

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

**Учреждение образования  
«БРЕСТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**Кафедра геотехники и транспортных коммуникаций**

# **МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**

**к выполнению курсового проекта и контрольной  
работы по инженерной геологии и гидрогеологии  
для студентов специальностей**

**1-74 05 01 «Мелиорация и водное хозяйство» и  
1-70 04 03 «Водоснабжение, водоотведение и  
охрана водных ресурсов»**



**Брест 2013**

## **УДК 624.131**

Изложена методика оценки гидрогеологических и инженерно-геологических условий территории, требующей гидротехнических мелиораций, или на которой устанавливаются сооружения для водоснабжения населённых пунктов.

Эта методика может быть использована в курсовом и дипломном проектировании.

Составители: В.Н. Дедок, доцент  
О.Н. Натарова, ст. преп.

Рецензент: В.Н. Деркач, заместитель директора филиала «Институт БелНИИС» - Научно-технический центр г. Бреста, кандидат технических наук

## **ВВЕДЕНИЕ**

Настоящие методические указания предназначены для студентов специальностей 74 05 01 «Мелиорация и водное хозяйство» и 70 04 03 «Водоснабжение, водоотведение и охрана водных ресурсов», изучающих курс "Инженерная геология и гидрогеология".

В курсовом проекте необходимо произвести оценку гидрогеологических и инженерно-геологических условий территории, требующей сельскохозяйственных гидротехнических мелиораций и в связи с забором подземных вод для водоснабжения населенных пунктов.

Курсовой проект должен выполняться в постоянной увязке с усвоением соответствующих теоретических положений курса. Такой подход к разработке курсового проекта будет углублять, развивать и обобщать полученные ранее знания, позволит творчески подойти к решению поставленной задачи и получить хорошие и прочные знания предмета.

В методических указаниях изложены вопросы построения и анализа карт гидроизобат и гидроизогипс, решения с их использованием ряда практических задач при проектировании мелиоративных систем и систем водоснабжения, оценки качества подземных вод с позиции их пригодности для хозяйственно-питьевых, сельскохозяйственных, технических целей, вопросы оценки строительных свойств грунтов и условий их залегания.

Учитывая небольшой резерв времени студентов и то, что работа выполняется в учебных целях, ряд вопросов, связанных с полной оценкой гидрогеологических и инженерно-геологических условий изучаемой территории не рассматриваются, и студентам следует иметь в виду, что выполненный ими объем работ необходимый, но недостаточный для полной гидрогеологической и инженерно-геологической характеристики района.

## **1. ЗАДАНИЕ НА ПРОЕКТИРОВАНИЕ**

Проект выполняется на основании задания, выдаваемого кафедрой.

Оно содержит:

- схему размещения скважин на изучаемой территории и их нумерацию;
- отметки устьев скважин и замеренные в них глубины залегания грунтовых вод от поверхности земли;
- глубины подошвы слоев грунтов и места взятия образцов для лабораторных испытаний;
- результаты лабораторных испытаний грунтов: основные физические характеристики, характеристики глинистых и гранулометрический состав песчаных грунтов.

## **2. ОБЪЁМ И СОСТАВ КУРСОВОГО ПРОЕКТА**

Курсовой проект должен содержать подробную расчётно-пояснительную записку объемом 30-40 страниц, выполненную на листах формата А4 (размером 210x297 мм) и графическую часть, выполненную на листах формата А2 (размером 420x594 мм).

Контрольная работа также должна состоять из пояснительной записки (на листах формата А4) и графических приложений – карты гидроизогипс и инженерно-геологического разреза.

### **2.1 Состав расчетно-пояснительной записки**

Оформление расчетно-пояснительной записки необходимо выполнять в соответствии со Стандартом университета [1]. Расчетно-пояснительная записка должна быть написана четко, без помарок и поправок, на одной стороне листов бумаги. Все записи в расчетно-пояснительной записке выполняют чернилами или пастой черного (синего или фиолетового) цвета.

Записка должна разделяться на разделы, а разделы на подразделы.

Наименование разделов должно быть кратким, соответствовать содержанию и записываться в виде заголовков (в красную строку) прописными буквами. Наименование подразделов записывается в виде заголовков строчными буквами (кроме первой прописной).

Переносы слов в заголовках не допускаются. Точку в конце заголовка не ставят. Если заголовок состоит из двух предложений, их разделяют точкой.

Расстояние между заголовком и последующим текстом при выполнении пояснительной записки от руки должно быть 10 мм. Такое же расстояние выдерживают между заголовками раздела и подразделе-

ла. Расстояние между основаниями строк заголовка принимают такое же, как и в тексте.

Для разделов, текст которых записывают на одном листе с текстом предыдущего раздела, а также для подразделов расстояние между последней строкой текста и последующим заголовком при выполнении записки от руки должно быть равно 15 мм.

Разделы должны иметь порядковую нумерацию в пределах всей пояснительной записки и обозначаются арабскими цифрами с точкой в конце номера. Номера подразделов состоят из номера раздела и подраздела, разделённых точкой. В конце номера подраздела также должна ставиться точка. Например, 2. - второй раздел, 2.1. - первый подраздел второго раздела.

Номер соответствующего раздела или подраздела ставится в начале заголовка. Номера перед заголовками "Содержание", "Реферат", "Введение" не проставляются. Они ставятся только перед заголовками основной части записки.

Сокращение слов в тексте и подписях под иллюстрациями, как правило, не допускаются, исключения составляют сокращения, общепринятые в русском языке, а также установленные Стандартом. Не допускается применять произвольные словообразования.

Цифровой материал, как правило, оформляется в виде таблиц. Размеры таблиц выбирают произвольно, в зависимости от изложения материала. Высота строк таблицы должна быть не менее 8 мм. Таблица должна иметь тематический заголовок, если она имеет самостоятельное значение. Заголовок помещают над соответствующей таблицей: вначале пишут слово "Таблица", начиная его с прописной буквы, затем, начиная с заглавной буквы ее название.

Чтобы упростить связь таблицы с текстом, таблицам дают нумерационный заголовок (Таблица 5.3). При ссылке в тексте слово "таблица" дается сокращенно со строчной буквы (табл.5.3). Нумерация таблиц ведется арабскими цифрами по частям или разделам текста, например: таблица 2.4. (таблица четвертая второго раздела), а ссылка в тексте - табл.2.4. Таблицу следует помещать в тексте после первого упоминания о ней. Таблицы допускается оформлять в виде приложений и располагать их в конце текста. Таблицы следует располагать по короткой стороне листа. При необходимости допускается расположение таблиц по длинной стороне листа, при этом ее располагают так, чтобы для чтения их пояснительная записка была повернута по часовой стрелке.

Иллюстрации, помещенные в тексте, именуется рисунками. Рисунки могут быть расположены как по тексту пояснительной записки (возможно ближе к соответствующим частям текста), так и в виде приложения в конце пояснительной записки.

Если рисунков в тексте более одного, они нумеруются арабскими цифрами. Нумерация рисунков производится по частям (разделам), например: Рис.1 или Рис.2.1. Рисунки должны иметь наименование, а при необходимости и пояснительные данные (подрисуночный текст), которые помещаются под рисунком.

При выполнении пояснительной записки следует обеспечить единообразие применяемых единиц физических величин по Международной системе единиц (СИ).

В формулах условные буквенные обозначения механических, химических, математических и других величин, а также символов должны соответствовать установленным стандартам или принятым в научной литературе.

Значения буквенного обозначения, входящего в формулу, приводятся непосредственно под формулой. Значение каждого обозначения дают с новой строки в той последовательности, в какой они приведены в формуле. Первая строка расшифровки должна начинаться со слова "где" без двоеточия после него.

Если в пояснительной записке больше одной формулы, то их следует нумеровать арабскими цифрами. Номер ставят с правой стороны листа на уровне формулы, в круглых скобках. Нумерация формул принимается по частям (разделам). Номер формулы состоит из номера части (раздела) и порядкового номера формулы в данной части (разделе), разделенных точкой, например, (5.3) - третья формула пятого раздела.

