВАНА .....	87
Приложение С. ОФОРМЛЕНИЕ ТИТУЛЬНОГО ЛИСТА КУРСОВОЙ РАБОТЫ.....	89
Рекомендуемая литература.....	90

## ПРЕДИСЛОВИЕ

На строительных площадках многие трудности связаны с подземными водами: затопление котлованов (траншей), нарушение устойчивости их стенок, прорыв дна под воздействием напорных вод и др. В дальнейшем, уже при эксплуатации отдельных сооружений или застроенных территорий в целом, также могут возникнуть осложнения: подтопление подвалов, коррозия бетона и других материалов, проседание поверхности земли за счет водопонижения. *Поэтому оценка гидрогеологических условий – важнейшая составная часть инженерно-геологических изысканий* (инженерно-геологические изыскания входят в состав инженерных изысканий для строительства, предусмотренных СП 47.13330.2012. «Свод правил. Инженерные изыскания для строительства. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 11–02–96»), *на основе которых ведется проектирование зданий и сооружений.*

Для целей проектирования и строительства понятие «гидрогеологические условия» можно определить как совокупность следующих характеристик водоносных горизонтов (слоев): 1) их количество в изученном разрезе, 2) глубина залегания, 3) мощность и выдержанность, 4) тип по условиям залегания, 5) наличие избыточного напора, 6) химический состав, 7) гидравлическая связь с поверхностными водами и другие показатели режима.

Режим подземных вод изменяется как в процессе строительства, так и в период эксплуатации зданий и сооружений. Изменения могут иметь временный или постоянный характер. Наиболее часто встречаются:

– понижение уровня грунтовых вод (при устройстве постоянных дренажных систем, дорожных выемок, проходке котлованов, в результате дренирующих засыпок траншей и др.);

– снижение напоров в межпластовых водоносных горизонтах (в результате устройства котлованов и коллекторов глубокого заложения);

– повышение уровня грунтовых вод (вследствие утечки из водонесущих сетей, препятствия на пути фильтрационного потока в виде фундаментов, крупных подземных сооружений – «барражный» эффект и т. п.);

– изменение химического состава и температуры подземных вод (из-за утечек из сетей, антигололедных мероприятий и т. п.).

Понижение уровня грунтовых вод может влиять на состояние песчаных и супесчаных грунтов, в том числе на их плотность.

Повышение уровня грунтовых вод вызывает увеличение влажности и показателя текучести (изменение консистенции) пылеватоглинистых грунтов, что приводит к уменьшению их прочностных и деформационных характеристик.

Практически все перечисленные изменения свойств грунтов, вызванные нарушением гидрогеологических условий, могут приводить к дополнительным осадкам грунтовой толщи и деформациям сооружений.

Настоящие методические указания включают три блока информации:

- задание на выполнение курсовой работы;
- требования к содержанию работы;
- приложения с исходными данными, вспомогательными сведениями и рекомендациями по выполнению отдельных этапов работы.

До начала выполнения курсовой работы студент должен внимательно изучить настоящие методические указания, обращая особое внимание на блоки, отмеченные словом «Внимание!». При составлении «Пояснительной записки» курсовой работы необходимо строго следовать указаниям по составу и содержанию разделов и подразделов.

# 1. ВЫБОР ЗАДАНИЯ

## 1.1. Номер варианта задания

Студенты определяют исходные данные для своей курсовой работы самостоятельно по двум последним цифрам номера зачетной книжки по табл. 1 и 2.

Вариант задания определяет номера карты участка (см. приложение А) и скважин для построения инженерно-геологического разреза.

Номер варианта задания устанавливают по табл. 1 по последней и предпоследней цифре номера зачетной книжки. Например, две последние цифры зачетной книжки «24». Последней цифре «4» в левом столбце табл. 1 соответствует строка с номерами вариантов 4, 14 и 24. Предпоследней цифре «2» (см. верхнюю строку табл. 1) соответствует из них только вариант 14. По этому варианту студент должен выполнять работу по карте участка 5 (рис. А.5 приложения А), разрез должен быть построен через скважины 36, 37, 38.

## 1.2. Сведения о котловане и траншее

Расчеты водопонижения следует выполнить относительно прямоугольного в плане строительного котлована и траншеи.

Студенты принимают сведения о котловане и траншее на основании предпоследней и последней цифр номера зачетной книжки. Место расположения, глубину котлована, абсолютную отметку дна траншеи следует принять по табл. 2 с учетом вариантов задания об участке и скважинах, установленных по табл. 1.

Сведения о котловане включают его размеры в плане ( $l \times b$ ), сведения о траншее – ширину по дну и протяженность.

Таблица 1

**Определение номера варианта задания**

Последняя цифра номера зачетной книжки	Предпоследняя цифра номера зачетной книжки								
	0, 1, 4, 7			2, 5, 8			3, 6, 9		
	№ варианта	№ участка	№ скважин	№ варианта	№ участка	№ скважин	№ варианта	№ участка	№ скважин
<b>1</b>	1	1	1-3-6	11	4	27-25- <b>26</b>	21	7	49- <b>51</b> -52
<b>2</b>	2	1	2-4-6	12	4	27- <b>28</b> -29	22	8	55- <b>56</b> -57
<b>3</b>	3	1	5-7-6	13	5	31-32- <b>33</b>	23	8	<b>60</b> -61-62
<b>4</b>	4	2	8-9-10	14	5	<b>36</b> -37-38	24	8	57- <b>59</b> -61
<b>5</b>	5	2	<b>12</b> -10-11	15	5	<b>34</b> -35-38	25	9	63-64- <b>68</b>
<b>6</b>	6	2	8- <b>13</b> -11	16	6	41-39- <b>40</b>	26	9	65-66- <b>67</b>
<b>7</b>	7	3	<b>15</b> -16-17	17	6	41- <b>42</b> -43	27	9	64-66- <b>69</b>
<b>8</b>	8	3	19-17- <b>18</b>	18	6	44- <b>45</b> -46	28	10	<b>73</b> -74-75
<b>9</b>	9	3	19- <b>20</b> -21	19	7	<b>47</b> -48-49	29	10	76-77- <b>78</b>
<b>0</b>	10	4	23- <b>24</b> -25	20	7	52- <b>53</b> -54	30	10	<b>71</b> -74-77

*Порядок определения размеров котлована.* Например, номер зачетной книжки заканчивается на «24». Последняя цифра номера  $Z = 4$ , предпоследняя цифра номера  $Y = 2$ . По табл. 1 этому номеру соответствует вариант 14. Размер в плане котлована для всех вариантов  $(30 + Y) \times (20 + Z)$ . Следовательно, студент должен принять размер котлована:  $(30 + 2) \times (20 + 4)$ , т. е.  $32 \times 24$  м.

*Ширина траншеи по дну и протяженность* соответственно 1,5 и 200 м для всех вариантов.

*Общие сведения о параметрах водопонижения.*

Уровень грунтовых вод (УГВ, WL) следует принимать по приложению Б по *установившемуся* уровню.

Глубина понижения уровня грунтовых вод (УГВ, или WL) в котловане для всех вариантов скважин назначается по рекомендациям приложения М с учетом *полного осушения* дна котлована.

Глубину понижения уровня грунтовых вод в траншее следует определить с учетом наличия слоя (столба) воды в траншее. Мощность этого слоя следует принять равной меньшему значению высоты капиллярного поднятия для данного грунта по табл. В.6 приложения В.

Таблица 2

**Сведения о котловане и траншее**

№ варианта по табл. 1	Котлован (форма прямоугольная)		Траншея	
	На скважине №	Глубина от устья скважины, м	На скважине №	Отметка дна
1	3	3,1	6	31,9
2	4	2,3	2	34,0
3	7	2,3	5	28,2
4	9	3,9	10	45,8
5	12	3,6	10	45,7
6	13	2,4	11	44,6
7	15	3,8	16	12,4
8	18	3,7	19	12,8
9	20	3,1	21	15,2
10	24	4,6	25	12,7
11	26	2,9	25	13,0
12	28	3,2	27	11,9
13	33	5,6	31	14,1
14	36	2,7	38	15,3
15	34	2,9	35	15,7
16	40	3,0	39	0,0

Окончание табл. 2

№ варианта по табл. 1	Котлован (форма прямоугольная)		Траншея	
	На скважине №	Глубина от устья скважины, м	На скважине №	Отметка дна
17	42	4,0	43	2,4
18	45	1,9	46	0,5
19	47	2,9	48	15,1
20	53	3,2	52	16,1
21	51	2,9	49	16,5
22	56	2,6	55	-0,1
23	60	2,5	61	1,8
24	59	2,0	57	1,7
25	68	2,7	63	8,0
26	67	3,0	66	8,2
27	69	2,5	64	9,2
28	73	3,4	74	21,2
29	78	2,9	77	20,0
30	71	4,2	77	20,2

## 2. СОСТАВ ПОЯСНИТЕЛЬНОЙ ЗАПИСКИ

Оглавление

1. Введение.
2. Геологические условия.
3. Гидрогеологические условия.
4. Категория сложности инженерно-геологических условий.
5. Гидрогеологические расчеты при строительном водопонижении.
6. Прогноз процессов, связанных с понижением уровня грунтовых вод.
7. Воздействие напорных вод на дно котлована.
8. Заключение.
9. Список использованных источников.

Курсовая работа оформляется в виде Пояснительной записки объемом 10–20 страниц, пишется с одной стороны стандартного листа формата А4, слева оставляются поля для брошюровки. Листы должны быть сброшюрованы в скоросшиватель.

Оглавление не нумеруется. В Оглавлении указывают все разделы (1–9) и подразделы «Пояснительной записки», а также номера страниц, с которых начинаются разделы и подразделы

Пояснительная записка должна включать титульный лист, требования к оформлению которого приведены в приложении С. Титульный лист должен быть подписан студентом собственноручно. Нумерация страниц, рисунков и таблиц должна быть сквозной.

Рисунки и таблицы допускается выносить в приложения. Рисунки допускается выполнять на миллиметровой бумаге. Допускается оформление инженерно-геологического разреза на листе формата А3.

Студенты сдают Пояснительную записку на бумажном носителе, а также пересылают ее на кафедру геотехники как приложение к электронному сообщению в **электронном виде в формате PDF**. Электронный адрес «[spbgasu.geotekhnika@mail.ru](mailto:spbgasu.geotekhnika@mail.ru)». В поле «Тема» письма следует указать слова: КР Геология группа ... **Фамилия И. О.**

## **3. СОДЕРЖАНИЕ ПОЯСНИТЕЛЬНОЙ ЗАПИСКИ**

### **3.1. Рекомендации по составлению Введения**

В разделе 1 Введение приводят:

- 1) номер зачетной книжки, номер *заданного* участка и номера *заданных* скважин, по которым строится инженерно-геологический разрез;
- 2) общие сведения о роли подземных вод в процессе строительства и эксплуатации застроенных территорий.

В описании роли подземных вод должны быть ссылки на литературные и иные источники, список которых приводится в разделе 9 Пояснительной записки.

### **3.2. Рекомендации по описанию геологических условий**

В раздел 2 Пояснительной записки (Геологические условия) необходимо включить следующие подразделы, наименования которых и требования к их содержанию приведены в пп. 3.2.1–3.2.4.

#### ***3.2.1. Характеристика рельефа заданного участка***

Рельеф *заданного* участка оценивают на основе анализа его плана в горизонталях. Для этого следует:

- 1) указать колебание высот на участке, исходя из абсолютных отметок устьев *всех* скважин на *заданном* участке;
- 2) отметить тип рельефа и формы рельефа, присутствующие на участке;

3) отметить геоморфологические элементы, крутизну склонов и линейных элементов в градусах, общий уклон на заданном участке.

Внимание! 1. К формам рельефа относят, например, овраги, балки, долины ручьев, бугры, холмы и т. п. 2. Элементами рельефа (геоморфологическими элементами) являются поверхности (горизонтальные, склоны, выпуклые, вогнутые), линии (водоразделы, тальвеги, подошвы) и точки (вершины, седловины, устья и др.).

### **3.2.2. Литологические разрезы (колонки)**

В курсовой работе следует привести только описание грунтов в разведочных скважинах, без построения литологических колонок в масштабе. Описание грунтов в литологических колонках по заданным трем скважинам переносят в Пояснительную записку из таблицы приложения Б, сохраняя форму таблицы.

### **3.2.3. Анализ гранулометрического состава грунта**

В этом подразделе приводят анализ грунта неназванного слоя, если грунт в литологической колонке заданной скважины (скважин) приведен без наименования, а только со ссылкой на табл. В.3 приложения В. Для составления этого подраздела используют приложение Г.

В этом подразделе Пояснительной записки приводят:

1) таблицу результатов гранулометрического анализа для неназванного слоя (слоев) заданной скважины (скважин) из табл. В.3 приложения В;

2) вспомогательные таблицы по форме таблиц Г.1 и Г.2 приложения Г;

3) график гранулометрического состава;

4) характерные диаметры  $d_{10}$  и  $d_{60}$ , степень неоднородности  $C_u$  по ГОСТ 25100–2011;

5) наименование грунта по ГОСТ 25100–2011, выдержки из которого приведены в таблицах приложения Д.

В наименовании грунта неназванного слоя следует указать разновидности несвязного грунта:

- по крупности (по гранулометрическому составу по табл. Д.1 приложения Д);
- по плотности сложения (плотный, средней плотности или рыхлый по табл. Д.2 приложения Д);
- по однородности (однородный или неоднородный в зависимости от  $C_u$ ).

Пример наименования несвязного грунта: «песок гравелистый, средней плотности, неоднородный».

Внимание! Все грунты в табл. В.3 приложения В относятся к **несвязным**.

Разновидность (наименование) несвязного грунта по крупности определяют по первому удовлетворяющему признаку, начиная с верха табл. Д.1 приложения Д.

Разновидность грунта по плотности сложения устанавливают по коэффициенту пористости грунта (см. табл. В.4 приложения В) и табл. Д.2 приложения Д.

### 3.2.4. Инженерно-геологический разрез

Инженерно-геологический разрез следует построить по линии разреза, проходящей через три заданные скважины. Правила построения разреза приведены в приложении Е.

Выполненные студентом *геологический разрез*, а также построенный на его основе *инженерно-геологический разрез* следует привести на отдельных рисунках.

На инженерно-геологическом разрезе должны быть выделены инженерно-геологические элементы (ИГЭ). Рекомендации по выделению ИГЭ приведены в приложении Ж.

В этом подразделе Пояснительной записки указывают физико-механические характеристики грунтов инженерно-геологических элементов (ИГЭ), выделенных на разрезе. Эти данные следует привести в таблице по форме табл. Ж.3 приложения Ж. Номера ИГЭ в таблице должны совпадать с номерами ИГЭ на разрезе.

Внимание! *На инженерно-геологический разрез тонкой линией следует нанести контуры поперечного сечения заданного котлована (см. указания к подразделу 5.1 Пояснительной записки ниже).*

В этом подразделе следует указать:

- 1) слабые ИГЭ, модуль деформации которых менее 5 МПа (при их наличии);
- 2) глубину залегания коренных («дочетвертичных») пород (при их наличии) и характеристики их кровли (уклоны, расчлененность).

### **3.3. Рекомендации по описанию гидрогеологических условий**

Раздел 3 Пояснительной записки («Гидрогеологические условия») составляется на основе анализа:

- колонок *заданных* скважин;
- построенного инженерно-геологического разреза, включенного в подраздел 2.4 Пояснительной записки (см. выше);
- карты с нанесенными гидроизогипсами (см. указания к подразделу 3.2 Пояснительной записки ниже).

В раздел 3 включают подразделы, наименования и требования к содержанию которых приведены ниже в пп. 3.3.1–3.3.3.

#### ***3.3.1. Анализ разреза***

В этом подразделе Пояснительной записки следует указать:

- 1) количество водоносных горизонтов в разрезе;
- 2) тип подземных вод по условиям залегания (грунтовые, межпластовые и др.);
- 3) наименование водовмещающих и водоупорных слоев;
- 4) глубину залегания и мощность каждого водоносного горизонта (слоя);
- 5) величину напора над кровлей напорных водоносных горизонтов.

Напор над кровлей напорного водоносного горизонта определяется как разность отметок уровней появления воды и установившегося по таблице приложения Б. При разности отметок указанных уровней 0,2 м и меньше следует считать, что водоносный горизонт безнапорный; в расчетах и построениях чертежей в этом случае учитывают уровень установившейся воды.

*Внимание! При анализе разреза проверьте правильность выделения ИГЭ (см. указания к подразделу 2.2 Пояснительной записки выше).*

### **3.3.2. Карта гидроизогипс грунтовых вод**

Карта строится на основе карты заданного участка без учета водопонижения (рассматривается участок до строительства котлована). Рекомендации по построению гидроизогипс приведены в приложении И.

В данном подразделе «Пояснительной записки» на основе анализа карты гидроизогипс заданного участка следует указать:

- 1) направление потока грунтовых вод и его характер (плоский, радиальный);
- 2) максимальную величину гидравлического градиента  $I$ , кажущуюся  $V$  и действительную  $V_d$  скорости потока на участке.

*Внимание! На карту гидроизогипс тонкими линиями следует нанести контуры котлована и траншеи.*

При осушении котлована (см. указания к разделу 5 Пояснительной записки) образуется местное понижение поверхности (уровня) грунтовых вод в направлении к котловану, так называемая «депрессия подземных вод». Депрессия образуется также при водопонижении в направлении к траншее.

В рамках **учебно-исследовательской работы** студент по собственной инициативе может дополнительно построить карты с гидроизогипсами, характеризующими депрессию.

### **3.3.3. Анализ агрессивности грунтовых вод**

В этом подразделе следует:

- 1) привести данные химического анализа грунтовых вод из табл. В.5 приложения В по *заданным* скважинам;
- 2) указать наличие (отсутствие) агрессивности грунтовой воды к бетону по каждому из показателей табл. К.1 приложения К.