Расчетно-пояснительная записка должна иметь следующее содержание:

- задание на выполнение работы;
- реферат, в котором отражают основное содержание проведенной работы с указанием полученных результатов. В конце текста реферата помещаются сведения о количестве страниц пояснительной записки, количестве содержащихся в ней таблиц, иллюстраций, библиография и сведения об объеме графической части;
- оглавление с перечислением всех разделов и подразделов работы;
- введение, где ставятся цели и задачи выполнения работы, кратко освещаются современное состояние разрабатываемого вопроса, общие сведения об изучаемом участке;
- гидрогеологические условия участка: построение карты гидроизобат (для студентов специальности МиВХ) с выделением на ней зон постоянного и временного переувлажнения, где требуется мелиоративное мероприятие, построение карты гидроизогипс с нанесением на ней линий потоков, анализ этих карт, решение с их использованием практических задач мелиорации земель и водоснабжения населенных пунктов (установление взаимосвязи в питании поверхностных и грун-

товых вод, определение скоростей движения грунтовых вод в характерных зонах, установление направления дренажных и отводящих воду устройств, установление наиболее рациональных схем расположения скважин для забора воды);

- оценка инженерно-геологических условий участка: исходная таблица состава и физических характеристик грунтов, инженерно-геологический разрез, определение наименования грунтов, рассчитанные значения их производных характеристик, заключение по каждому слою грунта, сводная таблица физико-механических свойств грунтов строительной площадки;

- заключение: обобщенная характеристика гидрогеологических и инженерно-геологических условий участка по результатам выполненной работы;

- список использованной литературы, встречающейся по тексту пояснительной записки, приводимый в порядке ее появления в тексте.

## 2.2. Состав графической части работы

Графическая часть работы выполняется на миллиметровой бумаге или на ватмане.

Она включает:

- карту гидроизобат (для студентов специальности МиВХ) на топографической основе с нанесением на ней зон постоянного и временного переувлажнения почв, требующих проведения осушительных мероприятий;

- карту гидроизогипс на топографической основе с показом линий потоков движения грунтовой воды, зон, требующих мелиоративных мероприятий, направления дренажных и отводящих воду устройств;

- инженерно-геологический разрез по одному из диагональных направлений участка.

## 3. ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ УЧАСТКА

В результате гидрогеологической съемки и режимных стационарных наблюдений составляются гидрогеологические карты различных видов, на которых показывают распространение водоносных четвертичных или коренных отложений, водоупорные породы, минерализацию подземных вод, динамические запасы и водопроницаемость пород.

Одними из таких карт является карта гидроизобат и карта гидроизогипс.

**Карта гидроизобат** - это карта глубин залегания поверхности грунтовых вод, а **гидроизобаты** - это линии равных глубин от поверхности земли до грунтовых вод.

**Карта гидроизогипс** - это карта поверхности грунтовых вод, а **гидроизогипсы** - линии, соединяющие точки с одинаковыми абсолютными отметками поверхности грунтовых вод, т.е. это горизонтали поверхности грунтовых вод.

Для построения карт гидроизобат и гидроизогипс пользуются данными замеров глубины залегания уровней воды в скважинах, шурфах и колодцах, которые проводятся в одно и то же время. Эти карты обязательно датируются. Иногда составляются такие карты, отвечающие максимальному и минимальному положению поверхности грунтовых вод в исследуемом районе.

Во время гидрогеологических исследований изучают также химический, бактериологический составы и другие показатели воды (запах, вкус, цвет, мутность и др.).

Имея карты гидроизогипс и гидроизобат, а также данные по составу воды, решают ряд практических задач, связанных с проектированием и строительством сооружений, мелиоративных систем и водозаборов.

### **3.1. Построение карт гидроизобат и гидроизогипс**

Для выполнения курсового проекта задан участок местности квадратной формы в плане с размерами сторон 2000х2000 м. На участке заложено 25 скважин, определены отметки устьев скважин (отметки поверхности земли в месте закладки скважин) и замерены установившиеся глубины воды в скважинах от поверхности земли (например, по состоянию на 28 июня текущего года). В осенне-весенние периоды года возможно повышение уровня воды на 1-2 м. Все скважины образуют сеть квадратов со стороной каждого квадрата 500 м. Скважины расположены по схеме, приведенной на рис.3.1.

Для построения карт гидроизобат и гидроизогипс строят план местности в горизонталях по известной методике из курса инженерной геодезии. Его при выполнении проекта следует построить в масштабе 1:5000. Отметки устьев скважин и глубины воды в них принимают по табл.1 приложения А.



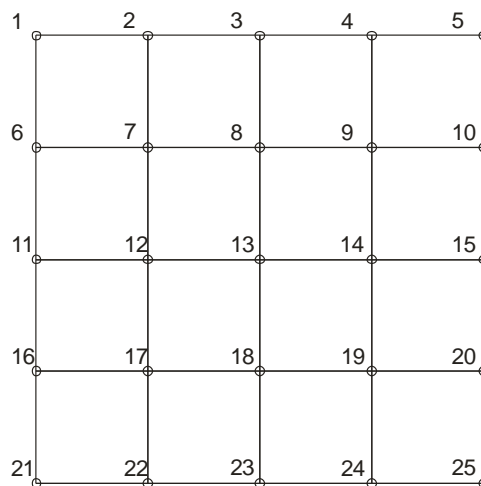


Рисунок 3.1. Схема расположения скважин

Используя значения глубин воды, на плане местности в горизонталях наносят гидроизобаты (линии равных глубин) по той же методике, как и при построении горизонталей, получают карту гидроизобат на определенную дату. Для построения карты гидроизогипс глубины залегания грунтовых вод пересчитывают на абсолютные отметки по выражению:

$$H_{ГВ} = H - h_{ГВ}, \quad (3.1)$$

где

$H_{ГВ}$  - абсолютная отметка уровня грунтовых вод, м;

$H$  - абсолютная отметка земли, м;

$h_{ГВ}$  - глубина залегания грунтовых вод, м.

Пример построения карты гидроизобат приведен в приложении Б.

Карта гидроизогипс строится аналогично построению карт гидроизобат, используя для этих целей отметки поверхности земли (при нанесении горизонталей) и отметки залегания грунтовых вод (при нанесении гидроизогипс).

На карте гидроизогипс следует показать направление движения воды по всему изучаемому участку. Для этих целей наносят линии потоков воды, которые представляют собой кривые линии, перпендикулярные к каждой пересекаемой ими гидроизогипсе. Движение воды будет происходить от точек пересечения линиями потоков гидроизогипс с более высокими отметками к точкам их пересечения с более низкими отметками.

Пример построения карты гидроизогипс приведен в приложении В.

Рекомендуется горизонтали наносить в коричневом цвете, гидроизобаты - в зелёном, гидроизогипсы - в синем, а линии потоков - в черном цветах.

### 3.2. Определение зон подтопления и периодического переувлажнения на исследуемом участке

Грунтовые воды играют весьма значительную роль в процессах почвообразования. Если воды пресные, то при глубине их залегания 1-3 м они служат одним из полезных источников увлажнения почвы. При глубине залегания уровня менее 1-1,2 м грунтовые воды могут вызывать переувлажнение почв, нарушающее водный, воздушный и питательный режимы почв, что приводит к снижению урожайности сельскохозяйственных культур. В таких случаях с целью обеспечения оптимальных условий для развития растений и формирования урожая производят понижение уровня грунтовых вод путем применения специальных инженерных устройств (дренирование почв). Величина понижения уровня грунтовых вод определяется так называемой нормой осушения. Под нормой осушения понимается расстояние от поверхности земли до уровня грунтовых вод, при котором создаются оптимальные условия развития растений и формирования урожая. Она зависит от вида сельскохозяйственной культуры и фазы ее развития.

Средняя норма осушения для полевых, кормовых, овощных культур и пастбищ составляет 90÷110 см; для сенокосов - 60÷80 см, норма осушения принимается согласно задания на проектирование.

Таким образом, для выделения зоны постоянного переувлажнения на карте гидроизобат следует выделить гидроизобату, равную норме осушения. Участок территории, ограниченный этой гидроизобатой, и будет представлять собой зону постоянного переувлажнения.

Для выделения зоны временного переувлажнения следует найти на карте гидроизобату при самом высоком уровне грунтовых вод в период произрастания растений. Она и будет внешней границей зоны, требующей мелиоративных мероприятий. Эта граница в плане будет совпадать с изобатой, показывающей глубину при наименьшем уровне грунтовых вод, равную

$$h_{ГВ} = h_{П} - h_{О}, \quad (3.2)$$

где

$h_{ГВ}$  - глубина залегания грунтовых вод при наименьшем их уровне, соответствующая внешней границе зоны временного переувлажнения почвы в осенне-весенний периоды, м;

$h_{П}$  - высота подъема уровня грунтовых вод в осенне-весенние периоды над наименьшим его положением, м;

$h_{О}$  - норма осушения, м.

При выполнении курсового проекта высота подъема уровня грунтовых вод и вид возделываемой на участке сельскохозяйственной культуры задаются преподавателем.

### 3.3. Анализ карты гидроизогипс

После построения карты гидроизогипс приступают к ее анализу. Используя карту гидроизогипс, необходимо решить следующие вопросы:

- установить направление движения потока, которое определяется по перпендикуляру к гидроизогипсе. Направление потока устанавливается не в одной-двух точках карты, а по всему изучаемому участку. Обращается внимание на зоны, где направление потока изменяется. На отдельных участках линии потоков вод могут быть параллельными - это плоский поток. Когда линии расходятся, поток называют радиально-расходящимся. Если линии потока сходятся, его называют радиально-сходящимся;

- определить характер гидравлической связи между поверхностными и грунтовыми водами. Если направление движения подземного потока параллельно направлению течения реки, то в этом случае гидравлической связи между грунтовыми и поверхностными водами не существует. В случае радиально-сходящегося потока грунтовые воды питают поверхностные. При радиально-расходящемся потоке грунтовые воды питаются за счет поверхностных. Может быть случай, когда поверхностные воды с одной стороны питают подземные, а с другой - питаются подземными;

- перенести с карты гидроизобат на карту гидроизогипс границы зон постоянного и временного переувлажнения;

- учитывая направление потока, установить направление дренажных канав или закрытых дрен, чтобы обеспечить их более эффективную работу. Этого можно добиться, если дренажные устройства расположить параллельно гидроизогипсам;

- с учетом рельефа местности наметить трассу канала, отводящего воду от дренажных устройств;

- расположить эксплуатационные колодцы на воду так, чтобы один колодец не перехватывал подземную воду, поступающую к другому колодцу. Для этого они должны находиться вдоль гидроизогипс;

- определить гидравлические градиенты для 3-х характерных участков карты

$$J = \frac{H_1 - H_2}{L}, \quad (3.3)$$

где

$H_1$  - отметка более высокой гидроизогипсы, м;

$H_2$  - отметка более низкой гидроизогипсы, м;

$L$  - расстояние между гидроизогипсами по перпендикулярному к ним направлению, м.

При одинаковом сечении гидроизогипс гидравлический градиент будет большим на тех участках, где расстояние между гидроизогипсами будет меньшим;

- определить скорость движения потока на этих участках

$$V = K_f \cdot J, \quad (3.4)$$

где

$V$  - скорость движения потока, м/сут;

$K_f$  - коэффициент фильтрации слагающей водоносный горизонт породы, м/сут;

$J$  - гидравлический градиент.

Величина коэффициента фильтрации  $K_f$  принимается по табл.2 приложения А для пород первого от поверхности водоносного горизонта.

Пример определения скорости движения грунтовых вод в трех характерных точках представлен в приложении И.

### 3.4. Оценка качества подземных вод

Состав подземных вод определяется совокупностью длительных процессов формирования вод определенного водоносного горизонта. К таким процессам относятся растворение и выщелачивание, испарение, конденсация, ионный обмен, поглощение и выделение газов, деятельность организмов, смешение вод разного состава. В результате этих процессов подземные воды представляют сложные растворы, в которых встречаются пять групп различных компонентов (диссоциированные соединения, коллоидные соединения, органические вещества, газы и микрокомпоненты, включая радиоактивные ).

Питьевая вода по СанПиН 10-124 РБ 99 оценивается по органолептическим показателям (запах, вкус, цветность, мутность), общей минерализации, жесткости, содержанию в ней отдельных компонентов. Бактериологический состав воды оценивается двумя показателями: коли-титром и коли-индексом. Вступая в контакт с подземными частями инженерных сооружений, горными породами, материалами трубопроводов, котлов и других емкостей, вода может их разрушать, т. е. быть агрессивной. Агрессивность воды зависит от химического, газового состава воды ее температуры и скорости движения. При строительстве следует использовать материалы, которые бы не разрушались подземными водами, распространенными в районе строительства. В противном случае подземные сооружения надо защищать от

разрушающего действия воды. Если подземные воды выводятся закрытым дренажем, при наличии в них большого количества железистых соединений работа дренажа может со временем ухудшаться из-за заселения дренажных трубок этими соединениями выпадающими в осадок. Оросительная вода по минерализации и химическому составу должна быть физиологически доступной растениям и не вызывать засоления и осолонцевания почвы.

Химический состав подземных вод на изучаемом участке характеризуется данными, приведенными в табл. 3 приложения А.

При выполнении работы, оценивая качество воды, следует:

а) выписать из табл. А.3 результаты химических анализов воды и пересчитать содержание ионов из мг/л в мг-экв/л путем умножения величины содержания ионов в мг/л на соответствующие коэффициенты, приведенные в последней строке табл. А.3;

б) сопоставить результаты химического анализа, выраженные в мг/л или в мг-экв/л, (табл.А.4,А.5, А.6) установить вид воды:

- по массовой концентрации сухого остатка. Учитывая этот показатель, вода может быть сверхпресной, пресной, слабо солоноватой, сильно солоноватой, соленой и рассолом;

- по жесткости, по которой вода может быть очень мягкой, мягкой, умеренно жесткой, жесткой и очень жесткой;

- по водородному показателю вода может быть нейтральной, кислой, щелочной и высокощелочной;

в) путем сравнения результатов химического анализа (табл.А.7, А.8) установить пригодность подземной воды для хозяйственно-питьевого водоснабжения и водопоя скота;

г) оценить пригодность воды для орошения сельскохозяйственных земель.

Пригодность как поверхностных, так и подземных вод для поливов сельскохозяйственных культур оценивают по комплексу факторов: минерализации и химическому составу воды, климатическим условиям, литологическому составу почв и пород зоны аэрации и их естественной или искусственной дренированности, емкости катионного обмена почвы, глубине залегания и минерализации грунтовых вод, режиму орошения, солеустойчивости сельскохозяйственных культур и т.д. В связи с этим существует несколько методик оценки пригодности воды для орошения сельскохозяйственных культур, которые более подробно рассматриваются в специальных курсах.

Принимая во внимание современные представления, ориентировочная оценка оросительных вод может производиться по следующей схеме. Опасность засоления почв ограничивается величиной минерализации оросительной воды "С", а опасность токсичности воды по отношению к растениям - величиной "К" (критерий Антипова-Каратаева)

$$K = \frac{Ca^{2+} + Mg^{2+}}{Na^+ \cdot 0.23C}, \quad (3.5)$$

где

K - критерий Антипова-Каратаева;

$Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $Na^+$  - концентрация в воде катионов, мг-экв/л;

0,23 - экспериментальный коэффициент;

C - минерализация воды, г/л.

Ориентировочно считается, если:

$C \leq 1$  г/л, а  $K \geq 1$  - вода пригодна для орошения;

$1 < C \leq 2$  г/л, а  $K \geq 1$  - вода пригодна для орошения при соответствующих природных и хозяйственных условиях, т.е. ограниченно пригодна, для окончательного заключения требуется учет дополнительных факторов;

$C > 2$  г/л, а  $K < 1$  - вода непригодна для орошения;

д) используя результаты химических анализов воды и сравнивая их с табл.А.9, оценить ее агрессивность по отношению к бетонам обычному в неблагоприятных условиях и стойкому в благоприятных условиях. Если вода агрессивна, установить вид агрессивности, которая может быть общекислотной, выщелачивающей, углекислотной, сульфатной и магниальной.