### **3.4. Рекомендации по определению категории сложности инженерно-геологических условий**

В раздел 4 Пояснительной записки («Категория сложности инженерно-геологических условий») включают таблицу по форме табл. Л.2 приложения Л. В таблицу включают четыре первых (сверху) группы факторов, указанных в приложении Л, а также результаты сопоставления условий на заданном участке с условиями в табл. Л.1 приложения Л.

*Внимание! Студент может рассмотреть все шесть групп факторов из табл. Л.1 приложения Л.*

Вывод о категории сложности инженерно-геологических условий устанавливают для всего заданного участка для каждой из групп факторов и совокупности всех рассмотренных факторов.

### **3.5. Рекомендации по выполнению гидрогеологических расчетов при строительном водопонижении**

В раздел 5 Пояснительной записки («Гидрогеологические расчеты при строительном водопонижении») включают следующие подразделы, наименование и требования к содержанию которых приведены ниже в пп. 3.5.1–3.5.4.

### **3.5.1. Исходные данные о строительном котловане и траншее**

В подразделе 5.1 Пояснительной записки следует:

- 1) указать расположение и параметры котлована и траншеи согласно заданию;
- 2) указать, что контуры котлована и траншеи нанесены на инженерно-геологический разрез, представленный в подразделе 2.5 Пояснительной записки;
- 3) указать, что контуры котлована и траншеи нанесены на карту грунтовых вод с гидроизогипсами, представленную в подразделе 3.2.

*Внимание! Проверьте инженерно-геологический разрез и карту с гидроизогипсами и убедитесь, что контуры строительных выработок нанесены.*

### **3.5.2. Строительные выработки**

В этом подразделе следует представить в укрупненном масштабе чертежи деталей инженерно-геологического разреза, включающие разрезы котлована и траншеи. При построении разрезов котлована и траншеи следует использовать принципиальные схемы на рисунках приложения М. На чертежах следует указывать горизонтальный и вертикальный масштабы, а также численные значения приведенных ниже параметров *в соответствии со своим заданием*:

- 1) абсолютные отметки природной поверхности земли  $NL$  в точках разрезов (т. е. на соответствующих скважинах);
- 2) абсолютные отметки поверхности водоносного горизонта (т. е. уровня грунтовых вод)  $WL$  по данным на соответствующих скважинах;
- 3) абсолютные отметки поверхности водоупорного слоя  $BL$  в точках разрезов;
- 4) абсолютные отметки дна котлована и траншеи в точке разрезов  $DL$ ;

- 5) величины водопонижения  $S$  для котлована и траншеи;
- 6) радиус депрессии  $r_d$ ;
- 7) радиус влияния  $R$ ;
- 8) приведенный радиус котлована  $r$ ;
- 9) ширину траншеи по дну  $b$ .

Внимание! При построении схем необходимо иметь в виду следующее:

- дно котлована горизонтальное;
- параметры: водопонижение  $S$ , радиус депрессии  $r_d$ , радиус влияния  $R$ , приведенный радиус котлована  $r$  следует уточнить, окончательно принять и показать на схеме после подготовки следующего подраздела 3.5.3 Пояснительной записки.

### **3.5.3. Исходные данные для расчетов**

Рекомендации по расчетам исходных данных содержатся в приложении М.

В этом подразделе Пояснительной записки следует:

- 1) указать тип котлована (совершенный или несовершенный) и тип траншеи;
- 2) указать характер потока (притока) воды к выработке при водопонижении в случае:
  - котлована,
  - траншеи;
- 3) указать величину водопонижения  $S$  для котлована, установленную исходя из необходимости его полного осушения;
- 4) указать величину водопонижения  $S$  для траншеи, установленную исходя из наличия в ней воды глубиной, равной меньшему значению капиллярного поднятия для грунта на дне траншеи;
- 5) привести расчет приведенного радиуса котлована  $r$ , заменив условно прямоугольный в плане котлован на круглый в плане;
- 6) привести порядок определения радиуса депрессии  $r_d$  и радиуса влияния  $R$  по данным табл. В.5 приложения В.

При составлении этого подраздела следует учитывать, что плоский поток характерен для притока воды при водопонижении к протяженным выработкам типа траншеи; радиальный – к выработкам типа котлована, размеры которых в плане одного порядка.

*Внимание! Не следует путать поток в случае притока к котловану при водопонижении с потоком, определенным в подразделе 3.2 Пояснительной записки по гидроизогипсам, построенным без учета «воронки депрессии», образующейся при водопонижении.*

#### **3.5.4. Расчет водопритока в строительные выработки**

В этом подразделе следует представить результаты расчетов водопритоков  $Q$ , выполненных в соответствии с приложением М:

- 1) к котловану,
- 2) к траншее.

### **3.6. Рекомендации по прогнозу процессов, связанных с понижением уровня грунтовых вод**

В разделе 6 Пояснительной записки («Прогноз процессов, связанных с понижением уровня грунтовых вод»), необходимо включить подразделы, наименования и требования к содержанию которых приведены в пп. 3.6.1–3.6.2.

#### **3.6.1. Механическая суффозия в откосах котлована**

Используя приложение Н, в этом подразделе необходимо:

- показать порядок определения величины гидравлического градиента  $i$  при водопонижении в котловане;
- указать степень неоднородности  $C_u$  грунта, который вмещает грунтовые воды (степень неоднородности определена в подразделе 2.3);
- скопировать график прогноза суффозионного выноса (рис. Н.1 приложения Н) и нанести на него точку, соответствующую значениям  $i$  и  $C_u$ ;

- привести вывод о возможности развития суффозии; предположить вероятные виды деформаций в грунтовой толще и их воздействие на сооружение;
- предложить профилактические мероприятия на основе информации, содержащейся в использованных источниках (см. раздел 8 Пояснительной записки).

### **3.6.2. Оседание поверхности земли**

Считается, что деформация оседания при водопонижении вызывается увеличением веса массива грунта, расположенного между прежним и новым уровнями грунтовых вод, вследствие исчезновения в этом массиве грунта архимедовой силы.

В этом подразделе следует привести приближенный расчет средней величины оседания (вертикального перемещения) поверхности земли в пределах воронки депрессии, т. е. в пределах круга радиусом  $r_d$ .

Расчет выполняют в соответствии с приложением П. Показатели свойств грунта следует принимать по табл. В.5 приложения В и по сведениям об ИГЭ, приведенным в подразделе 2.5 Пояснительной записки.

### **3.7. Рекомендации по расчету воздействия напорных вод на дно котлована**

В разделе 7 Пояснительной записки приводят расчет в случае одновременного выполнения двух условий:

- 1) *заданный* котлован относится к совершенному типу;
- 2) под водоупором ниже дна котлована расположены напорные воды.

При отсутствии хотя бы одного из этих условий в разделе 7 указывают, что воздействие напорных вод на дно котлована отсутствует.

Расчетные формулы приведены в приложении Р.

При наличии в разрезе напорных вод следует:

- привести расчет давления напорных вод  $p_{изб}$ , действующих «снизу» на водоупорный слой в зоне под дном котлована;

- привести расчет в зоне котлована давления грунта  $p_{гр}$  «сверху», учитывая отсутствие грунта и воды в котловане;
- установить возможность прорыва напорных вод через дно котлована путем сопоставления  $p_{изб}$  и  $p_{гр}$ ;
- предложить варианты безопасного ведения работ, основываясь на приведенных в разделе 9 «Пояснительной записки» источниках.

### **3.8. Рекомендации по составлению заключения**

В раздел 8 Пояснительной записки («Заключение») следует включить подразделы, наименование и требование к составу которых приведены в пп. 3.8.1–3.8.2.

#### ***3.8.1. Основные результаты курсовой работы***

- 1) краткая характеристика рельефа *заданного* участка (обобщение подраздела 2.1 Пояснительной записки);
- 2) краткая характеристика инженерно-геологического разреза с указанием количества выделенных инженерно-геологических элементов (обобщение подраздела 2.4 Пояснительной записки);
- 3) общая оценка сложности инженерно-геологических условий на участке (вывод из раздела 5 Пояснительной записки);
- 4) перечень возможных неблагоприятных процессов в грунтовой толще, связанных с техногенным воздействием при строительном освоении территории (на основе разделов 6 и 7 Пояснительной записки);
- 5) перечень предлагаемых защитных мероприятий (на основе анализа использованных источников, приведенных в разделе 9 Пояснительной записки).

#### ***3.8.2. Выводы***

Здесь следует указать, что дала курсовая работа студенту для усвоения дисциплины «геология».

### **3.9. Рекомендации по составлению списка использованных источников**

В раздел 9 «Список использованных источников» включать учебники, учебные пособия, монографии и другие материалы, в том числе из информационно-телекоммуникационной сети Интернет, *фактически* использованные студентом при выполнении курсовой работы.

## ПРИЛОЖЕНИЯ

### Приложение А. ДАННЫЕ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ИЗЫСКАНИЙ

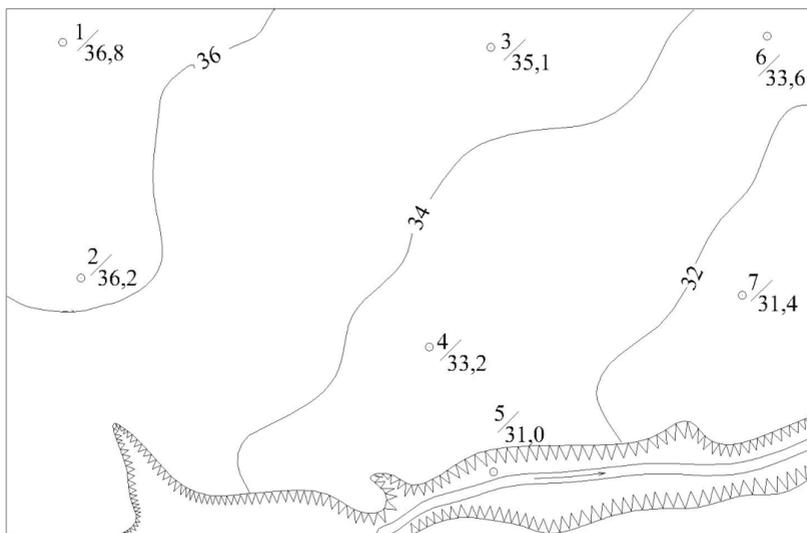


Рис. А.1. Участок 1, масштаб 1:2000

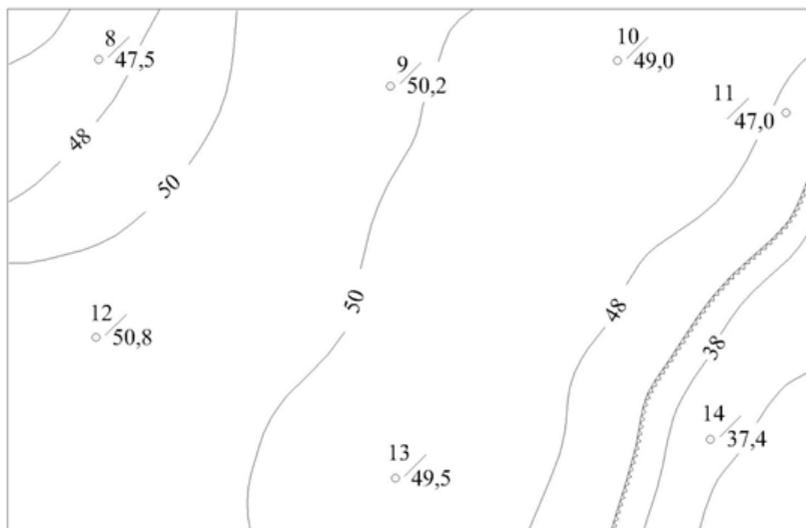


Рис. А.2. Участок 2, масштаб 1:2000

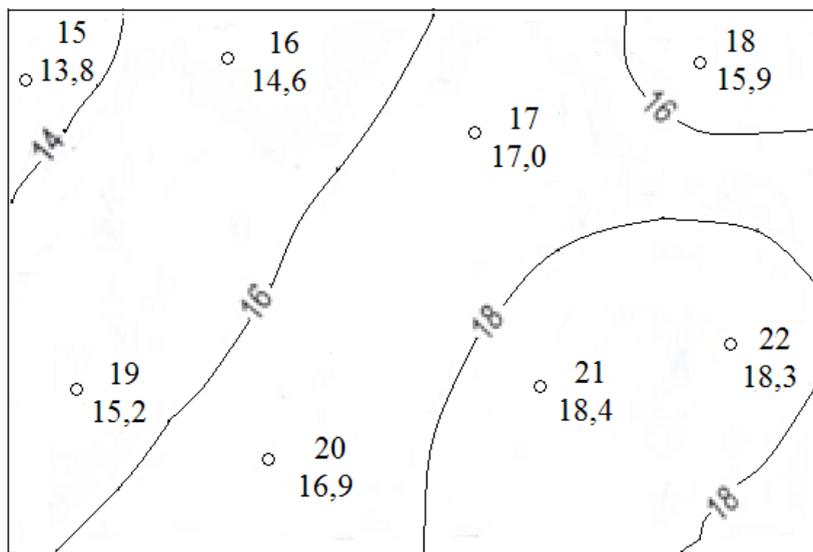


Рис. А.3. Участок 3, масштаб 1:2000

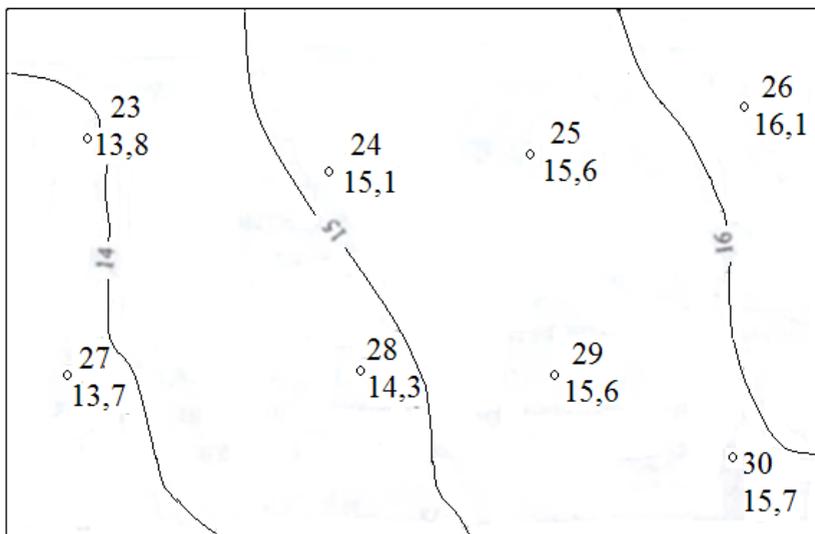


Рис. А.4. Участок 4, масштаб 1:2000

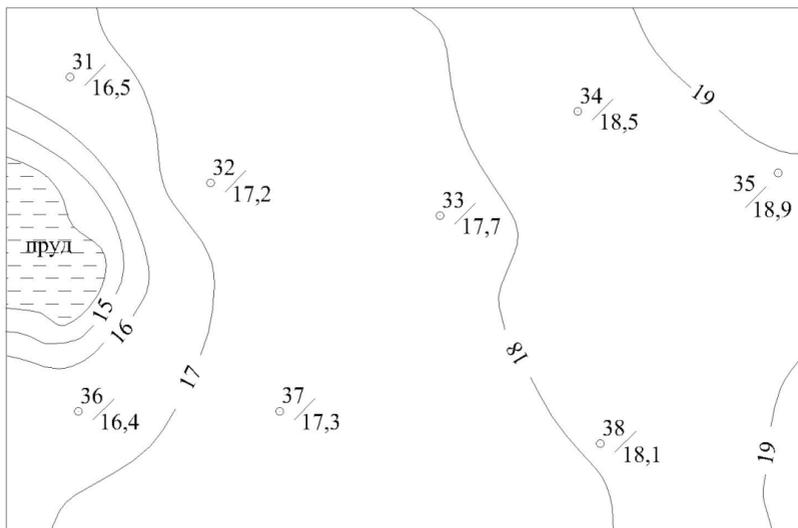


Рис. А.5. Участок 5, масштаб 1:2000

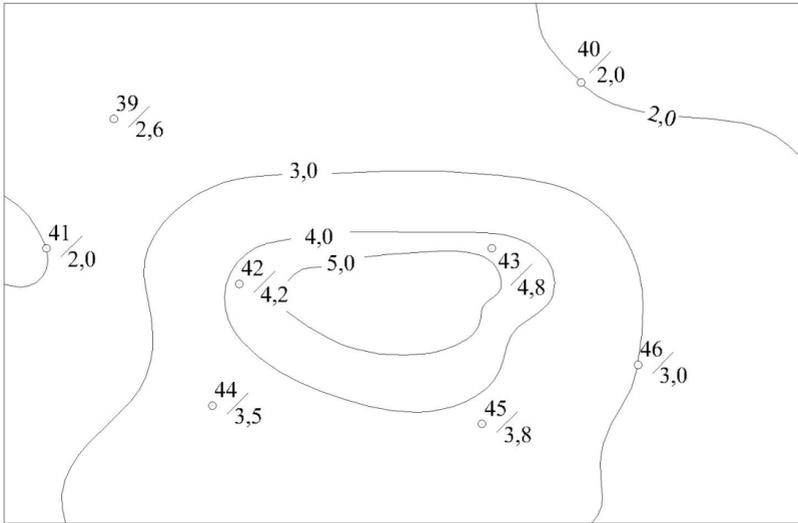


Рис. А.6. Участок 6, масштаб 1:2000

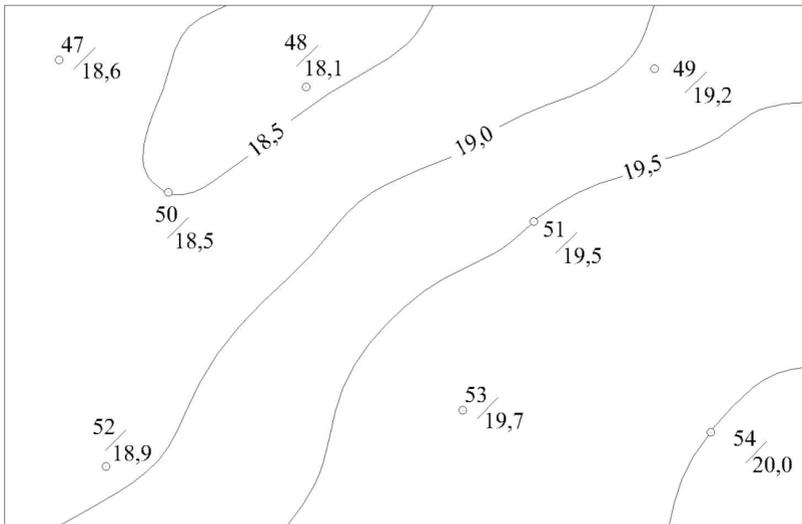


Рис. А.7. Участок 7, масштаб 1:2000

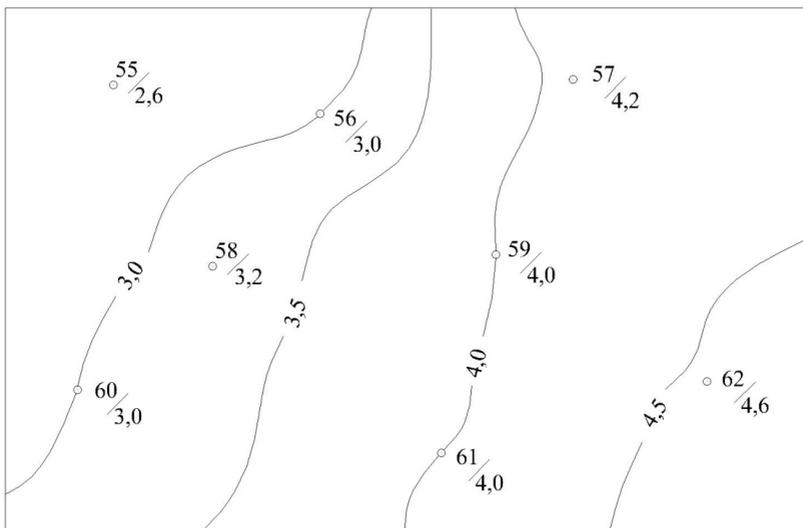


Рис. А.8. Участок 8, масштаб 1:2000

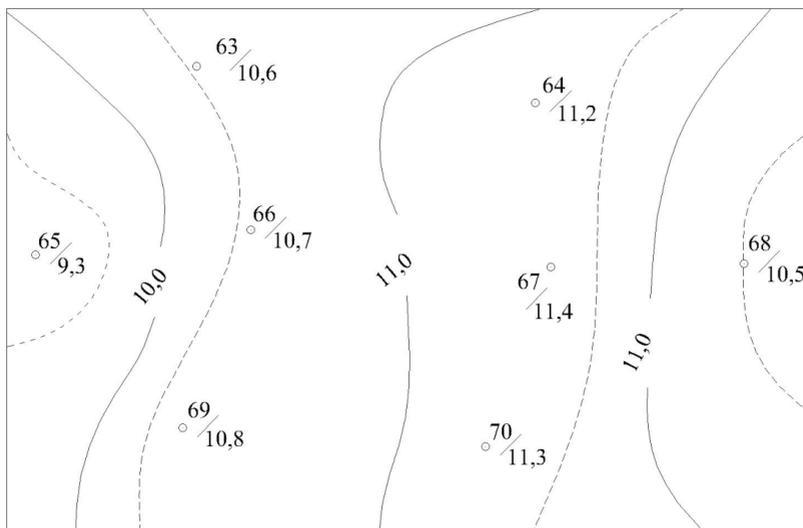


Рис. А.9. Участок 9, масштаб 1:2000

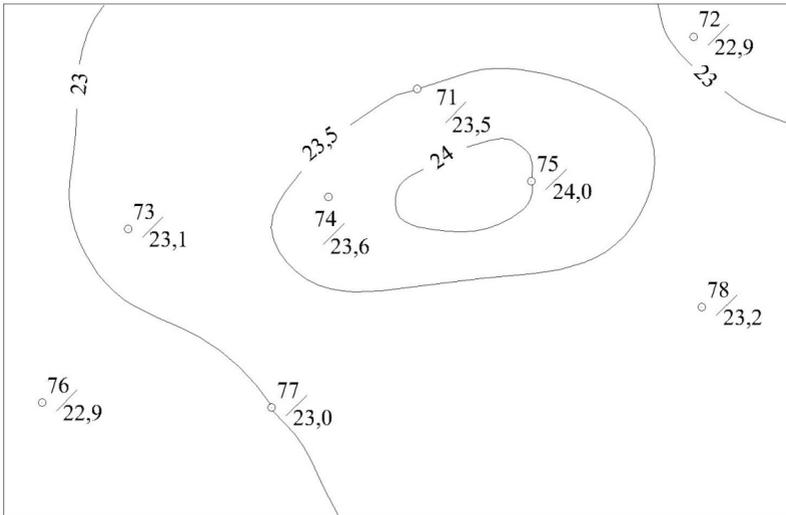


Рис. А.10. Участок 10, масштаб 1:2000

## Приложение Б. ОПИСАНИЕ КОЛОНОК СКВАЖИН

В таблице настоящего приложения в предпоследнем столбце показаны отметки уровня появления воды в метрах, в последнем столбце – отметки установившегося уровня в метрах. Оба числа показаны напротив водовмещающего слоя.

№ слоя	Индекс слоя	Полевое описание пород	Отметка подошвы слоя, м	Сведения о воде	
				Отметка появления, м	Установившийся уровень
1	2	3	4	5	6
<b>Скважина номер 1. Абсолютная отметка устья 36,8 м</b>					
1	ml IV	Песок пылеватый, средней плотности	34,6	35,6	35,7
2	lg III	Суглинок ленточный, мягкопластичный	31,6		
3	g III	Песок гравелистый, средней плотности, водонасыщенный	29,3		
4	g III	Суглинок с гравием, галькой, тугопластичный	26,3		
5	Є <sub>1</sub>	Глина голубая, твердая	24,8		
<b>Скважина номер 2. Абсолютная отметка устья 36,2 м</b>					
1	ml IV	Песок пылеватый, средней плотности	33,5	35,2	35,2
2	lg III	Суглинок ленточный, текучепластичный	31,1		
3	g III	Песок гравелистый, плотный, водонасыщенный	29,0		
4	g III	Суглинок с гравием, галькой, тугопластичный	25,1		
5	Є <sub>1</sub>	Глина голубая, твердая	24,2		

1	2	3	4	5	6
<b>Скважина номер 3. Абсолютная отметка устья 35,1 м</b>					
1	ml IV	См. табл. В.3 приложения В	32,0	34,8	34,8
2	lg III	Суглинок ленточный, мягкопластичный	30,6		
3	g III	Песок гравелистый, плотный, водонасыщенный	28,0	30,6	34,0
4	g III	Суглинок с гравием, галькой, тугопластичный	25,2		
5	$\epsilon_1$	Глина голубая, твердая	23,1		
<b>Скважина номер 4. Абсолютная отметка устья 33,2 м</b>					
1	ml IV	См. табл. В.3 приложения В	30,2	33,0	33,0
2	lg III	Суглинок ленточный, мягкопластичный	28,3		
3	g III	Песок гравелистый, плотный, водонасыщенный	26,1	28,3	33,0
4	g III	Суглинок с гравием, тугопластичный	22,6		
5	$\epsilon_1$	Глина голубая, твердая	21,6		
<b>Скважина номер 5. Абсолютная отметка устья 31,0 м</b>					
1	ml IV	Песок мелкий, средней плотности	28,2	29,2	29,2
2	lg III	Суглинок ленточный, мягкопластичный	25,7		
3	g III	Песок, крупный, плотный, водонасыщенный	24,2		
4	g III	Суглинок с гравием, галькой, тугопластичная	22,0		
5	$\epsilon_1$	Глина голубая, твердая	20,0		
<b>Скважина номер 6. Абсолютная отметка устья 33,6 м</b>					
1	ml IV	Песок мелкий, рыхлый	31,4	33,4	33,4
2	lg III	Суглинок ленточный, мягкопластичный	29,2		
3	g III	Песок гравелистый, плотный, водонасыщенный	26,4		
4	g III	Суглинок с гравием, галькой, тугопластичный	25,7		
5	$\epsilon_1$	Глина голубая, твердая	21,2		

1	2	3	4	5	6
<b>Скважина номер 7. Абсолютная отметка устья 31,4 м</b>					
1	ml IV	См. табл. В.3 приложения В	29,1	31,1	31,1
2	lg III	Суглинок ленточный, мягкопластичный	27,8		
3	g III	Песок гравелистый, плотный, водонасыщенный	25,9	27,8	30,8
4	g III	Суглинок с гравием, галькой, тугопластичный	22,9		
5	Є <sub>1</sub>	Глина голубая, твердая	21,4		
<b>Скважина номер 8. Абсолютная отметка устья 47,5 м</b>					
1	ml IV	Супесь пылеватая, пластичная	46,5		
2	ml IV	Песок мелкий, средней плотности	44,5	46,0	46,0
3	g III	Суглинок с гравием, галькой, полутвердый	40,5		
4	О <sub>1</sub>	Известняк трещиноватый	37,5		
<b>Скважина номер 9. Абсолютная отметка устья 50,2 м</b>					
1	ml IV	См. табл. В.3 приложения В	45,5	49,3	49,3
2	g III	Суглинок с гравием, галькой, тугопластичный	42,2		
3	О <sub>1</sub>	Известняк трещиноватый	40,2	42,1	48,9
<b>Скважина номер 10. Абсолютная отметка устья 49,0 м</b>					
1	ml IV	Песок пылеватый, средней плотности	44,8	48,2	48,2
2	g III	Суглинок с гравием, галькой, тугопластичный	40,1		
3	О <sub>1</sub>	Известняк трещиноватый	38,2		
<b>Скважина номер 11. Абсолютная отметка устья 47,0 м</b>					
1	ml IV	Песок пылеватый, средней плотности	44,0	46,2	46,2
2	g III	Суглинок с гравием, галькой, тугопластичный	39,1		
3	О <sub>1</sub>	Известняк трещиноватый	37,0		
<b>Скважина номер 12. Абсолютная отметка устья 50,8 м</b>					
1	t IV	Насыпной слой	49,8		
2	ml IV	См. табл. В.3 приложения В	46,2	49,7	49,7
3	g III	Суглинок с гравием, тугопластичный	41,9		
4	О <sub>1</sub>	Известняк трещиноватый	40,8	41,9	49,0

1	2	3	4	5	6
<b>Скважина номер 13. Абсолютная отметка устья 49,5 м</b>					
1	ml IV	См. табл. В.3 приложения В	46,5	48,3	48,3
2	g III	Суглинок с гравием, тугопластичный	41,2		
3	O1	Известняк трещиноватый	40,5	41,1	47,2
<b>Скважина номер 14. Абсолютная отметка устья 37,4 м</b>					
1	b IV	Торф	36,7	37,2	37,2
2	ml IV	Супесь пылеватая, пластичная	34,7		
3	g III	Суглинок с гравием, тугопластичный	29,2		
4	O1	Известняк трещиноватый	25,4		
<b>Скважина номер 15. Абсолютная отметка устья 13,8 м</b>					
1	t IV	Насыпной грунт	13,0		
2	ml IV	См. табл. В.3 приложения В	10,1	12,9	12,9
3	lg III	Суглинок ленточный, текучий	7,0		
4	g III	Супесь песчанистая, с гравием, пластичная	5,9	7,0	12,0
5	g III	Суглинок с гравием, галькой, полутвердый	4,8		
<b>Скважина номер 16. Абсолютная отметка устья 14,6 м</b>					
1	ml IV	Песок мелкий, средней плотности	12,4	13,8	13,8
2	lg III	Суглинок ленточный, текучий	8,5		
3	g III	Супесь песчанистая, с гравием, пластичная	6,1		
4	g III	Суглинок с гравием, галькой, тугопластичный	4,6		
<b>Скважина номер 17. Абсолютная отметка устья 17,0 м</b>					
1	ml IV	Песок пылеватый, средней плотности	13,2	15,2	15,2
2	lg III	Суглинок ленточный, текучий	10,3		
3	g III	Супесь песчанистая, с гравием, пластичная	8,1		
5	g III	Суглинок с гравием, галькой, тугопластичный	5,0		
<b>Скважина номер 18. Абсолютная отметка устья 15,9 м</b>					
1	ml IV	См. табл. В.3 приложения В	12,2	15,5	15,5
2	lg III	Суглинок ленточный, текучий	10,8		
3	g III	Супесь песчанистая, с гравием, пластичная	9,5	10,7	14,5
4	g III	Суглинок с гравием, полутвердый	6,9		

1	2	3	4	5	6
<b>Скважина номер 19. Абсолютная отметка устья 15,2 м</b>					
1	t IV	Насыпной грунт	14,3		
2	ml IV	Песок мелкий, средней плотности	12,2	14,3	14,3
3	lg III	Суглинок ленточный, мягкопластичный	9,5		
4	g III	Супесь песчанистая, с гравием, пластичная	6,4		
5	g III	Суглинок с гравием, тугопластичный	5,2		
<b>Скважина номер 20. Абсолютная отметка устья 16,9 м</b>					
1	ml IV	См. табл. В.3 приложения В	13,0	16,2	16,2
2	lg III	Суглинок ленточный, текучий	10,9		
3	g III	Супесь песчанистая, с гравием, пластичная	8,2	10,8	16,5
4	g III	Суглинок с гравием, полутвердый	6,9		
<b>Скважина номер 21. Абсолютная отметка устья 18,4 м</b>					
1	ml IV	Песок пылеватый, средней плотности	14,5	17,3	17,3
2	lg III	Суглинок ленточный, текучий	10,5		
3	g III	Супесь песчанистая, с гравием пластичная	7,4		
4	g III	Суглинок с гравием, полутвердый	6,4		
<b>Скважина номер 22. Абсолютная отметка устья 18,3 м</b>					
1	ml IV	Песок пылеватый, средней плотности	14,2	17,6	17,6
2	lg III	Суглинок ленточный, текучий	10,3		
3	g III	Супесь песчанистая, с гравием пластичная	8,5		
4	g III	Суглинок с гравием, галькой, полутвердый	6,3		
<b>Скважина номер 23. Абсолютная отметка устья 13,8 м</b>					
1	ml IV	Песок, мелкий, средней плотности	10,5	12,2	12,2
2	b IV	Торф	9,5		
3	lg III	Суглинок слоистый, текучий	7,8		
4	g III	Суглинок с гравием, тугопластичный	3,8		
<b>Скважина номер 24. Абсолютная отметка устья 15,1 м</b>					
1	ml IV	См. табл. В.3 приложения В	10,5	14,0	14,0
2	lg III	Суглинок слоистый, текучий	7,2		
3	g III	Песок крупный, плотный, водонасыщенный	5,1	7,2	13,5
4	g III	Суглинок с гравием, тугопластичный	4,1		

1	2	3	4	5	6
<b>Скважина номер 25. Абсолютная отметка устья 15,6 м</b>					
1	ml IV	Песок средней крупности, средней плотности	11,9	14,9	14,9
2	lg III	Суглинок слоистый, мягкопластичный	8,2		
3	g III	Песок крупный, плотный, водонасыщенный	5,6		
4	g III	Суглинок с гравием, тугопластичный	4,6		
<b>Скважина номер 26. Абсолютная отметка устья 16,1 м</b>					
1	ml IV	См. табл. В.3 приложения В	12,4	15,5	15,6
2	lg III	Суглинок слоистый, мягкопластичный	8,1		
3	g III	Песок крупный, плотный, водонасыщенный	5,4	8,0	14,6
4	g III	Суглинок с гравием, тугопластичный	4,1		
<b>Скважина номер 27. Абсолютная отметка устья 13,7 м</b>					
1	t IV	Насыпной грунт	13,1		
2	ml IV	Песок мелкий средней плотности	11,9	12,6	12,6
3	lg III	Суглинок слоистый, мягкопластичный	9,1		
4	lg III	Песок крупный, плотный, водонасыщенный	6,9		
5	g III	Суглинок с гравием, полутвердый	4,5		
<b>Скважина номер 28. Абсолютная отметка устья 14,3 м</b>					
1	ml IV	См. табл. В.3 приложения В	10,5	12,9	13,0
2	lg III	Суглинок, слоистый, мягкопластичный	7,5		
3	g III	Песок, крупный, плотный, водонасыщенный	6,2	7,5	14,0
4	g III	Суглинок с гравием, полутвердый	4,3		
<b>Скважина номер 29. Абсолютная отметка устья 15,6 м</b>					
1	ml IV	Песок средней крупности. средней плотности	12,0	15,0	15,0
2	lg III	Суглинок слоистый, мягкопластичный	9,0		
3	g III	Песок, крупный, плотный, водонасыщенный	7,2		
4	g III	Супесь с гравием, твердая	5,6		