#### 4. ПОСТРОЕНИЕ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОГО РАЗРЕЗА

Инженерно-геологический разрез в курсовом проекте строится по одному из диагональных направлений карты гидроизогипс и представляет собой изображенное на бумаге вертикальное сечение верхней части земной коры с указанием последовательности залегания и мощности грунтов разного литологического состава, уровней подземных вод, мест взятия проб и проведения испытаний. Данные для построения инженерно-геологического разреза и номера скважин, по которым строится разрез указаны в табл.1 приложения Г.

Разрезы составляются слева направо, с юга на север; разрезы через долины рек составляются так, чтобы левый берег был на разрезе слева, правый - справа.

Горизонтальный масштаб разреза должен быть соответствующим масштабу инженерно-геологической карты или топографическому плану (допускается применять смежные масштабы), вертикальный - должен отличаться от горизонтального не более чем в 10 раз (в учебных целях можно применить вертикальные масштабы 1:100, 1:200).

С левой стороны разрез ограничивается шкалой вертикального масштаба, причем она строится так, чтобы охватить максимальную отметку устья скважины (наиболее высокое место на разрезе) и минимальную отметку забоя. За величину основания шкалы принимает-

ся 10 мм, шкала в абсолютных отметках с ценой деления в 1 м градуируется и подписывается целыми числами. Основание вертикальной шкалы опирается на горизонтальные графы, в которых указываются номера выработок, абсолютных отметок поверхности земли (устья) и расстояние между ними.

Отступив от шкалы вертикального масштаба 20-30 мм вправо, вычерчивают створ первой скважины - две вертикальные линии с расстоянием между ними 2 мм. Створ ограничивается сверху абсолютной отметкой устья, снизу - абсолютной отметкой забоя. Зная расстояния между скважинами, вправо от первой скважины откладывают соответствующие расстояния и строят створы всех остальных скважин. Используя данные бурения, проводят границы между слоями грунтов. Литологические границы и границы предварительно выделенных инженерно-геологических элементов наносятся тонкими линиями толщиной 0,3 мм, стратиграфические границы - линиями толщиной 0,5 мм (сплошной или штриховкой). На пересечении границ с каждой выработкой слева от выработки проставляется глубина от устья выработки, справа - абсолютная отметка слоя.

Положение уровня подземных вод показывается штрихпунктирной линией толщиной 0,5 мм. На каждой скважине, вскрывшей воду, слева от нее должна быть показана абсолютная отметка установившегося уровня подземных вод и дата замера; для напорных вод указывается глубина появления.

Отметки поверхностных вод на разрезах, пересекающих водотоки и водоёмы, указываются с датой их замера.

Между линиями, обозначающими створ скважины, соответствующими условными обозначениями показывают консистенцию глинистых и степень влажности песчаных грунтов.

Места отбора образцов грунта и проб воды из скважин изображаются на соответствующих глубинах справа от выработки.

Литологический состав грунтов показывается штриховыми знаками (крапом). Густота штриховки (крапа) зависит от размера чертежа, площади распространения грунтов на чертеже, состава грунтов. Каждый слой грунта раскрашивается в соответствующий цвет. На фоне обозначения литологического состава редкими наложенными знаками дополнительно наносятся наиболее характерные особенности грунтов (гумусированность, иловатость, глинистость и т.д.).

Возраст и генезис грунтов следует обозначать в соответствии с принятой стратиграфической схемой, табл.12 приложение Д.

Номера инженерно-геологических элементов заключаются в окружность, а стратиграфические индексы в рамки.

Условные обозначения к разрезам помещаются на листе разреза (внизу или справа) или на отдельном листе.

Пример построения инженерно-геологического разреза представлен в приложении Е.

## 5. ОЦЕНКА ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ТЕРРИТОРИЙ

Для каждого из пластов, которые были вскрыты скважинами, должно быть определено наименование грунта. Состав и физические характеристики грунтов приведены в табл.2 приложения Г. Если в таблице исходных данных отсутствует влажность на границе текучести и раскатывания, то это означает, что грунт песчаный. Для определения наименования песчаного грунта необходимо знать гранулометрический состав, плотность сложения (коэффициент пористости) и степень влажности.

Для определения наименования глинистого грунта требуется знать число пластичности и показатель текучести. Вид песчаного грунта определяют по гранулометрическому составу, табл.1 приложение Д.

Вид глинистого грунта по числу пластичности, табл.2 приложение Д:

$$J_p = \omega_L - \omega_p, \quad (5.1)$$

где

$\omega_L$  - влажность на границе текучести, %;

$\omega_p$  - влажность на границе раскатывания, %.

Затем, для каждого вида грунта необходимо подсчитать следующие производные характеристики:

1. Плотность грунта в сухом состоянии:

$$\rho_d = \frac{\rho}{1 + 0.01 \cdot \omega}, [\text{т/м}^3] \quad (5.2)$$

где

$\rho$  - плотность грунта, т/м<sup>3</sup>;

$\omega$  - природная влажность, %.

2. Коэффициент пористости грунта:

$$e = \frac{\rho_s}{\rho_d} - 1, \quad (5.3)$$

где

$\rho_s$  - плотность частиц грунта, т/м<sup>3</sup>.

По плотности укладки частиц, т.е. по величине коэффициента пористости, песчаные грунты делятся на плотные, средней плотности и рыхлые (табл.3 приложение Д). Использовать рыхлые пески в качестве естественного основания не рекомендуется, поэтому для этих



грунтов отсутствуют значения прочностных и деформативных показателей.

### 3. Степень влажности

$$S_r = \frac{0.01 \cdot \omega \cdot \rho_s}{e \cdot \rho_w}, \quad (5.4)$$

где

$\rho_w = 1,0 \text{ т/м}^3$  - плотность воды.

По величине степени влажности песчаные грунты подразделяются на маловлажные, влажные и насыщенные водой (табл.4 приложение Д).

Для глинистых грунтов определяют показатель текучести:

$$J_L = \frac{\omega - \omega_p}{\omega_L - \omega_p}. \quad (5.5)$$

В зависимости от показателя текучести супеси подразделяются на твердые, пластичные, текучие, а суглинки и глины - на твердые, полутвердые, тугопластичные, мягкопластичные, текучепластичные и текучие (табл.5 приложение Д).

После определения классификационных характеристик песчаных и глинистых грунтов дается заключение по каждому слою геологического разреза. Например, I слой - песок мелкий, средней плотности, маловлажный; II слой - суглинок тугопластичный.

Нормативные значения деформационных и прочностных характеристик песчаных грунтов (соответственно модуль деформации, угол внутреннего трения и удельное сцепление) принимают по табл.6, 7 приложение Д.

Для глинистых грунтов нормативные значения угла внутреннего трения и удельного сцепления принимают по табл.8 приложение Д, а нормативное значение модуля деформации - по табл.9 приложение Д.

Для назначения предварительных размеров подошвы фундаментов определяют расчетное сопротивление на основании  $R_0$ , которое принимается в зависимости от физических характеристик грунта. Для песчаных грунтов  $R_0$  определяется в зависимости от наименования грунта и его плотности (табл.10 приложение Д), для глинистых (непроемчатых) грунтов  $R_0$  устанавливается по виду грунта, его коэффициенту пористости и консистенции (по интерполяции), табл.11 приложение Д.

Примеры оценки физико-механических свойств грунтов приведены в приложении Ж.

Данные физико-механических характеристик и показателей грунтов, слагающих строительную площадку, приводятся в сводной таблице и на их основе определяется полное наименование грунтов и дается оценка возможности и целесообразности их использования в качестве несущего слоя основания (см. табл.5.1).