1	2	3	4	5	6
<b>Скважина номер 30. Абсолютная отметка устья 15,7 м</b>					
1	ml IV	Песок средней крупности. средней плотности	12,5	15,5	15,5
2	lg III	Суглинок слоистый, мягкопластичный	10,5		
3	g III	Песок крупный, плотный, водонасыщенный	7,8		
4	g III	Супесь с гравием, пластичная	5,5		
<b>Скважина номер 31. Абсолютная отметка устья 16,5 м</b>					
1	t IV	Насыпной слой	15,8		
2	ml IV	Песок пылеватый, средней плотности	13,5	15,7	15,7
3	lg III	Суглинок ленточный, мягкопластичный	10,8		
4	lg III	Супесь слоистая, пластичная	8,6		
5	g III	Суглинок с гравием, полутвердый	6,5		
<b>Скважина номер 32. Абсолютная отметка устья 17,2 м</b>					
1	t IV	Насыпной слой	16,5		
2	ml IV	Песок пылеватый, средней плотности	13,5	16,4	16,4
3	lg III	Суглинок ленточный, тугопластичный	10,1		
4	lg III	Супесь слоистая, пластичная	9,0		
5	g III	Песок гравелистый, плотный, водонасыщенный	8,1		
6	g III	Суглинок с гравием, полутвердый	6,2		
<b>Скважина номер 33. Абсолютная отметка устья 17,7 м</b>					
1	ml IV	См. табл. В.3 приложения В	14,2	17,0	17,1
2	lg III	Суглинок ленточный, тугопластичный	11,5		
3	g III	Песок гравелистый, плотный, водонасыщенный	9,0	11,4	15,8
4	g III	Суглинок с гравием, полутвердый	7,7		
<b>Скважина номер 34. Абсолютная отметка устья 18,5 м</b>					
1	ml IV	См. табл. В.3 приложения В	14,8	17,4	17,5
2	lg III	Суглинок ленточный, мягкопластичный	11,6		
3	g III	Песок гравелистый, плотный, водонасыщенный	10,5	11,5	16,5
4	g III	Суглинок с гравием, полутвердый	6,5		

1	2	3	4	5	6
<b>Скважина номер 35. Абсолютная отметка устья 18,9 м</b>					
1	ml IV	Песок пылеватый, средней плотности	14,2	18,4	18,5
2	lg III	Суглинок ленточный, мягкопластичный	10,2		
3	g III	Песок гравелистый, плотный, водонасыщенный	8,4		
4	g III	Суглинок с гравием, полутвердый	6,9		
<b>Скважина номер 36. Абсолютная отметка устья 16,4 м</b>					
1	ml IV	См. табл. В.3 приложения В	13,9	15,3	15,4
2	lg III	Суглинок ленточный, мягкопластичный	11,4		
3	g III	Песок гравелистый, плотный, водонасыщенный	8,5	11,3	15,9
4	g III	Суглинок с гравием, твердый	6,4		
<b>Скважина номер 37. Абсолютная отметка устья 17,3 м</b>					
1	ml IV	Песок пылеватый, средней плотности	14,3	16,0	16,0
2	lg III	Суглинок, ленточный, текучепластичный	11,0		
3	g III	Песок гравелистый, плотный, водонасыщ.	8,2		
4	g III	Суглинок с гравием, твердый	6,3		
<b>Скважина номер 38. Абсолютная отметка устья 18,1 м</b>					
1	ml IV	Песок пылеватый, средней плотности	14,5	17,0	17,0
2	lg III	Суглинок ленточный, текучепластичный	11,9		
3	lg III	Супесь слоистая, пластичная	10,2		
4	g III	Песок гравелистый, плотный, водонасыщ.	8,5		
5	g III	Суглинок с гравием, твердый	6,1		
<b>Скважина номер 39. Абсолютная отметка устья 2,6 м</b>					
1	ml IV	Песок пылеватый, средней плотности	-0,4	1,9	1,9
2	lg III	Суглинок слоистый, мягкопластичный	-2,4		
3	g III	Песок крупный, плотный, водонасыщенный	-5,6		
4	g III	Суглинок с гравием, галькой, полутвердый	-7,4		

1	2	3	4	5	6
<b>Скважина номер 40. Абсолютная отметка устья 2,0 м</b>					
1	ml IV	См. табл. В.3 приложения В	-1,0	1,8	1,8
2	lg III	Суглинок слоистый, мягкопластичный	-2,2		
3	g III	Песок крупный, плотный, водонасыщенный	-6,5	-2,4	1,6
4	g III	Суглинок с гравием, галькой, полутвердый	-7,2		
<b>Скважина номер 41. Абсолютная отметка устья 2,0 м</b>					
1	ml IV	Песок пылеватый, средней плотности	0,2	1,4	1,5
2	lg III	Суглинок слоистый, текучий	-2,5		
3	g III	Супесь с гравием, пластичная	-4,0		
4	g III	Суглинок с гравием, галькой, полутвердый	-6,5		
<b>Скважина номер 42. Абсолютная отметка устья 4,2 м</b>					
1	ml IV	См. табл. В.3 приложения В	0,2	4,0	4,1
2	lg III	Суглинок слоистый, мягкопластичный	-2,3		
3	g III	Супесь с гравием, пластичная	-4,3	-2,3	3,5
4	g III	Суглинок с гравием, галькой, полутвердый	-5,8		
<b>Скважина номер 43. Абсолютная отметка устья 4,8 м</b>					
1	ml IV	Песок пылеватый, средней плотности	1,8	4,1	4,2
2	b IV	Торф	0,8		
3	lg III	Суглинок слоистый мягкопластичный	-1,2		
4	g III	Супесь с гравием, пластичная	-4,2		
5	g III	Глина с гравием, галькой, твердая	-5,2		
<b>Скважина номер 44. Абсолютная отметка устья 3,5 м</b>					
1	ml IV	Песок пылеватый, средней плотности	1,5	2,9	2,9
2	b IV	Торф	0,8		
3	lg III	Суглинок слоистый, мягкопластичный	-2,5		
4	g III	Супесь с гравием, пластичная	-4,5		
5	g III	Суглинок с гравием, галькой, полутвердая	-6,5		

1	2	3	4	5	6
<b>Скважина номер 45. Абсолютная отметка устья 3,8 м</b>					
1	ml IV	См. табл. В.3 приложения В	2,0	2,8	2,9
2	lg III	Суглинок слоистый, мягкопластичный	-2,4		
3	g III	Супесь с гравием, пластичная	-5,2	-2,4	2,0
4	g III	Суглинок с гравием, галькой, полутвердый	-6,2		
<b>Скважина номер 46. Абсолютная отметка устья 3,0 м</b>					
1	ml IV	Песок мелкий, средней плотности	-0,2	2,5	2,6
2	lg III	Суглинок слоистый, текучий	-3,2		
3	g III	Супесь с гравием, пластичная	-5,5		
4	g III	Глина с гравием, галькой, твердая	-7,0		
<b>Скважина номер 47. Абсолютная отметка устья 18,6 м</b>					
1	ml IV	См. табл. В.3 приложения В	15,2	17,2	17,4
2	D <sub>1</sub>	Глина красная, полутвердая	13,0		
3	O <sub>1</sub>	Известняк трещиноватый	10,6	12,9	17,5
<b>Скважина номер 48. Абсолютная отметка устья 18,1 м</b>					
1	ml IV	Песок средней крупности, средней плотности	15,1	17,6	17,6
2	D <sub>1</sub>	Глина красная, полутвердая	13,4		
3	O <sub>1</sub>	Известняк трещиноватый	10,1		
<b>Скважина номер 49. Абсолютная отметка устья 19,2 м</b>					
1	ml IV	Песок средней крупности, средней плотности	16,5	18,6	18,7
2	D <sub>1</sub>	Глина красная, твердая	14,9		
3	O <sub>1</sub>	Известняк трещиноватый	11,2		
<b>Скважина номер 50. Абсолютная отметка устья 18,5 м</b>					
1	ml IV	Песок средней крупности, средней плотности	14,5	17,6	17,6
2	D <sub>1</sub>	Глина красная, полутвердая	12,5		
3	O <sub>1</sub>	Известняк трещиноватый	10,5		
<b>Скважина номер 51. Абсолютная отметка устья 19,5 м</b>					
1	ml IV	См. табл. В.3 приложения В	16,0	18,3	18,3
2	g III	Суглинок с гравием, галькой, тугопластичный	15,5		
3	D <sub>1</sub>	Глина красная, полутвердая	13,5		
4	O <sub>1</sub>	Известняк трещиноватый	11,5	13,5	18,6

1	2	3	4	5	6
<b>Скважина номер 52. Абсолютная отметка устья 18,9 м</b>					
1	ml IV	Песок средней крупности, средней плотности	15,5	17,8	17,8
2	g III	Суглинок с гравием, галькой, тугопластичный	14,0		
3	D <sub>1</sub>	Глина красная, полутвердая	12,5		
4	O <sub>1</sub>	Известняк трещиноватый	10,9		
<b>Скважина номер 53. Абсолютная отметка устья 19,7 м</b>					
1	ml IV	См. табл. В.3 приложения В	16,5	18,4	18,4
2	g III	Суглинок с гравием, галькой, мягкопластичный	15,2		
3	D <sub>1</sub>	Глина красная, полутвердая	13,0		
4	O <sub>1</sub>	Известняк трещиноватый	11,7	12,9	17,5
<b>Скважина номер 54. Абсолютная отметка устья 20,0 м</b>					
1	ml IV	Песок средней крупности, средней плотности	16,0	19,2	19,2
2	g III	Суглинок с гравием, галькой, мягкопластичный	14,8		
3	D <sub>1</sub>	Глина красная, полутвердая	13,5		
4	O <sub>1</sub>	Известняк трещиноватый	12,5		
<b>Скважина номер 55. Абсолютная отметка устья 2,6 м</b>					
1	ml IV	Песок пылеватый, средней плотности	-0,5	1,3	1,5
2	lg III	Глина ленточная, мягкопластичная	-1,8		
3	g III	Супесь с гравием, пластичная	-4,0		
4	g III	Суглинок с гравием, тугопластичный	-6,0		
5	g III	Супесь с гравием, твердая	-7,5		
<b>Скважина номер 56. Абсолютная отметка устья 3,0 м</b>					
1	ml IV	См. табл. В.3 приложения В	0,4	2,0	2,1
2	lg III	Глина ленточная, мягкопластичная	-1,4		
3	g III	Супесь с гравием, пластичная	-2,8	-1,5	2,8
4	g III	Суглинок с гравием, тугопластичный	-4,8		
5	g III	Супесь с гравием, твердая	-6,0		

1	2	3	4	5	6
<b>Скважина номер 57. Абсолютная отметка устья 4,2 м</b>					
1	ml IV	Песок пылеватый, средней плотности	1,1	3,3	3,4
2	lg III	Глина ленточная, мягкопластичная	-1,9		
3	g III	Суглинок с гравием, тугопластичный	-5,0		
4	g III	Супесь с гравием, твердая	-5,8		
<b>Скважина номер 58. Абсолютная отметка устья 3,2 м</b>					
1	ml IV	Песок пылеватый, средней плотности	1,2	3,1	3,1
2	lg III	Глина ленточная, мягкопластичная	-2,8		
3	g III	Супесь с гравием, пластичная	-5,6		
4	g III	Суглинок с гравием, полутвердый	-7,5		
<b>Скважина номер 59. Абсолютная отметка устья 4,0 м</b>					
1	ml IV	См. табл. В.3 приложения В	2,0	3,5	3,5
2	lg III	Глина ленточная, мягкопластичная	-1,0		
3	g III	Супесь с гравием, пластичная	-3,6	-1,0	3,0
4	g III	Суглинок с гравием, полутвердый	-5,9		
<b>Скважина номер 60. Абсолютная отметка устья 3,0 м</b>					
1	ml IV	См. табл. В.3 приложения В	0,5	1,9	2,0
2	lg III	Глина ленточная, мягкопластичная	-1,3		
3	g III	Супесь с гравием, пластичная	-3,5	-1,3	1,5
4	g III	Суглинок с гравием, полутвердый	-6,0		
<b>Скважина номер 61. Абсолютная отметка устья 4,0 м</b>					
1	t IV	Насыпной слой	3,2		
2	ml IV	Песок пылеватый, рыхлый	1,5	3,1	3,1
3	lg III	Суглинок ленточный мягкопластичный	-2,1		
4	g III	Супесь с гравием, пластичная	-4,3		
5	g III	Суглинок с гравием, полутвердый	-6,0		
<b>Скважина номер 62. Абсолютная отметка устья 4,6 м</b>					
1	t IV	Насыпной слой	4,0		
2	ml IV	Песок пылеватый, рыхлый	0,2	3,9	3,9
3	lg III	Суглинок ленточный мягкопластичный	-2,5		
4	g III	Супесь с гравием, пластичная	-4,0		
5	g III	Суглинок с гравием, полутвердый	-5,4		

1	2	3	4	5	6
<b>Скважина номер 63. Абсолютная отметка устья 10,6 м</b>					
1	ml IV	Песок мелкий, средней плотности	7,6	9,1	9,2
2	lg III	Суглинок слоистый, мягкопластичный	5,4		
3	lg III	Супесь слоистая, пластичная	4,6		
4	g III	Песок крупный, средней плотности, водонасыщенный	2,2		
5	g III	Супесь с гравием, пластичная	1,6		
6	Є1	Глина голубая, твердая	0,6		
<b>Скважина номер 64. Абсолютная отметка устья 11,2 м</b>					
1	ml IV	Песок мелкий, средней плотности	9,2	10,8	10,8
2	ml IV	Супесь с растительными остатками, пластичная	8,4		
3	lg III	Суглинок слоистый, мягкопластичный	5,2		
4	g III	Песок крупный, средней плотности, водонасыщенный	3,2		
5	g III	Супесь с гравием, пластичная	2,2		
6	Є <sub>1</sub>	Глина голубая, полутвердая	1,2		
<b>Скважина номер 65. Абсолютная отметка устья 9,3 м</b>					
1	ml IV	Песок мелкий, средней плотности	6,5	8,1	8,3
2	lg III	Суглинок слоистый, мягкопластичный	5,3		
3	g III	Песок гравелистый, средней плотности, водонасыщенный	3,2		
4	g III	Супесь с гравием, пластичная	1,8		
5	Є <sub>1</sub>	Глина голубая, твердая	-0,7		
<b>Скважина номер 66. Абсолютная отметка устья 10,7 м</b>					
1	ml IV	Песок крупный, средней плотности	7,7	10,6	10,6
2	lg III	Суглинок слоистый, мягкопластичный	5,2		
3	g III	Песок гравелистый, ср. плотности, водонасыщенный	2,1		
4	Є <sub>1</sub>	Глина голубая, полутвердая	0,7		

1	2	3	4	5	6
<b>Скважина номер 67. Абсолютная отметка устья 11,4 м</b>					
1	ml IV	См. табл. В.3 приложения В	7,4	11,1	11,1
2	lg III	Суглинок слоистый, мягкопластичный	5,8		
3	g III	Песок гравелистый, средней плотности, водонасыщенный	2,8	5,8	10,2
4	Є <sub>1</sub>	Глина голубая, полутвердая	1,9		
<b>Скважина номер 68. Абсолютная отметка устья 10,5 м</b>					
1	ml IV	См. табл. В.3 приложения В	7,8	10,3	10,4
2	lg III	Суглинок слоистый, мягкопластичный	5,5		
3	g III	Песок крупный, средней плотности, водонасыщенный	3,5	5,5	10,2
4	Є <sub>1</sub>	Глина голубая, полутвердая	2,5		
<b>Скважина номер 69. Абсолютная отметка устья 10,8 м</b>					
1	ml IV	См. табл. В.3 приложения В	8,5	10,1	10,1
2	lg III	Суглинок слоистый, мягкопластичный	6,5		
3	g III	Песок гравелистый, плотный, водонасыщенный	4,2	6,5	9,2
4	Є <sub>1</sub>	Глина голубая, полутвердая	2,8		
<b>Скважина номер 70. Абсолютная отметка устья 11,3 м</b>					
1	ml IV	Песок крупный, средней плотности	7,5	9,6	9,6
2	lg III	Суглинок слоистый, мягкопластичный	6,0		
3	lg III	Супесь слоистая пластичная	5,3		
4	g III	Песок гравелистый, плотный, водонасыщенный	4,1		
5	Є <sub>1</sub>	Глина голубая, тугопластичная	2,3		
<b>Скважина номер 71. Абсолютная отметка устья 23,5 м</b>					
1	ml IV	См. табл. В.3 приложения В	19,4	21,0	21,0
2	lg III	Суглинок ленточный, мягкопластичный	17,8		
3	g III	Песок крупный, средней плотности, водонасыщенный	15,5	17,8	20,5
4	g III	Суглинок с гравием, мягкопластичный	14,5		
5	Є <sub>1</sub>	Глина голубая, полутвердая	13,5		

1	2	3	4	5	6
<b>Скважина номер 72. Абсолютная отметка устья 22,9 м</b>					
1	ml IV	Песок мелкий, рыхлый	20,7		
2	ml IV	Супесь пылеватая, пластичная	19,4	20,4	20,4
3	lg III	Суглинок ленточный, мягкопластичный	16,9		
4	g III	Песок крупный, средней плотности, водонасыщенный	14,5		
5	g III	Суглинок с гравием, мягкопластичный	13,9		
6	Є <sub>1</sub>	Глина голубая, полутвердая	12,9		
<b>Скважина номер 73. Абсолютная отметка устья 23,1 м</b>					
1	ml IV	См. табл. В.3 приложения В	19,1	21,2	21,2
2	lg III	Суглинок ленточный, мягкопластичный	17,8		
3	g III	Песок крупный, средней плотности, водонасыщенный	15,6	17,8	19,0
4	g III	Суглинок с гравием, мягкопластичный	14,5		
5	Є <sub>1</sub>	Глина голубая, полутвердая	13,6		
<b>Скважина номер 74. Абсолютная отметка устья 23,6 м</b>					
1	ml IV	Песок средней крупности, средней плотности	20,6	22,8	22,8
2	lg III	Суглинок ленточный, мягкопластичный	18,1		
3	g III	Песок крупный, средней плотности, водонасыщенный	16,5		
4	g III	Суглинок с гравием, мягкопластичный	14,6		
5	Є <sub>1</sub>	Глина голубая, полутвердая	13,6		
<b>Скважина номер 75. Абсолютная отметка устья 24,0 м</b>					
1	ml IV	Песок мелкий, средней плотности	21,1	22,6	22,6
2	lg III	Суглинок ленточный, мягкопластичный	19,0		
3	g III	Песок крупный, средней плотности, водонасыщенный	16,5		
4	g III	Суглинок с гравием, мягкопластичный	15,3		
5	Є <sub>1</sub>	Глина голубая, твердая	14,0		

Продолжение прил. Б

1	2	3	4	5	6		
<b>Скважина номер 76. Абсолютная отметка устья 22,9 м</b>							
1	ml IV	Песок мелкий, рыхлый	19,5	21,0	21,0		
2	lg III	Суглинок ленточный, мягкопластичный	18,0				
3	g III	Песок гравелистый, средней плотности, водонасыщенный	16,2				
4	g III	Суглинок с гравием, тугопластичный	15,2				
5	Є <sub>1</sub>	Глина голубая, твердая	13,4				
<b>Скважина номер 77. Абсолютная отметка устья 23,0 м</b>							
1	ml IV	Песок средней крупности, средней плотности	19,4	21,8	21,8		
2	lg III	Суглинок ленточный, мягкопластичный	17,8				
3	g III	Песок крупный, средней плотности, водонасыщенный	15,5				
4	g III	Суглинок с гравием, тугопластичный	14,5				
5	Є <sub>1</sub>	Глина голубая, твердая	13,5				
<b>Скважина номер 78. Абсолютная отметка устья 23,2 м</b>							
1	ml IV	См. табл. В.3 приложения В	19,5	22,1	22,1		
2	lg III	Суглинок ленточный, тугопластичный	16,9				
3	g III	Песок крупный, средней плотности, водонасыщенный	14,5			16,9	19,5
4	g III	Суглинок с гравием, тугопластичный	13,9				
5	Є <sub>1</sub>	Глина голубая, твердая	12,9				

## Приложение В. ХАРАКТЕРИСТИКИ ГРУНТОВ И ПОДЗЕМНЫХ ВОД

В данном приложении в табл. В.1–В.6 приведены установленные в лаборатории характеристики грунтов, вскрытых скважинами 1–78 (см. приложения А и Б), а также обнаруженных в них грунтовых вод.