Таблица 5.1. Сводная таблица физико-механических характеристик грунтов

№	№	Наименование грунта	Мощность слоя, м	$\rho, \text{т/м}^3$ ---	$\rho_s, \text{т/м}^3$ ---	$\rho_d, \text{т/м}^3$ ---	$\omega, \%$	$\omega_L, \%$	$\omega_P, \%$	$J_P, \%$	$J_L$	$e$	$S_r$	$K_f, \text{м/сут}$	$C_n, \text{кПа}$	$\varphi_n, \text{град}$	$E, \text{МПа}$	$R_0, \text{кПа}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
				$\gamma, \text{кН/м}^3$	$\gamma_s, \text{кН/м}^3$	$\gamma_d, \text{кН/м}^3$												

### 6.3 А К Л Ю Ч Е Н И Е

В этом разделе по результатам ранее выполненной работы приводится обобщённая гидрогеологическая и инженерно-геологическая характеристика участка. Приводится краткое обоснование необходимости проведения мелиоративных мероприятий, указывается площадь, где эти мероприятия должны проводиться и её доля в процентах к общей площади участка. Указывается характер, питание подземных вод, режим их движения и связь с межпластовыми водами.

Приводится краткая характеристика геологического строения участка, возраст и генезис грунтов, их строительные свойства, указываются возможные геологические процессы, влияющие на условия строительства.

### Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Стандарт университета: Оформление материалов курсовых и дипломных проектов (работ), отчетов по практике). Общие требования и правила оформления. СТ БГТУ-01-2002, Брест, 2002.
2. Ананьев В.П., Передельский Л.В. Инженерная геология и гидрогеология: Учебник для вузов. – М.: Высшая школа, 1980. – 271 с., ил.
3. Белый Л.Д. Инженерная геология: Учебник для строит. спец. вузов. – М.: Высшая школа, 1985. – 231 с., ил.
4. Кац Д.М. Основы геологии и гидрогеология. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Колос, 1981. – 351 с. ил.
5. Стандарт Республики Беларусь. Грунты, классификация. – СТБ943-2007. – Мн.: Министерство архитектуры и строительства РБ, 2007.
6. СанПиН 10-124 РБ 99. «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем водоснабжения. Контроль качества».

## ПРИЛОЖЕНИЕ А

**Таблица А.1. Результаты замеров уровней грунтовой воды в скважинах**

№№ скважин	Абс. отметка поверхности Земли, м	Глубина залегания воды от поверхности Земли, м	Абс. отметка поверхности Земли, м	Глубина залегания воды от поверхности Земли	Абс. отметка поверхности Земли, м	Глубина залегания воды от поверхности Земли, м	Абс. отметка поверхности Земли, м	Глубина залегания воды от поверхности Земли	Абс. отметка поверхности Земли, м	Глубина залегания воды от поверхности Земли, м	Абс. отметка поверхности Земли, м	Глубина залегания воды от поверхности Земли, м
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
	Вариант 1		Вариант 2		Вариант 3		Вариант 4		Вариант 5		Вариант 6	
1	431.0	11.3	312.4	0.0	524.7	8.7	635.7	0.0	236.4	5.5	335.0	1.1
2	429.0	8.9	320.1	5.1	523.7	9.7	636.1	2.2	235.0	6.1	334.1	0.7
3	421.0	0.0	323.0	7.2	523.6	11.6	636.3	4.2	234.2	7.1	331.1	0.9
4	430.0	6.9	326.2	9.3	523.5	13.0	636.2	5.3	229.0	3.8	333.0	3.4
5	431.0	7.6	327.0	8.5	520.9	11.3	636.3	5.7	222.5	0.0	334.7	8.7
6	433.0	13.0	319.0	4.1	522.9	3.4	635.2	0.7	236.2	5.2	333.0	1.5
7	431.5	9.2	314.8	0.0	520.4	3.4	634.1	0.0	232.5	1.9	331.7	0.5
8	429.0	4.9	320.1	2.8	520.4	6.4	633.6	2.5	228.8	0.8	329.9	0.3
9	425.0	0.0	323.0	4.5	521.4	9.0	632.5	1.8	224.9	0.0	330.5	3.5
10	429.0	1.7	326.3	7.3	518.9	8.9	635.1	6.1	230.0	4.9	333.7	9.7
11	433.7	11.6	324.3	7.2	523.1	0.9	635.8	3.7	236.4	4.4	328.1	0.0
12	430.5	6.5	318.7	0.7	519.7	0.1	632.7	0.2	234.2	2.5	329.0	0.5
13	427.0	0.1	318.9	0.0	517.0	0.1	628.8	0.0	228.9	0.0	327.1	0.2
14	429.6	0.5	322.7	0.2	519.0	4.8	628.7	0.8	230.2	3.2	330.6	6.5
15	428.2	0.0	325.8	3.7	510.9	0.0	634.2	7.1	233.0	7.0	333.8	11.8
16	433.8	9.8	325.1	6.0	524.0	0.7	636.4	7.3	236.0	2.0	329.9	1.8
17	430.5	4.5	322.4	1.8	521.7	0.4	633.2	4.5	234.0	0.0	325.1	0.0

**Продолжение таблицы А.1**

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
18	429.8	0.2	324.3	2.7	518.9	0.4	630.2	3.0	232.8	0.4	329.1	4.9
19	431.8	0.5	324.2	0.0	515.0	0.0	624.8	0.0	233.0	4.6	331.5	9.0
20	433.0	1.4	325.0	0.7	520.0	6.8	629.1	3.9	236.0	9.2	333.5	13.1
21	434.4	8.9	326.4	5.6	525.0	1.2	637.0	9.0	235.8	0.0	329.8	4.8
22	433.1	3.4	326.1	5.3	522.9	0.9	636.1	9.3	235.1	0.6	326.0	3.6
23	433.2	1.0	326.5	4.7	518.1	0.0	633.2	7.2	235.8	3.9	322.0	0.0
24	433.9	0.8	326.1	2.0	519.1	1.6	630.2	5.1	236.4	7.3	329.0	9.0
25	435.0	1.1	325.3	0.0	521.5	7.5	622.4	0.0	237.0	9.0	333.0	13.5
	Вариант 7		Вариант 8		Вариант 9		Вариант 10		Вариант 11		Вариант 12	
1	227.0	9.1	462.5	8.5	136.8	7.8	121.5	7.5	521.1	11.4	526.0	12.3
2	226.1	7.3	461.9	6.4	135.0	4.2	119.2	1.6	519.0	9.0	524.0	9.9
3	225.8	3.7	461.0	3.8	134.4	2.4	118.1	0.0	511.0	0.0	516.0	0.0
4	225.1	0.7	460.3	0.0	134.5	1.1	123.1	1.6	520.0	7.0	525.0	7.9
5	226.5	0.0	461.7	1.0	135.0	0.0	125.2	1.2	521.6	7.6	526.1	8.6
6	226.0	9.3	460.9	6.7	135.8	6.8	120.0	6.9	523.6	13.1	528.6	14.0
7	223.1	4.7	459.1	3.1	134.5	4.2	115.1	0.0	521.5	9.1	526.5	10.2
8	222.7	0.3	458.5	0.0	132.8	1.0	119.2	0.6	519.0	4.8	524.0	5.9
9	224.1	0.0	459.6	0.6	132.5	0.0	121.7	0.5	515.0	0.0	520.0	0.0
10	226.0	1.9	461.3	2.5	134.6	1.6	124.0	0.7	519.0	1.7	524.0	2.7
11	223.2	7.5	457.8	3.5	135.4	6.9	111.0	0.0	523.7	11.7	528.7	12.6
12	220.3	3.0	456.2	0.0	134.0	4.0	117.1	4.9	520.5	6.5	525.5	7.5
13	218.8	0.0	457.8	0.3	131.0	0.0	118.2	0.0	517.0	0.7	522.0	1.1
14	224.3	2.7	459.7	1.9	133.0	1.5	119.8	0.3	519.6	0.5	524.6	1.5
15	226.4	4.5	460.8	3.2	134.5	4.5	123.2	1.0	518.2	0.0	523.2	0.0
16	220.0	4.9	453.8	0.0	134.0	5.7	119.0	8.9	523.8	9.8	528.8	10.8
17	215.0	0.0	456.7	1.2	129.3	0.0	123.1	9.1	520.5	3.5	525.5	5.5
18	218.9	0.8	457.6	1.3	134.0	4.0	120.4	6.4	519.8	0.2	524.8	1.2
19	222.6	2.0	459.8	3.2	135.0	5.5	120.5	3.6	521.8	0.5	526.8	1.5
20	226.2	5.3	460.3	3.8	136.3	7.3	123.1	3.4	523.0	1.5	528.0	2.4
21	212.6	0.0	454.5	2.3	128.0	0.0	121.0	11.3	524.8	8.8	529.4	9.9