Данные таблиц В.1 и В.2 следует использовать при определении инженерно-геологических элементов на инженерно-геологическом разрезе, а также при выполнении расчетов.

Данные табл. В.3 следует использовать для определения наименования и свойств слоя грунта в тех заданных скважинах, в которых вместо наименования грунта дана ссылка на эту таблицу.

Данные табл. В.4 следует использовать для определения разновидности грунта неназванного слоя по плотности, при определении инженерно-геологических элементов на инженерно-геологическом разрезе, а также при выполнении расчетов.

Данные табл. В.5 следует использовать при определении агрессивного воздействия грунтовых вод на бетон фундамента здания (сооружения).

Данные табл. В.6 следует использовать при определении притока грунтовых вод в строительные выработки, скоростей потоков и при определении агрессивного воздействия грунтовых вод на бетон фундаментов.

*Таблица В.1*

### Физико-механические характеристики песков

Грунт	Индекс слоя	Плотность частиц $\rho_s$ , г/см <sup>3</sup>	Плотность $\rho$ , г/см <sup>3</sup>	Модуль деформации песка $E$ , МПа		
				Плотного	Средней плотности	Рыхлого
Песок крупный	ml IV	2,65	1,64	40–50	30–40	30
Песок средней крупности	ml IV	2,65	1,65	40–50	30–40	30
Песок мелкий	ml IV	2,65	1,74	33–48	18–33	18
Песок пылеватый	ml IV	2,66	1,80	23–39	11–23	11

Таблица В.2

**Физико-механические характеристики глинистых грунтов  
и торфа**

Грунт	Индекс слоя	Плотность частиц грунта $\rho_s$ , г/см <sup>3</sup>	Плотность $\rho$ , г/см <sup>3</sup>	Число пластичности $I_p$ , д. ед.	Пористость $n$ , д. ед.	Коэффициент пористости $e$ , д. ед.	Модуль деформации $E$ , МПа
Супесь пылевая	ml IV	2,62	1,85	0,06	0,51	1,05	7–15
Суглинок слоистый	lg III	2,71	2,05	0,12	0,38	0,60	8–21
Суглинок ленточный	lg III	2,71	1,92	0,15	0,47	0,90	6–12
Глина ленточная	lg III	2,72	1,94	0,18	0,39	0,64	3–25
Суглинок с гравием	g III	2,71	2,15	0,14	0,31	0,45	20–30
Глина красная	D <sub>1</sub>	2,79	2,01	0,19	0,38	0,62	30–35
Глина синяя	Є <sub>1</sub>	2,77	2,16	0,18	0,32	0,46	35–45
Торф верховой слаборазложившийся	b IV	1,50	0,90	–	0,91	18	0,8
Торф низинный разложившийся	b IV	1,70	1,10	–	0,85	7	1,2

Таблица В.3

## Результаты гранулометрического анализа грунтов

№ участка	№ скважи- ны	Галь- ка >100	Гравий		Песчаные					Пылеватые		Глини- стые <0,002
			10-5	5-2	2-1	1- 0,5	0,5- 0,25	0,25- 0,1	0,1- 0,05	0,05- 0,01	0,01- 0,002	
1	3	-	-	-	1	2	5	7	58	12	13	2
	4	-	-	-	5	6	18	20	31	10	8	2
	7	-	-	-	6	6	25	42	11	8	2	-
2	9	-	-	-	7	10	10	11	36	15	9	2
	12	-	1	2	4	8	21	40	12	8	3	1
	13	-	-	-	4	11	22	39	13	7	4	-
3	15	-	-	1	1	1	16	57	17	5	2	-
	18	-	-	-	1	2	8	23	39	15	10	2
	20	-	-	-	2	5	25	45	13	8	2	-
4	24	-	1	2	8	18	31	13	12	10	4	1
	26	-	2	3	7	14	27	22	15	10	-	-
	28	2	4	11	3	4	18	38	8	6	6	-
5	33	-	-	-	9	11	26	11	16	14	12	1
	34	-	1	4	2	4	17	19	24	21	6	2
	36	-	2	3	5	6	12	27	25	15	8	2
6	40	-	3	5	5	6	15	26	23	13	4	-
	42	-	-	-	4	6	11	31	27	18	3	-
	45	-	-	-	6	7	27	36	13	7	3	1
7	47	-	-	-	10	12	34	20	11	9	4	-
	51	-	1	2	6	15	34	18	11	8	5	-
	53	-	1	1	12	20	39	17	7	3	-	-
8	56	-	-	-	2	3	17	38	30	4	5	1
	59	-	-	-	2	2	6	22	32	18	16	2
	60	-	-	-	2	3	19	30	18	16	11	1
9	67	-	3	5	28	20	20	10	9	3	2	-
	68	-	1	1	2	4	20	50	9	6	5	2
	69	-	5	7	24	18	14	12	10	7	3	-
10	71	-	1	1	13	17	37	21	6	4	-	-
	73	-	1	1	12	16	36	15	10	5	3	1
	78	5	5	6	10	20	22	12	8	5	6	1

Таблица В.4

**Физико-механические характеристики грунтов,  
гранулометрический состав которых представлен в табл. В.3**

Грунт	Индекс слоя	Плотность частиц грунта $\rho_s$ , г/см <sup>3</sup>	Плотность $\rho$ , г/см <sup>3</sup>	Пористость $n$ , д. ед.	Коэффициент пористости $e$ , д. ед.	Модуль деформации $E$ , МПа
Песок крупный	ml IV	2,65	1,64	0,40	0,68	35–40
Песок средней крупности	ml IV	2,65	1,65	0,40	0,66	30–35
Песок мелкий	ml IV	2,65	1,74	0,41	0,69	20–30
Песок пылеватый	ml IV	2,66	1,80	0,38	0,62	12–15

Таблица В.5

**Данные химического анализа грунтовых вод**

№ скважины	K+Na	Mg	Ca	Cl	SO <sub>4</sub>	HCO <sub>3</sub>	pH
3	434	77	137	687	48	702	7,2
4	55	7	59	50	4	269	7,0
7	104	13	28	196	38	37	5,0
9	159	43	180	114	50	928	6,6
12	175	27	128	150	310	338	6,2
13	41	21	52	112	97	55	7,4
15	53	9	113	49	205	185	6,2
18	90	59	140	140	310	329	6,7
20	342	82	150	663	50	561	7,4
24	250	48	190	510	385	109	6,9
25	383	16	20	373	88	396	6,1
28	228	89	25	357	245	199	6,7
33	55	18	118	112	78	303	5,7
34	250	48	190	510	385	109	6,9
36	65	8	22	23	130	71	6,6
40	85	67	234	124	97	941	6,7

Окончание табл. В.5

№ скважины	K+Na	Mg	Ca	Cl	SO <sub>4</sub>	HCO <sub>3</sub>	pH
42	828	54	190	1020	530	598	6,9
45	49	51	121	42	285	323	6,1
47	31	19	70	28	65	261	6,8
51	57	49	100	46	266	287	6,4
53	45	25	55	54	203	62	6,5
56	71	66	203	113	94	827	6,9
59	113	8	22	23	204	108	6,2
60	90	59	140	149	310	329	6,7
67	70	66	42	188	205	62	6,1
68	113	8	122	35	320	245	6,8
69	190	82	90	270	310	329	6,7
71	31	44	70	28	165	261	6,2
73	57	49	120	71	280	287	7,1
78	45	37	55	90	203	61	6,6

Таблица В.6

### Фильтрационные характеристики грунтов

Грунт (порода)	Коэффициент фильтрации $k$ , м/сут	Радиус влияния водоупора $R$ , м	Высота капиллярного поднятия $h_k$ , м
Пески гравелистые	50–100	120–150	–
Пески крупные	15–75	100–120	0,13
Пески средней крупности	5–15	70–80	0,15–0,35
Пески мелкие	2–5	50–60	0,35–1,1
То же, глинистые	1–5	30–40	0,4–1,2
Пески пылеватые	1–3	20–40	0,4–1,5
То же, глинистые	0,5–1	15–30	0,4–1,5
Супеси легкие	0,1–0,8	10–20	0,8–1,5
Супеси тяжелые	0,01–0,1	5–10	0,9–2,0
Торф слаборазложившийся	0,5–1,0	–	–
Торф сильноразложившийся	0,01–0,15	–	–

## Приложение Г. АНАЛИЗ ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО СОСТАВА

Рассматриваются результаты гранулометрического анализа грунта, используемые для построения суммарной кривой гранулометрического состава, определения наименования (разновидности) несвязного грунта по крупности, а также установления степени его неоднородности.

### *Определение разновидности грунта по гранулометрическому составу*

1. В таблицу по форме табл. Г.1 из табл. В.3 приложения В вписывают результаты гранулометрического анализа того грунта в *заданной* скважине, вместо наименования которого в описании скважины дана ссылка на табл. В.3 приложения В.

*Таблица Г.1*

#### **Пример: результаты гранулометрического анализа**

Диаметры частиц, мм	10–5	5–2	2–1	1–0,5	0,5–0,25	0,25–0,1	0,1–0,05	0,05–0,01	0,01–0,002	<0,002
Содержание фракций, %	5	7	4	3	11	20	25	15	8	2

*Таблица Г.2*

#### **Пример вспомогательной таблицы для определения разновидности грунта по крупности (составляется студентом)**

Диаметры частиц, мм	>10	>2	>0,5	>0,25	>0,1
Содержание по массе, %	–	12	19	30	50

2. На основе результатов гранулометрического анализа конкретного грунта составляют вспомогательную таблицу по форме табл. Г.2, последовательно суммируя содержание фракций в процентах, начиная с наиболее крупной.

3. Наименование (разновидность) несвязного грунта по крупности определяют по первому удовлетворяющему признаку (размер частиц и их содержание в грунте), начиная с верха табл. Д.1 приложения Д,

т. е. с крупнообломочных валунных грунтов. В примере в табл. Г.2 приведен грунт «песок пылеватый», так как содержание частиц крупнее 0,1 мм менее 75 %.

*Порядок построения суммарной кривой  
гранулометрического состава*

4. Суммарная кривая гранулометрического состава строится в полупологарифмических координатах  $\lg d - m$ , где  $d$  – размер частиц грунта, меньше которого в грунте содержится  $m$  процентов по массе.

Для построения графика по горизонтальной оси откладывают десятичные логарифмы размеров фракций от 0,001 мм до 10 мм.

Вертикальная ось представляет собой равномерную шкалу, на которой отмечают числа от 0 до 100 % (через 10 %).

Точки графика представляют собой суммарное процентное содержание в грунте частиц, размеры которых меньше соответствующего размера на горизонтальной оси. Например, если при просеивании через набор сит все частицы грунта проходят через сито с отверстиями диаметром 10 мм, то на графике значению 10 мм по горизонтальной оси будет соответствовать точка 100 % по вертикальной оси.

5. На основе результатов гранулометрического анализа конкретного грунта (см. пример в табл. Г.1) составляют вспомогательную таблицу по форме табл. Г.3, последовательно суммируя содержание фракций в процентах, начиная с наиболее мелкой.

*Таблица Г.3*

**Пример вспомогательной таблицы для построения графика  
(составляется студентом)**

Диаметры частиц, мм	<10	<5	<2	<1	<0,5	<0,25	<0,1	<0,05	<0,01	<0,002
Содержание по массе, %	100	95	88	84	81	70	50	25	10	2

6. Выбирают масштаб графика (пример графика изображен на рис. Г.1).

По вертикальной оси рекомендуется 10 % в одном сантиметре.

На горизонтальной оси в начале координат ставят число 0,001; затем откладывают отрезок (например, 4 см) вправо четыре раза,

делая отметки и ставя под концами отрезков числа 0,01; 0,1; 1; 10 мм, что соответствует размерам частиц грунта.

7. На отрезке между 1 и 10 горизонтальной оси от единицы вправо откладывают величины логарифмов промежуточных значений размеров частиц ( $\lg 2 = 0,30$ ;  $\lg 3 = 0,48$ ;  $\lg 4 = 0,60$ ;  $\lg 5 = 0,70$ ;  $\lg 6 = 0,78$ ;  $\lg 7 = 0,85$ ;  $\lg 8 = 0,90$ ;  $\lg 9 = 0,95$ ), умноженных на длину отрезка (4 см). Соответствующие точки и получают промежуточные значения размеров частиц (2; 3; 4; ... 9 мм).

Все четыре отрезка на горизонтальной шкале одинаковы. Поэтому на оставшихся трех отрезках промежуточные значения откладываются также от левой границы отрезка. Например, в промежутке между 0,01 и 0,1 от отметки 0,01 нужно отложить  $0,30 \cdot 4 = 1,2$  см до точки 0,02; далее от той же отметки 0,01 отложить  $0,48 \cdot 4 = 1,92$  см до точки 0,03 и так далее.

8. По данным промежуточной таблицы (см. пример в табл. Г.3) на график наносят соответствующие точки, которые соединяют плавной кривой.

В примере суммарной кривой на рис. Г.1 показано практическое ее применение: нахождение размеров  $d_{10}$  и  $d_{60}$ , которые используются для определения степени неоднородности несвязных грунтов  $C_u$ , а также для приближенной оценки фильтрационных свойств грунтов.

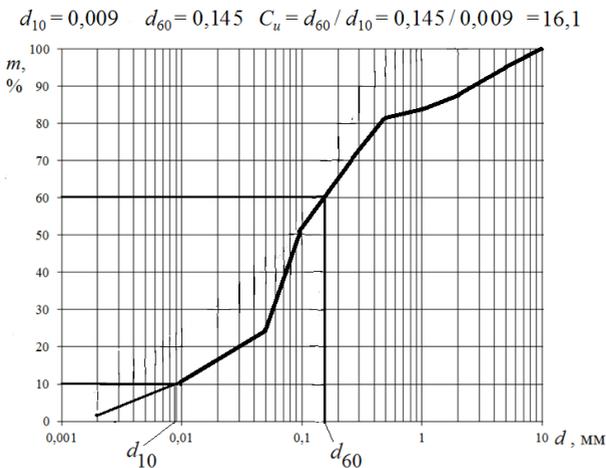


Рис. Г.1. Пример суммарной кривой гранулометрического состава

Порядок определения значений  $d_{10}$  и  $d_{60}$  следующий.

9. Из точек на вертикальной оси, соответствующих 10 и 60 %, проводят горизонтальные линии до пересечения с кривой; из точек пересечения опускают перпендикуляры на горизонтальную ось; полученные на ней точки покажут значения  $d_{10}$  и  $d_{60}$ .

*Определение степени неоднородности  
гранулометрического состава*

Степень неоднородности определяют по формуле  $C_u = d_{60} / d_{10}$ .

Крупнообломочные грунты и пески относят к разновидности неоднородных при  $C_u > 3$ ; при  $C_u \leq 3$  эти грунты однородные.

При  $C_u > 10$  грунты следует считать *потенциально* суффозионно-неустойчивыми. Окончательное суждение о суффозионной устойчивости таких грунтов в конкретных условиях, в том числе установившихся в результате водопонижения, можно вынести только после проверок с учетом параметров потоков подземных вод (см. приложение Н).

## Приложение Д. КЛАССИФИКАЦИИ ДИСПЕРСНЫХ ГРУНТОВ ПО ГОСТ 25100–2011

*Таблица Д.1*

### Классификация несвязных грунтов

Разновидность крупнообломочных грунтов и песков	Размер частиц $d$ , частиц, мм	Содержание, % 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

*Примечание.* При наличии в крупнообломочных грунтах песчаного заполнителя более 40 % или глинистого заполнителя более 30 % от общей массы воздушно-сухого грунта в наименование крупнообломочного грунта включают наименование вида заполнителя и указывают характеристики его состояния (влажность, плотность, показатель текучести). Вид заполнителя устанавливают после удаления из крупнообломочного грунта частиц крупнее 2 мм. Если обломочный материал представлен ракушкой в количестве 50% и более, грунт называют ракушечным, если от 25 до 50 %, то к наименованию грунта добавляют слова «с ракушкой».

Таблица Д.2

**Разновидности грунтов по плотности природного сложения**

Разновидность песков	Коэффициент пористости $e$ , д. е.		
	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	$e > 0,70$	$e > 0,75$	$e > 0,80$

Таблица Д.3

**Разновидности глинистых грунтов в зависимости от числа пластичности**

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

*Примечание.* Илы подразделяются по значениям числа пластичности, указанным в таблице, на супесчаные, суглинистые и глинистые.