**Продолжение таблицы А.1**

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
22	219.0	3.9	455.5	2.5	134.3	6.0	123.5	13.0	523.0	3.5	528.1	4.4
23	224.3	7.3	457.4	2.6	135.4	7.4	123.8	11.6	523.2	1.0	528.2	2.0
24	225.2	6.1	459.0	3.5	136.8	8.3	123.6	9.7	524.0	0.7	528.9	1.8
25	226.6	5.7	460.0	4.3	138.6	10.8	124.7	8.6	525.0	1.2	530.0	2.1
	Вариант 13		Вариант 14		Вариант 15		Вариант 16		Вариант 17		Вариант 18	
1	408.4	0.0	421.7	9.9	530.7	0.0	331.4	6.5	330.0	2.1	327.0	10.1
2	416.1	7.4	420.7	10.9	531.1	3.0	330.0	7.1	329.1	1.7	326.1	8.3
3	419.0	9.5	420.6	12.8	531.3	5.2	329.2	8.1	326.1	1.9	325.8	4.7
4	422.2	11.6	420.5	15.2	531.2	6.3	324.0	4.8	328.0	4.4	325.1	1.7
5	423.0	2.8	417.9	12.5	531.3	6.7	317.5	0.0	329.7	9.7	326.5	0.0
6	415.0	6.4	419.9	4.6	530.2	1.7	331.2	6.2	328.0	2.5	326.0	10.3
7	410.8	0.0	417.4	4.6	529.1	0.0	327.5	2.9	326.1	1.5	323.1	5.7
8	416.1	5.1	417.4	7.6	528.6	3.5	323.8	1.8	324.9	1.3	322.0	1.3
9	419.0	6.8	418.4	10.2	527.5	2.8	319.9	0.0	325.5	4.5	324.1	0.0
10	422.3	9.6	415.9	10.1	530.1	7.1	325.0	5.9	328.7	10.7	326.0	2.9
11	420.3	9.5	420.1	2.1	530.8	4.7	331.4	5.4	323.1	0.0	323.2	8.5
12	414.7	3.0	416.7	1.3	527.7	1.2	329.2	3.5	324.0	1.5	320.3	4.0
13	414.9	0.0	414.0	1.3	523.8	0.0	323.9	0.0	322.1	1.2	318.8	0.0
14	418.7	2.5	416.0	6.0	523.7	1.8	325.2	4.2	325.6	7.5	324.3	2.7
15	421.8	7.0	407.9	0.0	529.2	8.1	328.0	8.0	328.8	12.8	326.4	5.5
16	421.1	8.3	421.0	1.9	531.4	8.3	331.0	3.0	324.3	2.8	320.0	5.9
17	418.4	4.1	418.7	1.6	528.2	5.5	329.0	0.0	320.1	0.0	315.0	0.0
18	420.3	5.0	415.9	1.6	525.2	4.0	327.8	1.4	324.1	5.9	318.9	1.8
19	420.2	0.0	412.0	0.0	519.8	0.0	328.0	5.6	326.5	10.0	322.6	3.0
20	421.0	3.0	417.0	8.0	524.1	4.9	331.0	10.2	328.5	14.1	326.2	6.3
21	422.0	7.9	422.0	2.4	532.0	10.0	330.8	0.0	324.8	5.8	312.6	0.0
22	422.1	7.6	419.0	2.1	531.1	10.3	330.1	1.6	317.0	0.0	319.0	4.9
23	422.5	7.0	415.1	0.0	528.0	8.2	330.8	4.9	321.0	4.6	324.3	8.3
24	422.1	4.3	416.1	2.8	525.2	6.1	331.4	8.3	324.0	10.0	325.2	7.1

**Продолжение таблицы А.1**

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
25	421.3	0.0	418.5	8.7	517.4	0.0	332.0	10.0	328.0	14.5	326.6	6.7
	Вариант 19		Вариант 20		Вариант 21		Вариант 22		Вариант 23		Вариант 24	
1	362.5	9.7	236.9	8.6	222.5	8.6	420.1	12.5	326.1	13.6	326.5	9.5
2	361.9	7.6	235.1	5.2	220.2	2.7	418.0	10.1	324.0	11.2	325.2	3.6
3	361.0	5.0	234.5	3.4	219.1	0.0	410.0	0.0	316.0	0.0	323.1	0.0
4	360.3	0.0	234.6	2.1	224.1	2.7	419.0	8.1	325.0	9.2	328.1	3.6
5	361.7	2.2	235.1	0.0	226.2	2.4	420.6	8.7	326.6	9.8	330.2	3.2
6	360.9	7.9	235.9	7.8	221.0	8.0	422.6	14.2	328.6	15.3	325.0	8.9
7	359.1	4.3	234.6	5.2	216.1	0.0	420.5	10.2	326.5	11.3	320.1	0.0
8	358.5	0.0	232.9	2.0	220.5	1.7	418.0	5.9	324.0	7.0	324.2	2.6
9	359.6	1.8	232.6	0.0	222.7	1.6	414.0	0.0	320.0	0.0	326.7	2.5
10	361.3	3.7	234.7	2.6	225.0	1.8	418.0	2.8	324.0	3.9	329.0	2.7
11	357.8	4.7	235.5	7.9	212.0	0.0	422.7	12.8	328.7	13.9	316.0	0.0
12	356.2	0.0	234.1	5.0	218.1	6.0	419.5	7.6	325.5	8.7	322.1	6.9
13	357.8	1.5	231.1	0.0	219.2	0.0	416.0	1.8	322.0	2.9	323.2	0.0
14	359.7	3.1	233.1	2.5	220.8	1.4	418.6	1.6	324.6	2.7	324.8	2.8
15	360.8	4.4	234.6	5.5	224.2	2.1	417.2	0.0	323.2	0.0	328.2	3.0
16	353.8	0.0	234.1	6.7	220.0	10.0	422.8	11.0	328.8	12.0	324.0	10.9
17	356.7	2.4	229.4	0.0	224.1	10.2	419.5	4.6	325.0	5.7	328.1	11.1
18	357.6	2.5	234.1	5.0	221.4	7.5	418.8	1.3	324.8	2.4	325.1	8.4
19	359.8	4.4	235.1	6.5	221.5	4.7	420.8	1.6	326.8	2.7	325.5	5.6
20	360.3	5.0	236.4	8.3	224.1	4.5	422.0	2.6	328.0	3.7	328.1	5.4
21	354.5	3.5	228.1	0.0	222.0	12.4	423.8	9.9	329.6	4.0	328.1	5.4
22	355.5	3.7	234.4	6.0	223.5	14.1	432.0	4.6	328.0	4.7	328.5	15.0
23	357.4	2.6	235.9	8.4	224.8	12.7	422.2	2.1	328.2	3.2	328.8	13.6
24	359.0	4.7	236.9	9.3	224.6	10.8	423.0	1.8	329.0	2.9	328.6	11.7
25	360.0	5.5	238.7	11.8	225.7	9.7	424.0	2.3	330.0	3.4	329.7	10.6

**Продолжение приложения А**

**Таблица А.2. Коэффициенты фильтрации пород**

№№ п/п	Название породы	Коэффициент фильтрации, м/сут
1.	Глины, монолитные скальные породы (практически водоупоры)	0,001
2.	Суглинки, слаботрещиноватые породы (весьма слабо-водопроницаемые)	0,1-0,001
3.	Супесь	0,1-0,5
4.	Лесс	0,25-0,5
5.	Песок пылеватый	0,5-1,0
6.	Песок мелкозернистый	1-5
7.	Песок среднезернистый	5-20
8.	Песок крупнозернистый	20-50
Скальные породы:		
9.	Сильнотрещиноватые	70-150
10.	Среднетрещиноватые	20-60
11.	Гравий	50-150
12.	Галечник	100-500
13.	Крупный галечник, лишенный песчаного заполнителя и закарстованные породы	>500

**Таблица А.3. Результаты химического анализа воды**

Вариант	Сухой остаток, мг/л.	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Na <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	pH	Свободная СО <sub>2</sub> , мг/л	Карбонатная жёсткость, мг-экв/л	Общая жёсткость, мг-экв/л.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	676	119	168	201	74	73	40	7.6	22.0	3.5	7.4
2	896	124	150	377	145	54	46	6.7	19.8	6.6	7.0
3	510	71	98	202	92	15	32	6.8	15.3	3.5	3.6
4	906	194	204	342	42	25	90	7.3	17.4	6.6	10.1
5	577	171	38	186	123	32	24	7.0	8.2	5.2	5.8
6	688	125	83	276	87	89	24	7.0	10.6	4.8	5.5
7	740	132	177	209	128	76	18	7.1	4.4	3.7	4.6
8	713	125	83	276	168	29	13	6.9	1.1	3.4	4.3
9	924	83	492	87	31	29	163	8.0	7.0	6.2	6.9
10	667	81	41	315	166	15	12	8.2	2.8	2.1	2.8
11	892	331	102	334	250	22	38	7.1	3.7	2.3	4.4
12	982	236	146	273	202	64	27	7.3	1.9	2.5	5.1
13	937	197	196	253	121	101	42	7.9	2.3	3.2	6.8
14	702	329	133	60	84	35	28	7.3	3.0	1.9	3.1
15	691	226	21	215	153	31	33	7.8	5.5	1.5	3.3
16	709	340	152	72	36	52	26	8.4	7.3	1.6	3.7
17	331	9	185	29	18	59	10	6.6	7.2	1.2	3.0
18	923	109	367	166	159	67	17	6.7	4.3	1.6	3.2
19	493	10	27	290	70	33	12	7.7	4.2	1.3	2.8
20	782	99	201	293	82	22	28	7.4	8.4	1.5	2.9
21	712	226	21	197	177	32	15	7.2	6.5	1.3	2.7
22	801	281	147	147	82	56	25	6.8	17.0	1.6	3.0
23	406	32	183	69	22	37	38	6.8	8.0	1.2	3.4
24	312	5	11	208	7	58	8	7.3	3.7	1.1	3.1
К-т пересчёта мг/л в мг-экв/л		0.028	0.021	0.016	0.044	0.05	0.082		0.0454		



**Таблица А.4. Классификация природных вод по массовой концентрации сухого остатка**

Группы вод	Массовая концентрация сухого остатка, мг/л.
1	2
Сверхпресные	<200
Пресные	200-1000
Слабосоленоватые	1000-3000
Сильносоленоватые	3000-10000
Соленые	10000-35000
Рассолы	>35000

**Таблица А.5. Классификация подземных вод по жёсткости**

Группы вод	Общая жёсткость, мг-экв/л.
1	2
Очень мягкие	<1.5
Мягкие	1.5-3.0
Умеренно жёсткие	3.0-6.0
Жёсткие	6.0-9.0
Очень жёсткие	>9.0

**Таблица А.6 Классификация подземных вод по водородному показателю**

Группы вод	Величина водородного показателя, рН
1	2
Кислые	рН < 7
Нейтральные	рН = 7
Щелочные	рН > 7
Высокощелочные	рН = 10.3

**Таблица А.7. Нормативы обобщенных показателей и наиболее распространенных химических веществ в питьевой воде**

Наименование показателя	Единица измерения	Нормативы (предельно-допустимые концентрации (ПДК), не более	Показатель вредности	Класс опасности
1	2	3	4	5
<b>Обобщенные показатели</b>				
Водородный показатель	Единицы рН	В пределах 6-9		
Общая минерализация (сухой остаток)	мг/дм <sup>3</sup>	1000(1500) <sub>2</sub> )		
Общая жёсткость	ммоль/дм <sup>3</sup>	7,0(10) <sub>2</sub> )		
Окисляемость перманганатная	мг/дм <sup>3</sup>	0,1		
Поверхностно активные вещества (ПАВ) анионоактивные	мг/дм <sup>3</sup>	0,5		
Фенольный индекс	мг/дм <sup>3</sup>	0,25		
<b>Неорганические вещества</b>				
Алюминий (Al <sup>3+</sup> )	мг/дм <sup>3</sup>	0,5	с.-т.	2
Барий (Ba <sup>2+</sup> )	мг/дм <sup>3</sup>	0,1	с.-т.	2
Бериллий (Be <sup>2+</sup> )	мг/дм <sup>3</sup>	0,0002	с.-т.	1
Бор (суммарно)	мг/дм <sup>3</sup>	0,5	с.-т.	2
Железо (Fe, суммарно)	мг/дм <sup>3</sup>	0,3(1,0) <sub>2</sub> )	орг	3
Кадмий (Cd, суммарно)	мг/дм <sup>3</sup>	0,001	с.-т.	2
Марганец (Mn, суммарно)	мг/дм <sup>3</sup>	0,1 (0,5) <sub>2</sub> )	орг.	3
Медь (Cu, суммарно)	мг/дм <sup>3</sup>	1,0	орг.	
Молибден (Mo, суммарно)	мг/дм <sup>3</sup>	0,25	с.-т.	3
Мышьяк (As, суммарно)	мг/дм <sup>3</sup>	0,05	с.-т.	2
Никель (Ni, суммарно)	мг/дм <sup>3</sup>	0,1	с.-т.	3
Нитраты (по NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	мг/дм <sup>3</sup>	45	орг.	3
Ртуть (Hg, суммарно)	мг/дм <sup>3</sup>	0,0005	с.-т.	1
Свинец (Pb, суммарно)	мг/дм <sup>3</sup>	0,03	с.-т.	2
Селен (Se, суммарно)	мг/дм <sup>3</sup>	0,01	с.-т.	2
Стронций (Sr <sup>2+</sup> )	мг/дм <sup>3</sup>	7,0	с.-т.	2
Сульфаты (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	мг/дм <sup>3</sup>	500	орг.	4
Фториды (F <sup>-</sup> )	мг/дм <sup>3</sup>	1,5	с.-т.	2
Хлориды (Cl <sup>-</sup> )	мг/дм <sup>3</sup>	350	орг.	4
Хром (Cr <sup>6+</sup> )	мг/дм <sup>3</sup>	0,05	с.-т.	3
Цианиды (CN <sup>-</sup> )	мг/дм <sup>3</sup>	0,035	с.-т.	2

### Продолжение таблицы А.7

1	2	3	4	5
Цинк (Zn <sup>2+</sup> )	мг/дм <sup>3</sup>	5,0	орг.	3
<b>Органические вещества</b>				
У-ГХЦГ (линдан)	мг/дм <sup>3</sup>	0,002 <sub>3</sub> )	с.-т.	1
ДДГ (сумма изомеров)	мг/дм <sup>3</sup>	0,002 <sub>3</sub> )	с.-т.	2
2.4-Д	мг/дм <sup>3</sup>	0,03 <sub>3</sub> )	с.-т.	2

**Примечание:**

1. Лимитирующий признак вредности вещества, по которому установлен норматив: «с.-т.» - санитарно-токсикологический, «орг.» - органолептический.

2. Величина, указанная в скобках, может быть установлена по постановлению главного государственного санитарного врача соответствующей территории для конкретной системы водоснабжения на основании оценки санитарно-эпидемиологической обстановки в населенном пункте и применяемой технологии водоподготовки.