Таблица Д.4

**Разновидности глинистых грунтов в зависимости от числа пластичности и содержания песчаных частиц**

Разновидность глинистых грунтов	Число пластичности $I_p$ , %	Содержание песчаных частиц (2–0,05 мм), % по массе
Супесь:		
песчанистая	$1 \leq I_p \leq 7$	$\geq 50$
пылеватая	$1 \leq I_p \leq 7$	$< 50$
Суглинок:		
легкий песчанистый	$7 < I_p \leq 12$	$\geq 40$

Окончание табл. Д.4

Разновидность глинистых грунтов	Число пластичности $I_p$ , %	Содержание песчаных частиц (2–0,05 мм), % по массе
легкий пылеватый	$7 < I_p \leq 12$	< 40
тяжелый песчанистый	$12 < I_p \leq 17$	$\geq 40$
тяжелый пылеватый	$12 < I_p \leq 17$	< 40
Глина:		
легкая песчанистая	$17 < I \leq 27$	$\geq 40$
легкая пылеватая	$17 < I \leq 27$	< 40
тяжелая	$I > 27$	Не регламентируется

Таблица Д.5

**Разновидности глинистых грунтов в зависимости от показателя текучести**

Разновидность глинистых грунтов	Показатель текучести $I_L$
Супесь:	
твердая	$I_L < 0$
пластичная	$0 \leq I_L \leq 1,00$
текучая	$I_L > 1,00$
Суглинки и глины:	
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	$I_L > 1,00$

## Приложение Е. ПОСТРОЕНИЕ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОГО РАЗРЕЗА

Инженерно-геологический разрез строится по *заданным* скважинам в следующем порядке (см. также рисунки Е.1–Е.3).

1. На план заданного участка наносят линию разреза, соединяющую *заданные* скважины. По этой линии вычерчивается топографический профиль по форме, представленной на рис. Е.1.

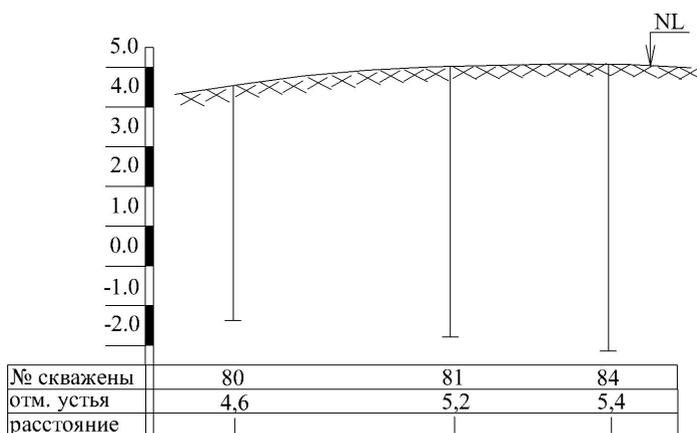


Рис. Е.1. Основа для построения разреза по колонкам скважин

В таблице-сетке под разрезом указывают номера скважин, отметки их устьев и расстояния между осями. Над боковиком таблицы-сетки указывают горизонтальный и вертикальный масштабы.

Вертикальный и горизонтальный масштабы грунтового профиля в отечественной практике выполнения рабочих чертежей принято принимать различными. Конкретные указания по соотношению масштабов приводятся в стандартах и сводах правил. В курсовой работе при построении инженерно-геологического разреза вертикальный и горизонтальный масштабы рекомендуется принять соответственно 1:100 и 1:1000.

Горизонтальные расстояния между скважинами определяют по плану участка исходя из горизонтального масштаба, указанного в подрисуночных надписях к картам приложения А.

Отметки рельефа (линию *NL*) определяют по отметкам устьев скважин и горизонталям, пересекаемым линией разреза на карте.

Значения вертикальных отметок на шкале профиля подбирают так, чтобы нижнее значение отметки на шкале над таблицей-сеткой было на 0,5–1 м ниже, чем наименьшая из отметок *забоев* скважин в разрезе. (Забой скважины соответствует отметке, до которой пробурили скважину.) При этом нужно следить, чтобы верхняя отметка на шкале была по крайней мере на 1–2 м выше, чем наибольшая из отметок *устьев* скважин в разрезе. Тем самым обеспечивается наличие над профилем места для указания необходимой информации (см. далее).

2. На подготовленном чертеже над таблицей-сеткой осевыми линиями показывают стволы скважин; отметку забоя скважины подчеркивают короткой горизонтальной линией (рис. Е.1). На осевые линии скважин наносят отметки подошв всех слоев, используя данные приложения Б. В интервале каждого слоя записывают его индекс и наносят штриховку, обозначающую вид грунта (рис. Е.2). Штриховка должна соответствовать указаниям ГОСТ 21.302-2013.

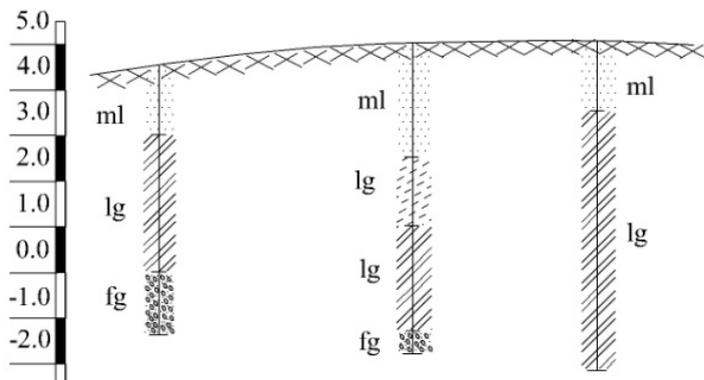


Рис. Е.2. Второй этап построения разреза – нанесение колонок скважин

3. Производят увязку выделенных в скважинах слоев (рис. Е.3), руководствуясь следующими указаниями:

- породы (грунты), имеющие сходный литологический состав, можно объединять по разрезу в один слой, если у них одинаковый генезис и возраст, т. е. одинаковый индекс;
- границы между слоями проводят сплошной тонкой линией;
- осадочные породы могут залегать в виде слоев или линз, либо слои могут выклиниваться; в этих случаях границы проводят примерно на середине расстояния между скважинами;
- нельзя ограничивать разрез снизу линией, соединяющей забои скважин, так как при бурении порода может быть пройдена не на всю мощность.

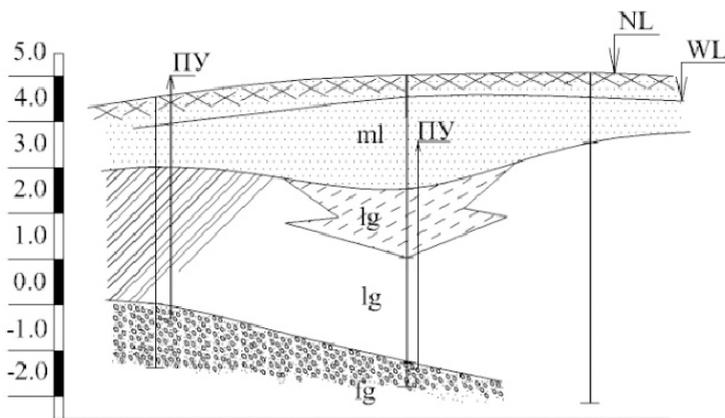


Рис. Е.3. Геологический разрез (предварительный)

После проведения границ выделенные слои заштриховываются полностью.

4. На полученный разрез наносят отметки уровней подземных вод, используя указанные ниже специальные обозначения.

Если первый от поверхности земли водоносный горизонт (т. е. грунтовые воды) не обладает напором (отметки появившегося и установившегося уровней воды совпадают или различаются не более чем на 0,2 м), то его поверхность (УГВ, или *WL*) показывается штрих-пунктирной синей линией, соединяющей установившиеся уровни воды в скважинах.

В случае напорного водоносного горизонта (отметки появившегося и установившегося уровней не совпадают и различаются более чем на 0,2 м) напор обозначается *стрелкой*, направленной вверх от отметки появления воды в скважине до отметки ее установившегося уровня.

Полученный разрез оформляют на отдельном листе формата А4 или А3.

Такой разрез содержит информацию о геологических и гидрогеологических условиях, однако является предварительным.

Окончательный *инженерно-геологический* разрез оформляется после определения инженерно-геологических элементов (см. приложение Ж).

## Приложение Ж. ВЫДЕЛЕНИЕ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ

Основой для выделения инженерно-геологических элементов служит предварительный геологический разрез, порядок построения которого показан в приложении Е. На разрезе, построенном в соответствии с рекомендациями приложения Е, выделены слои по происхождению (генезису), возрасту, составу (номенклатурному виду) грунтов. Свойства грунтов и их состояние при этом не учитывали. Однако более детальные исследования (в том числе, например, испытания грунтов в лаборатории) могут показать, что свойства грунтов различаются в пределах выделенного слоя, и тогда эти различия фиксируют, выделяя инженерно-геологические элементы.

За инженерно-геологический элемент (ИГЭ) принимают некоторый объем грунта одного и того же номенклатурного вида однородного по свойствам и состоянию. Этот объем может быть представлен слоем или частью слоя, линзой, прослоем, иногда целой пачкой ритмично перемежающихся слойков или прослоев.

*При выделении ИГЭ возможны варианты:*

- каждый из выделенных на разрезе слоев представляет собой инженерно-геологический элемент (т. е. количество слоев и ИГЭ совпадают);

- в пределах какого-либо одного слоя могут быть выделены два или более инженерно-геологических элемента (таких слоев может быть несколько) (т. е. количество слоев и ИГЭ не совпадают).

Предварительное выделение инженерно-геологических элементов проводят на стадии инженерно-геологической разведки. После выбора типа фундамента и принципа проектирования основания и фундамента число ИГЭ уточняется (может быть сокращено или увеличено).

Окончательное выделение ИГЭ в практике проектирования зданий и сооружений проводят на основе оценки характера пространственной изменчивости характеристик грунтов и их коэффициента вариации или сравнительного коэффициента вариации (см. ГОСТ 20522–2012).

В курсовой работе в качестве ИГЭ выделяются следующие разновидности грунтов:

- для песчаных грунтов – разновидности по крупности (гранулометрическому составу) и плотности сложения, характеризуемой коэффициентом пористости  $e$ ;

- для глинистых грунтов – разновидности по числу пластичности  $I_p$  и консистенции, характеризуемой показателем текучести  $I_L$ .

Дополнительно, при обосновании, в рамках учебно-исследовательской Работы, студенты могут использовать такие показатели, как модуль деформации  $E$  и др.

В курсовой работе, кроме геологического разреза, построенного по указаниям приложения Е, на отдельном листе *необходимо построить отдельный инженерно-геологический разрез* с выделенными ИГЭ.

Границы инженерно-геологических элементов между скважинами проводят, используя экстраполяцию и принципы, изложенные в приложении Е.

На поле выделенного инженерно-геологического элемента в кружке проставляют арабские цифры, означающие номер выделенного ИГЭ. Нумерация ведется сверху вниз.

На инженерно-геологическом разрезе, вблизи оси каждой скважины, с помощью условных обозначений указывают сведения о составе и состоянии грунта, используя данные табл. Ж.1, порядок составления которой приведен ниже.

Для песков на разрезе следует указать:

- их вид (крупный, средней крупности, мелкий, пылеватый и т. п.), проставляя в кружке соответствующие знаки («К», «С», «М», «П») в соответствии с требованиями ГОСТ 21.302–2013;

- коэффициент пористости  $e$  (в соответствии с табл. Ж.1, см. ниже).

Для глинистых грунтов на разрезе следует указать:

- показатель текучести  $I_L$ .

Пример разреза с выделенными инженерно-геологическими элементами приведен на рис. Ж.1.

В курсовой работе основные сведения о грунтах ИГЭ следует привести по упрощенной форме табл. Ж.1.

Таблицу Ж.1 составляют на основе данных приложения В и сведений из приложения Д.

Характеристики песков, разновидности которых по крупности, плотности и однородности определены в соответствии с приложением Г, студенты принимают по табл. В.4 приложения В. Наименование таких песков в табл. Ж.1 должно включать разновидности по крупности, однородности и плотности сложения (например, «песок гравелистый, неоднородный, плотный»). Плотность сложения таких песков определяют на основании их коэффициентов пористости и табл. Д.2 приложения Д.

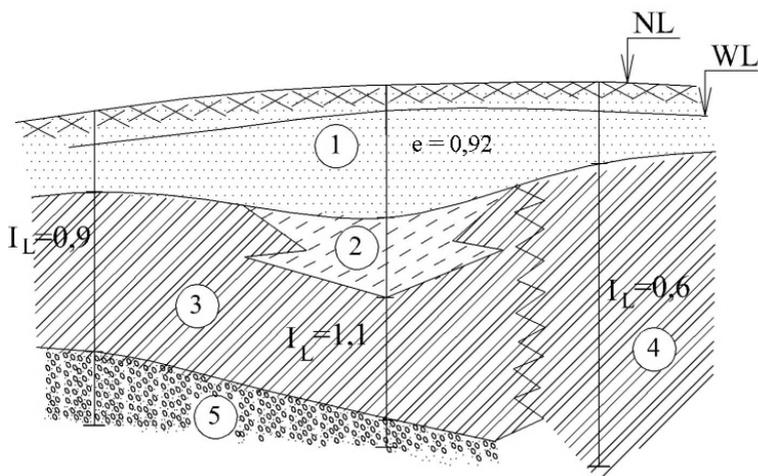


Рис. Ж.1. Выделение инженерно-геологических элементов на разрезе

Для других песков в разрезе коэффициент пористости  $e$  следует определять по табл. Д.2 приложения Д на основании их плотности (плотный, средней плотности, рыхлый), указанной в исходных данных в приложении Б. В курсовой работе допускается указать любое значение коэффициента пористости, удовлетворяющее условиям табл. Д.2; например, для плотного гравелистого песка можно указать  $e = 0,52$  (0,52 меньше, чем 0,55).

При заполнении табл. Ж.1 следует иметь в виду зависимость

$$n = e/(1 + e)$$



## Приложение II. ПОСТРОЕНИЕ ГИДРОИЗОГИПС

Гидроизогипсы – линии, соединяющие точки поверхности грунтовых вод ( $УГВ \equiv WL$ ) с одинаковыми отметками.

### *Последовательность построения гидроизогипс*

1. На заданную карту точками наносят *все* (не только те, по которым строится разрез) имеющиеся скважины с указанием номера и отметки установившегося уровня грунтовых вод в них (см. приложение Б).

2. Выбирают сечение гидроизогипс (оно может изменяться в пределах от 0,1 до 1,0 м и больше в зависимости от перепада отметок уровня грунтовых вод).

На заданных участках рекомендуется сечение, равное половине сечения приведенных на картах горизонталей.

Гидроизогипсы проводят так, чтобы они обязательно проходили через «круглое» значение отметок (при сечении 0,5 м это могут быть, например, гидроизогипсы 100,0; 100,5; 101,0 м и т. п. Не должно быть гидроизогипс типа 99,9; 100,4; 100,9 м и т. д.).

3. Все соседние точки-скважины соединяют друг с другом временными вспомогательными штриховыми линиями. Каждое расстояние между точками-скважинами разбивают на отрезки, пропорциональные разности отметок в соответствии с выбранным сечением. У границ отрезков указывают высотные отметки.

*Пример.* Пусть, например, соединены между собой точки расположения скважин с отметками уровня грунтовых вод соответственно 21,5 и 21,9 м. Расстояние между точками, определенное с учетом масштаба карты, равно 50 м. При сечении 0,2 м временную штриховую линию между этими точками должны пересечь гидроизогипсы 21,6 и 21,8 м. Тогда на временной штриховой линии следует пометить отрезки, пропорциональные разности высотных отметок, т. е., начиная от точки 21,5 следует отложить отрезки:

$$50 (21,6 - 21,5) / (21,9 - 21,5) = 12,5 \text{ м};$$

$$50 (21,8 - 21,5) / (21,9 - 21,5) = 30 \text{ м}.$$

Границы этих отрезков следует пометить соответственно отметками 21,6 и 21,8 м.

4. Отмеченные на карте точки (изначальные и временные, т. е. про-ставленные у границ отрезков) с одинаковыми отметками уровня воды, соответствующими отметкам гидроизогипс, соединяют плавными сплошными линиями *синего цвета* – гидроизогипсами. В разрыве гидроизогипсы проставляют соответствующую отметку.

Пример построения карты гидроизогипс приведен на рис. И.1. При окончательном оформлении карты вспомогательные построения (штриховые линии и отметки у границ отрезков по пункту 3 настоящего приложения) на карту не наносят.

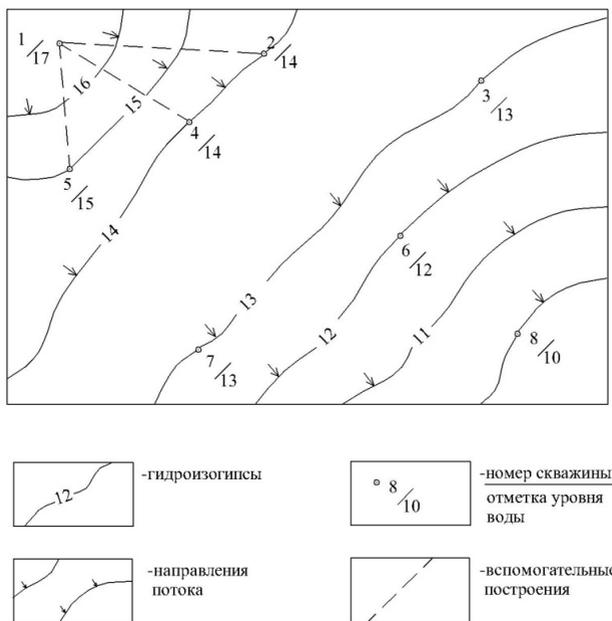


Рис. И.1. Пример построения карты гидроизогипс. Сечение 1 м

5. Устанавливают направление движения воды (вода движется от высоких отметок к низким); при этом возможны варианты: вода

движется примерно в одном направлении – плоский поток; вода сходится к одной области (либо расходится) – радиальный поток.

6. По карте определяют:

- точное направление потока – стрелками перпендикулярно каждой гидроизогиipse;
- вид грунтового потока (плоский, радиальный);
- максимальную в пределах карты величину гидравлического градиента:

$$I = \Delta H/l,$$

где  $\Delta H$  – максимальный перепад отметок установившегося уровня грунтовой воды в соседних точках (скважинах) на карте, м;  $l$  – расстояние между этими точками (скважинами);

– максимальные в пределах карты скорости грунтового потока, кажущуюся  $V$  и действительную  $V_d$  (м/сут):

$$V = k \cdot I;$$

$$V_d = V/n ,$$

где  $k$  – коэффициент фильтрации водовмещающих пород, м/сут (табл. В.6 приложения В);  $n$  – пористость водовмещающих пород в д.ед. (см. приложение В);

– связь грунтового потока с поверхностными водами реки, озера, пруда и т. п. (река дренирует – разгружает – водоносный горизонт или питает его).

## Приложение К. ОЦЕНКА АГРЕССИВНОСТИ ПОДЗЕМНОЙ ВОДЫ ПО ОТНОШЕНИЮ К БЕТОНУ

Подземные воды – это сложные многокомпонентные растворы. В них находятся растворенные вещества в виде ионов, коллоидные частицы, газы, микроорганизмы.

Свойства подземных вод, учитываемые в строительстве, зависят главным образом:

- 1) от количества и соотношения основных ионов;
- 2) величины водородного показателя;
- 3) содержания газов.

Результаты химического анализа воды приводят в виде таблиц, формул, диаграмм. Содержание компонентов в воде может быть выражено в различной форме: ионной (мг/дм<sup>3</sup>, или мг/л), эквивалентной (мгэquiv./дм<sup>3</sup>, или мг·эquiv./л), процент-эквивалентной (%-эquiv.). Результаты химического анализа воды, приведенные в задании к настоящей курсовой работе (табл. В.5 приложения В), представлены в ионной форме (мг/л, что равно мг/дм<sup>3</sup>).

Помимо ионов, наименование которых приведено в табл. В.5 приложения В, при исследовании подземных вод устанавливают содержание и других химических элементов и соединений (фтор, кремниевая кислота, железо различных форм, соединения азота и др.), которые могут оказать вредное воздействие на материалы строительных конструкций, оболочки подземных кабелей и т. п. Еще более тщательно изучению подвергают подземные воды при экологической оценке жилых районов.

Предварительная оценка агрессивности подземной воды к бетону производится по табл. К.1, где приведены значения показателей, при которых вода является *неагрессивной* средой по отношению к бетону марки W4 по водонепроницаемости. Соответственно, такая вода заведомо неагрессивна по отношению к бетону более высоких марок по водонепроницаемости.

Детальную оценку агрессивности подземных вод проводят в соответствии с требованиями СП 28.13330.2012. Свод правил. Защита строительных конструкций от коррозии. Актуализированная редакция СНиП 2.03.11–85. Анализ проводят в зависимости от назначения

проектируемого здания или сооружения и вида конструкционных материалов, контактирующих с водой.

Таблица К.1

**Предварительная оценка агрессивности воды по отношению к бетону**

Показатель агрессивности среды (воды)	Для сильно- и среднефильтрующих грунтов $k \geq 0,1$ , м/сут	Для слабофильтрующих грунтов $k < 0,1$ , м/сут
Бикарбонатная щелочность, $\text{HCO}_3^-$ , мг/дм <sup>3</sup> (мг/л)	> 64,1	Не нормируется
Водородный показатель pH	> 6,5	> 5
Содержание магниевых солей в пересчете $\text{Mg}^{2+}$ , мг/дм <sup>3</sup> (мг/л)	$\leq 1000$	$\leq 1300$
Содержание едких щелочей в пересчете на ионы $\text{K}^+$ и $\text{Na}^+$ , г/дм <sup>3</sup> (г/л)	$\leq 50$	$\leq 65$
Содержание сульфатов в пересчете на ионы $\text{SO}_4^{2-}$ , мг/дм <sup>3</sup> (мг/л)	< 250	< 325

В частности, использовать положения СП 28.13330.2012 следует в случае, если вода агрессивна по отношению к бетону, т. е. если содержание ионов или состав подземных вод отличаются от приведенных в табл. К.2.

Для борьбы с агрессивным действием подземной воды используют бетоны, стойкие к такому воздействию (например, более высокой марки по водонепроницаемости); применяют арматуру, соответствующую по коррозионным характеристикам условиям эксплуатации; применяют средства защиты бетона от контакта с агрессивной водой.

Одним из способов защиты бетона от контакта с агрессивными грунтовыми водами является их понижение, например, на уровень ниже подошвы бетонного (железобетонного) фундамента.

## Приложение Л. КАТЕГОРИИ СЛОЖНОСТИ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ

Категорию сложности устанавливают по СП 47.13330.2012. Свод правил. Инженерные изыскания для строительства. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 11-02-96. Табл. Л.1 представляет собой выдержку из этого свода правил.

*Таблица Л.1*

Факторы, определяющие производство изысканий	Категории сложности		
	I (простая)	II (средняя)	III (сложная)
	1	2	3
Геоморфологические	Один геоморфологический элемент. Поверхность слабонаклонная, нерасчлененная	Несколько геоморфологических элементов одного генезиса. Поверхность слабонаклонная, слаборасчлененная	Несколько геоморфологических элементов разного генезиса. Поверхность сильнорасчлененная. Склоны
Геологические	Не более двух литологических слоев с уклоном $\leq 0,1$ , мощность выдержанная. Свойства грунтов меняются незначительно. Основание – скальные монолитные грунты	Не более четырех литологических слоев. Мощность и характеристики грунтов изменяются закономерно. Скальные грунты с неровной кровлей, перекрытой нескальными грунтами	Более четырех слоев. В разрезе линзы, выклинивание слоев, тектонические нарушения. Состав и показатели свойств грунтов закономерно изменчивы. Скальные грунты: трещиноватые, кровля расчлененная, выветрелая
Гидрогеологические	Один выдержанный горизонт не-агрессивных подземных вод	Два и более выдержанных горизонта, линзы слабоагрессивных (загрязненных) вод, наличие напорных вод	Горизонты подземных вод не выдержаны, сложное чередование водоносных и водоупорных пород, химический состав неоднородный или загрязненный

1	2	3	4
Опасные геологические и инженерно-геологические процессы	Отсутствуют	Имеют ограниченное распространение или не оказывают влияния на проектные решения, строительство и эксплуатацию объектов	Имеют широкое распространение или оказывают решающее влияние на проектные решения, строительство и эксплуатацию объектов
Специфические грунты (в основании фундамента)	Отсутствуют	Ограниченно распространены или не оказывают существенного влияния на проектные решения, строительство и эксплуатацию объектов	Широко распространены или оказывают решающее влияние на проектные решения, строительство и эксплуатацию объектов
Природно-технические условия производства работ	Хорошие условия для проходимости техники, развитая инфраструктура, наличие стационарных построек для базирования	Плохие условия для проходимости техники, слабо развитая инфраструктура, ограниченность стационарных построек для базирования	Очень плохие условия для проходимости техники, неразвитая инфраструктура, отсутствие стационарных построек для базирования

*Примечания.* 1. Категорию сложности устанавливают по факторам, оказывающим максимальное влияние на объемы и стоимость инженерных изысканий согласно настоящему приложению.

2. Категории сложности в районах распространения многолетнемерзлых грунтов устанавливают в соответствии с приложением Б части IV свода правил СП 11-105-97.

В курсовой работе следует определить категорию сложности инженерно-геологических условий для заданного участка с учетом построенного инженерно-геологического разреза.

Для каждой из первых четырех (сверху) групп факторов, приведенных в левом столбце табл. Л.1, следует сопоставить свои данные с описанием категорий в таблице, начиная с простой. Таким

образом определяется категория сложности по каждой группе факторов. Окончательное определение категории производится по наиболее сложной категории из всех групп факторов. Результаты оформляются в табличной форме (см. табл. Л.2). Общий вывод о категории сложности инженерно-геологических условий на заданном участке записывают внизу таблицы.

Таблица Л.2

### Определение категории сложности геологических условий

Факторы, определяющие производство изысканий	Обоснование выбора категории сложности по факторам	Категории сложности по факторам
Геоморфологические	...	...
...		
Гидрогеологические	<i>Пример:</i> имеется только один горизонт подземных вод	I (простая) категория сложности
...	...	...
Общий вывод:		

*Пример.* Допустим, анализ исходного участка показал, что во *всех* скважинах (не только в тех, по которым построен разрез!) выявлен только один горизонт подземных вод. По табл. Л.1 для гидрогеологических факторов это соответствует уже простой категории сложности (см. табл. Л.2). Если по другим группам факторов условия на участке также соответствуют простой категории, то следует сделать общий вывод о простой категории геологических условий на участке. Если хотя бы по одной группе факторов категория, например, оказалась средней, то соответственно следует сделать общий вывод о средней категории сложности геологических условий на участке.

## Приложение М. ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ РАСЧЕТЫ ПРИ СТРОИТЕЛЬНОМ ВОДОПОНИЖЕНИИ

Под строительным водопонижением понимают снижение уровня грунтовых вод и величины избыточного напора межпластовых вод для защиты подземных сооружений, котлованов и траншей от подземных вод в период строительства и (или) эксплуатации. Понижение уровня подземных вод достигается путем устройства водоотлива, водопонижительных скважин, иглофильтров, электроосмоса, дренажа.

Часто применяемые способы водопонижения характеризуются следующим.

1. Открытый водоотлив – принудительная откачка воды из строительной выемки (котлована, траншеи) до полного осушения; столб воды в выемке отсутствует.

2. Глубинное водопонижение с помощью скважин; в этом случае, как и в предыдущем, столб воды в котлованах, траншеях также отсутствует.

3. Дренаж – отвод воды дренажными траншеями самотеком; в таких траншеях есть столб воды.

Строительные выемки (котлованы, траншеи), при устройстве которых обычно требуется водопонижение, делят на два типа:

– совершенный тип, если дно выемки доходит до водоупора или врежется в него (рис. М.1);

– несовершенный тип, если дно не доходит до водоупора (рис. М.2).

В процессе водопонижения образуется депрессионная поверхность вокруг выемки. Под депрессионной поверхностью понимают своеобразную «воронку» на поверхности слоя грунтовых вод, в центре которой находится выемка. Характер потока в направлении выемки зависит от соотношения ее сторон  $l/b$ , где  $l$  – длина,  $b$  – ширина. Радиальный поток формируется в направлении к выемке, если отношение сторон меньше 10 (короткий котлован). При соотношении сторон больше 10 (длинный узкий котлован, траншея) формируется плоский поток.

Общий порядок расчета водопонижительной системы следующий:

1) устанавливают требуемое понижение уровня подземных вод (в зависимости от поставленной задачи водопонижения);

2) определяют параметры водопонизительной системы (способ водопонижения);

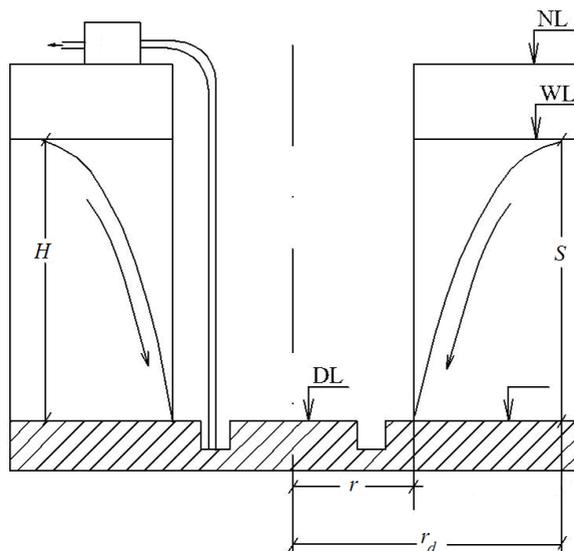


Рис. М.1. Схема водопритока к совершенному котловану

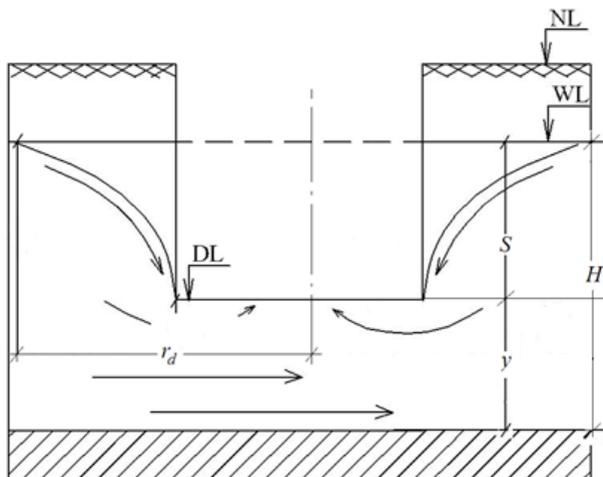


Рис. М.2. Схема водопритока к несовершенному котловану

- 3) рассчитывают приток к водопонизительной (дренажной) системе;
- 4) определяют ординаты и производят построение депрессионных поверхностей подземного потока исходя из притока;
- 5) исходя из водопритока подбирают оборудование и рассчитывают водоотводящие устройства (*в настоящей курсовой работе не требуется*).

Ниже приведены рекомендации по порядку расчетов водопонижения в курсовой работе.

1. Величину водопонижения  $S$  задают в зависимости от решаемой задачи.

Для котлована необходимо обеспечить, чтобы его дно было сухим. Для этого в несовершенном котловане воду понижают до отметки его дна, а в совершенном – до кровли водоупора, над которым располагаются грунтовые воды (см. рис. М.1, М.2, М.3).

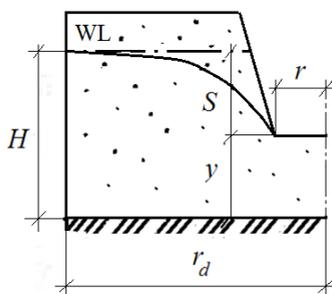


Рис. М.3. Схема к расчету притока воды в котлован

В траншее присутствует слой воды, например, стекающей вдоль траншеи в пониженное место. Поэтому для траншеи водопонижение доходит до поверхности этого слоя (столба) воды (см. рис. М.4, М.5). Порядок определения мощности (глубины) этого слоя воды приведен в п.1.2 настоящих Методических указаний.

В курсовой работе допускается определять водопонижение  $S$  в котловане (траншее) как разность отметок двух точек в литологической колонке, в привязке к которой задана соответствующая строительная выработка.

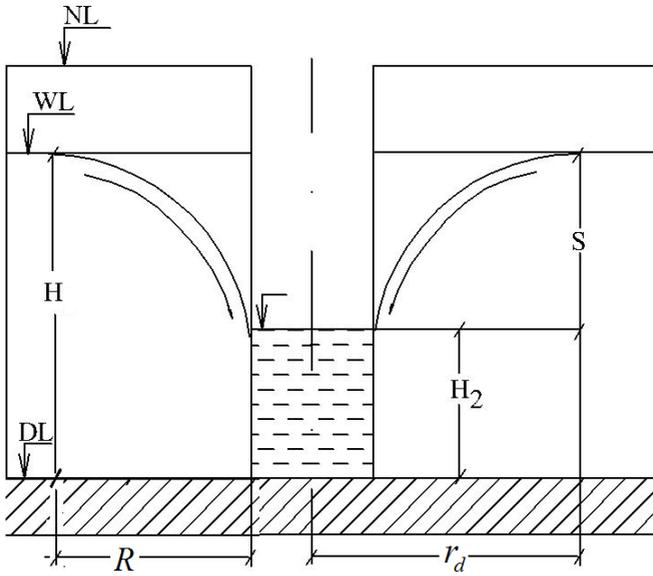


Рис. М.4. Схема водопритока к совершенной траншее

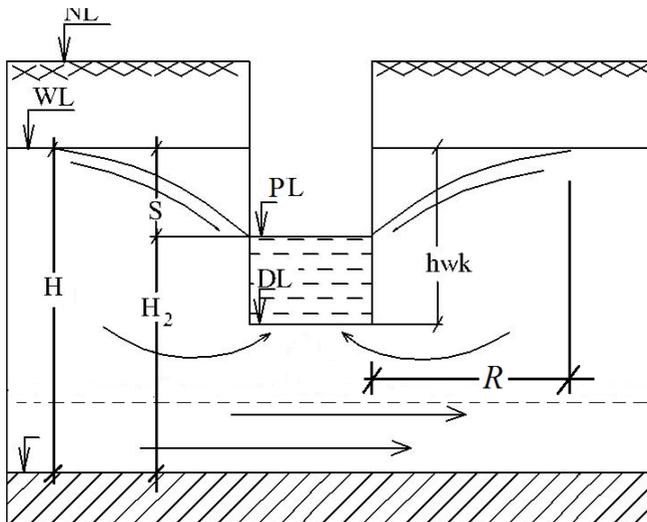


Рис. М.5. Схема водопритока к несовершенной траншее

За первую точку принимают точку пересечения вертикальной оси котлована (траншеи) с уровнем грунтовых вод, выявленным до устройства котлована (траншеи).

За вторую точку для *котлована* принимают в зависимости от его типа:

1) точку пересечения вертикальной оси котлована с дном котлована (в случае несовершенного котлована) или

2) точку пересечения вертикальной оси котлована с кровлей водопора в основании котлована (в случае совершенного котлована).

За вторую точку для *траншеи* принимают точку пересечения вертикальной оси траншеи с поверхностью столба воды в ней. Таким образом, отметку второй точки принимают равной отметке дна траншеи плюс мощность столба воды (глубина слоя воды) в траншее.

2. Водопонижение в курсовой работе предусмотрено способом открытого водоотлива. Конструкции и технологии соответствующих работ не рассматриваются.

3. Расчет притока воды (расхода) производят по формуле (М.1) в м<sup>3</sup>/сут:

$$Q = \frac{khS}{\Phi}, \quad (\text{М.1})$$

где  $k$  – коэффициент фильтрации, м/сут; в курсовой работе можно принимать по табл. В.6 приложения В в зависимости от степени неоднородности грунта  $C_u$ : для  $C_u < 3$  – большее значение диапазона, для  $C_u > 15$  – меньшее значение диапазона, в остальных случаях – по интерполяции;  $\Phi$  – функция понижения от действия водопонизительной системы;  $S$  – величина водопонижения, м;  $h$  – средняя высота потока; принимается в зависимости от типа выработки (см. п. 3.1 настоящего приложения М).

На практике рассчитывают водопонижение для установившегося и неуставившегося режимов фильтрации.

Расчеты для установившегося режима должны выполняться, как правило, во всех случаях (за исключением водопонижения в закрытых водоносных слоях, не имеющих питания).

Расчеты по неустановившемуся режиму выполняются для периода с начала откачки до момента, соответствующего наступлению установившегося режима, определяемого в зависимости от условий питания водоносных слоев.

### 3.1. Определение притока при установившемся режиме фильтрации

*Расчет притока в котлован*

Расчет притока в *совершенный и несовершенный котлован* при водопонижении в курсовой работе ведется по формуле (М.1).

Расчетная формула для  $\Phi$  для совершенного и несовершенного котлована имеет вид:

$$\Phi = \frac{h}{\pi \left( \frac{S}{\ln \frac{r_d}{r}} + \frac{2y}{\frac{0,44y}{r} + \ln \frac{r_d}{r}} \right)}, \quad (\text{М.2})$$

где  $H$  – мощность слоя грунтовых вод в водоносном слое до водопонижения, м (см. рис. М.1, М.2);

$y$  – мощность водоносного слоя под дном котлована (см. рис. М.2), м; для совершенного котлована  $y = 0$ ;

$r$  – приведенный радиус прямоугольного в плане котлована размера  $l \times b$ , м:

$$r = (l \times b / \pi)^{1/2} \quad (\text{М.3})$$

$r_d$  – радиус депрессии, м;

$$r_d = R - r \quad (\text{М.4})$$

$R$  – радиус влияния водопонижения (принимается по табл. В.6 приложения В).

Значение  $h$  для совершенного и несовершенного котлована определяют по формуле:

$$h = (2H - S)/2. \quad (\text{М.5})$$

### **Расчет притока в траншею**

Для расчета двустороннего притока воды при водопонижении в *совершенную и несовершенную траншею* по всей ее заданной длине  $L$  в курсовой работе следует применять расчетную формулу для  $\Phi$ :

$$\Phi = R/2L. \quad (\text{М.6})$$

Расчет притока в траншею при водопонижении определяют по формуле (М.1) с учетом следующего:

– значение  $h$  для *совершенной траншеи* определяют по формуле (М.5) как и для котлована:

$$h = (2H - S)/2,$$

где  $H$  – мощность слоя грунтовых вод в водоносном слое до водопонижения, м (см. рис. М.4);

– значение  $h$  для *несовершенной траншеи* определяют по формуле (М.7), учитывающей наличие активного слоя под дном траншеи:

$$h = [2,6 (WL - DL) - S ]/2, \quad (\text{М.7})$$

где  $WL$  – отметка уровня грунтовых вод до понижения, м (см. рис. М.5);  
 $DL$  – отметка дна траншеи, м (см. рис. М.5).

Значения коэффициента фильтрации  $k$ , радиуса депрессии  $r_d$  и связанного с ним радиуса влияния водопонижения  $R$  в курсовой работе определяют по табл. В.6 приложения В. Для реальных объектов значения  $k$  определяют в лаборатории. Для ответственных сооружений значения  $k$  и  $r_d$  устанавливают по данным опытных откачек.

### 3.2. Определение притока при неустановившемся режиме фильтрации

Методика расчета при неустановившемся режиме фильтрации имеет много общего с методикой расчета при установившемся режиме, однако есть и отличия. Например, функцию понижения  $\Phi$  при неустановившемся режиме определяют исходя из переменных значений радиуса депрессии  $r_d$ , вычисленных для соответствующих моментов времени. Подробные рекомендации по выполнению расчета содержатся в СП 103.13330.2012.

*В настоящей курсовой работе приток при неустановившемся режиме фильтрации рассчитывать не требуется.*

## Приложение Н. ПРОГНОЗ ПОСЛЕДСТВИЙ ВОДОПОНИЖЕНИЯ

Работы по водопонижению изменяют скорость движения и направление потока грунтовых вод. Открытый водоотлив из котлованов и траншей может сопровождаться выносом мелких частиц грунта из стенок за счет нисходящего потока – *механическая суффозия*. В несовершенных выемках под их дном возникает восходящий поток, который разрыхляет («разжижает») грунт – *фильтрационный вытор*.

### *Прогноз суффозионного выноса*

Предварительную оценку опасности возникновения суффозии дают по величине степени неоднородности  $C_u$ , определяемую по суммарной кривой гранулометрического состава (см. приложение Г). Однако явление суффозии возникает только при действии движущейся подземной воды. При водопонижении такой поток возникает в сторону котлована. Этот поток увлекает с собой и выносит в котлован наиболее мелкие частицы из каркаса грунта. Это ослабляет каркас и увеличивает его пористость, создавая опасность обрушения стенок котлована.

Возможность развития суффозии можно определить по графику В. С. Истоминой (рис. Н.1). Помимо степени неоднородности  $C_u$  график включает величину  $i$ , определяемую выражением

$$i = S/(0,33R),$$

где  $S$  – глубина водопонижения (см. приложение М), м;  
 $R = (r_d - r)$  – путь фильтрации (принимается по табл. В.6 приложения В);  
0,33 – коэффициент, ограничивающий значимый путь фильтрации областью, прилегающей к котловану.

При попадании точки в область разрушающих градиентов графика на рис. Н.1 делают вывод о возможности суффозии при водопонижении.

### *Фильтрационный вытор*

Для исключения возможности гидравлического разрушения водонасыщенного грунта, сопровождаемого суффозией, при восходящей фильтрации в несовершенном котловане должно выполняться условие  $I \leq 0,83$  ( $I$  – градиент гидравлического напора в восходящем фильтрационном

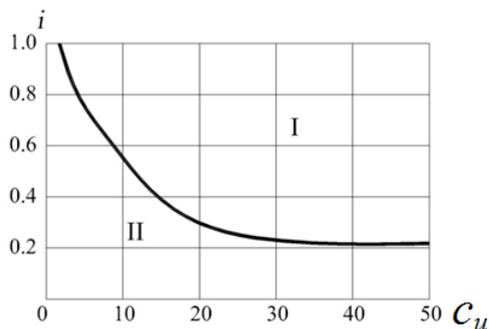


Рис. Н.1. График для оценки развития суффозии (по В.С. Истоминой):  
 I – область разрушающих градиентов фильтрационного потока;  
 II – область безопасных (неразрушающих) градиентов

потоке на выходе в котлован в точке, расположенной вблизи противофильтрационной завесы (см. рис. Н.2). Стрелками на рисунке показано направление тока воды. Если градиент гидравлического напора в восходящем фильтрационном потоке на выходе в котлован превышает указанную выше величину, в дне несовершенного котлована возможен фильтрационный выпор. Этот эффект имеет место при открытом водоотливе из котлована, огражденного шпунтовой стенкой.

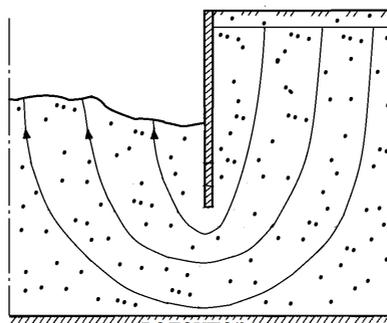


Рис. Н.2. Фильтрационный выпор

*В настоящей курсовой работе расчет фильтрационного выпора не требуется.*

## Приложение П. ПРОГНОЗ ОСЕДАНИЯ ПОВЕРХНОСТИ ЗЕМЛИ ПРИ СНИЖЕНИИ УРОВНЯ ГРУНТОВЫХ ВОД

Понижение уровня грунтовых вод вызывает увеличение давления грунта от собственного веса. Величина связанного с этим оседания поверхности зависит от глубины водопонижения и сжимаемости грунта. В пределах значительной площади осадка может быть неравномерной.

Рисунок П.3 иллюстрирует глубинное водопонижение с помощью *иглофильтров*. На рис. П.3 видно, что в зоне развития депрессии (зона С) исчезает взвешивающее действие воды, вызывая *оседание поверхности*.

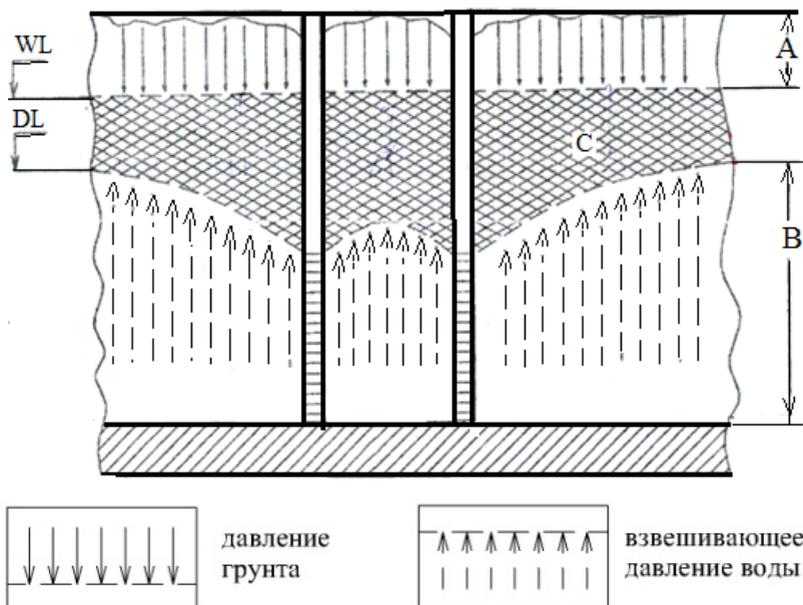


Рис. П.3. Схема оседания поверхности земли при водопонижении:  
*A* – зона аэрации до водопонижения, *B* – зона полного водонасыщения,  
*C* – зона «осушенного» грунта после водопонижения

При понижении уровня подземных вод более чем на 2 м, особенно в слабых глинистых грунтах, торфах и илах, необходимо производить расчет ожидаемых осадок земной поверхности в зоне развития депрессионной воронки.

В курсовой работе предварительный расчет осадки территории производят по формуле

$$S_{\text{гр}} = \frac{\Delta\gamma \cdot S^2}{2 \cdot E},$$

где  $\Delta\gamma = \gamma - \gamma_{sb}$ ,

$\gamma$  – удельный вес грунта слоя (ИГЭ), в пределах которого произошло снижение уровня подземных вод, кН/м<sup>3</sup>;

$$\gamma = g\rho,$$

$\rho$  – плотность грунта, г/см<sup>3</sup>, принимается по данным для соответствующего ИГЭ;

$g$  – ускорение свободного падения 9,8 м/с<sup>2</sup>;

$\gamma_{sb}$  – удельный вес грунта ниже уровня грунтовых вод, кН/м<sup>3</sup>:

$$\gamma_{sb} = (\gamma_s - \gamma_w) (1 - n),$$

$\gamma_s$  – удельный вес твердых частиц грунта, кН/м<sup>3</sup>:

$$\gamma_s = g\rho_s,$$

$\rho_s$  – плотность твердых частиц грунта, г/см<sup>3</sup>, принимается по данным для соответствующего ИГЭ;

$\gamma_w$  – удельный вес воды,  $\gamma_w = 9,8$  кН/м<sup>3</sup>;

$n$  – пористость, принимается по данным для соответствующего ИГЭ, д. ед.;

$S$  – величина водопонижения (для расчетов в курсовой работе следует принять равной величине водопонижения, определенной по указаниям приложения М), м;

$E$  – модуль общей деформации грунта в зоне депрессионной воронки, кПа (кН/м<sup>2</sup>), принимается по данным для соответствующего ИГЭ с коэффициентом 10<sup>3</sup> для перевода МПа в кПа.

При соблюдении размерностей указанных в формуле величин  $S_{\text{гр}}$  определяется в метрах.

Формула для определения  $S_{\text{гр}}$  справедлива при условии  $R/H_g \geq 3$ , где  $R$  – радиус влияния, а  $H_g$  – мощность водоносного слоя.

## Приложение Р. ПРОГНОЗ ВОЗДЕЙСТВИЯ НАПОРНЫХ ВОД НА ДНО СОВЕРШЕННОГО КОТЛОВАНА

Если на площадке строительства выявлен напорный водоносный горизонт, необходимо проверить устойчивость грунтов в основании совершенного котлована. Возможны три варианта:

$p_{изб} < p_{гр}$  – дно выработки устойчиво;

$p_{изб} = p_{гр}$  – подъем дна котлована за счет разуплотнения грунта в его основании;

$p_{изб} > p_{гр}$  – прорыв напорных вод в котлован.

В приведенных выше формулах:

$$p_{изб} = \gamma_w \cdot H_w,$$

$$p_{гр} = \gamma \cdot h_{гр},$$

где  $\gamma_w$  – удельный вес воды,  $\gamma_w = 9,8 \text{ кН/м}^3$ ;

$\gamma$  – удельный вес слоя водоупорного грунта мощностью  $h_{гр}$  под дном совершенного котлована (рис. Р.1),  $\text{кН/м}^3$ ; определяется по формуле в приложении П;

$H_w$  – избыточный напор (см. рис. Р.1), определяемый по данным приложения Б как разность отметок установившегося уровня напорных вод и подошвы водоупора под дном котлована, м;

$h_{гр}$  – мощность (толщина) водоупорного слоя под дном котлована (см. рис. Р.1), м.

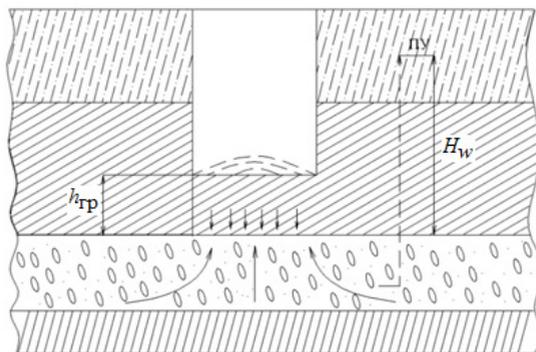


Рис. Р.1. Расчетная схема воздействия напорных вод на дно котлована

Если установлена возможность прорыва или подъем дна котлована, для уменьшения избыточного напора применяют глубинное водопонижение с помощью трубчатых колодцев-скважин (вода откачивается насосами или выходит самоизливом).

Величина избыточного напора межпластовых вод, залегающих на относительно небольшой глубине (до 30 м), может колебаться в диапазоне 10–15 м. Понижение напора при водопонижении создаст дополнительные напряжения в толще грунта, сжатие грунта и, как следствие, оседание земной поверхности.

Расчет этой дополнительной осадки сложен и ведется на базе законов механики грунтов.

*В настоящей курсовой работе понижение напора межпластовых вод не предусмотрено и расчет осадок от понижения напора не требуется.*

## **Приложение С. ОФОРМЛЕНИЕ ТИТУЛЬНОГО ЛИСТА КУРСОВОЙ РАБОТЫ**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АРХИТЕКТУРНО-  
СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (СПБГАСУ)

Кафедра геотехники

ОЦЕНКА ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ПЛОЩАДКИ  
СТРОИТЕЛЬСТВА

Курсовая работа

Работу выполнил  
студент гр. ....

(Фамилия, И.О., подпись)

Проверил .....

Санкт-Петербург 201.... г.

## РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. *Ананьев В. П.* Инженерная геология / В. П. Ананьев, А. Д. Потапов. – М. : Высшая школа, 2009. – 448 с.
2. *Справочник* геотехника. Основания, фундаменты и подземные сооружения / Под общей ред. В. А. Ильичева и Р. А. Мангушева. – М. : Изд-во АСВ, 2014. – 728 с.
3. *Гавич И. К.* Сборник задач по общей гидрогеологии / Издание 2–е, переработанное / И. К. Гавич, А. А. Лучшева, С. М. Семенова-Ерофеева – М. : Недра, 1985. – 412 с.
4. *Архангельский И. В.* Справочник техника геолога по инженерно-геологическим и гидрогеологическим работам / И. В. Архангельский, М. А. Солодухин. – М. : Недра, 1982. – 288 с.
5. СП 11-105-97. Инженерно-геологические изыскания для строительства. Часть I. Общие правила производства работ.
6. СП 47.13330.2012. Свод правил. Инженерные изыскания для строительства. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 11-02-96.
7. СП 103.13330.2012. Свод правил. Защита горных выработок от подземных и поверхностных вод. Актуализированная редакция СНиП 2.06.14-85.

Составители:

**Симановский** Александр Михайлович  
**Челнокова** Валентина Андреевна

## **ОЦЕНКА ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ПЛОЩАДКИ СТРОИТЕЛЬСТВА**

Методические указания??

Редактор О. Д. Камнева  
Компьютерная верстка В. Е. Королевой

Подписано к печати 15.03.2017. Формат 60×84 1/16. Бум. офсетная.  
Усл. печ. л. 5,3. Тираж XXX экз. Заказ XX. «С» XX.  
Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет.  
190005, Санкт-Петербург, 2-я Красноармейская ул., д. 4.  
Отпечатано на ризографе. 190005, Санкт-Петербург, ул. Егорова, д. 5/8, лит. А.