**Таблица А.8. Норма качества воды для водопоя животных (СНиП П-31-74)**

Видовые и возрастные группы	Массовая концентрация сухого остатка	Предельное содержание		Общая жёсткость, мг-экв/л
		хлоридов, мг/л	сульфатов, мг/л	
1	2	3	4	5
<b>Крупный рогатый скот:</b>				
- взрослые животные	2400	600	800	18
- телята и ремонтный молодняк	1800	400	600	14
<b>Свиньи:</b>				
- взрослые животные	1200	400	600	14
- поросята и ремонтный молодняк	1000	350	500	12
<b>Лошади:</b>				
- взрослые животные	1000	400	500	15
- жеребята и ремонтный молодняк	1000	350	500	12
<b>Овцы:</b>				
- взрослые животные	5000	2000	2400	45
- ягнята и ремонтный молодняк	3000	1500	1700	30




**Таблица А.9 Агрессивность подземных вод по отношению к бетону**

Вид агрессивности	Компоненты-носители агрессивности и их размерность	Неагрессивная вода	Агрессивная вода по отношению к бетону	
			обычному в благоприятных условиях	стойкому в неблагоприятных условиях
1	2	3	4	5
Общекислотная	pH	>7	<7	<5
Выщелачивающая	$\text{HCO}_3^{3-}$ , мг-экв/л	$\geq 1.5$	<1.5	<0.4
Углекислотная	$\text{CO}_2^-$ , мг/л	$\leq 3.0$	>3.0	>8.3
Сульфатная	$\text{SO}_4^{2-}$ , мг/л	$\leq 250$	>250	>400
Магнезиальная	$\text{Mg}^{2+}$ , мг/л	$\leq 100$		

Приложение Б


Карта гидроизобат  
Масштаб 1:5000

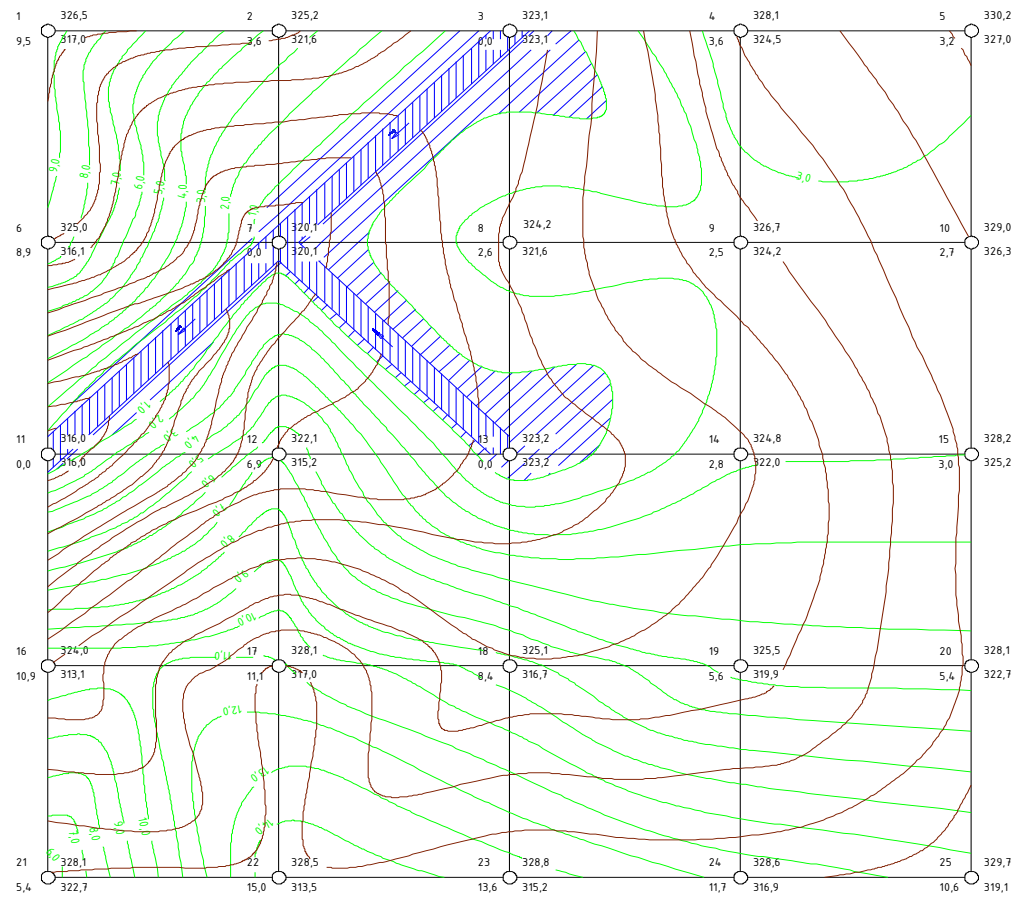
Условные обозначения :

-  - горизонталы ;
-  - гидроизобаты ;
-  - река ;

$\begin{matrix} 6 & | & 325,0 \\ 8,9 & | & 316,1 \end{matrix}$  - скважина ;

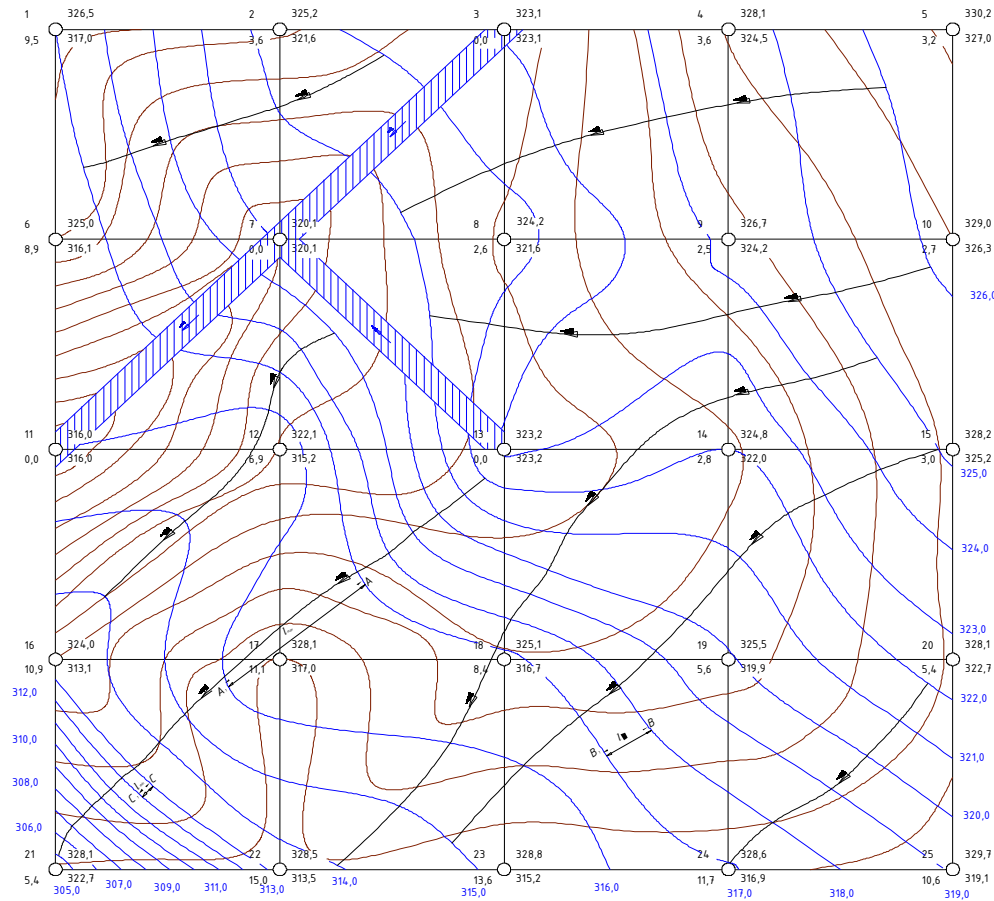
6 - № скважины ;  
 325,0 - отм. горизонталы ;  
 316,1 - отм. уровня грунтовой воды (WL);  
 8,9 - глубина залегания грунтовой воды ;

 - зона временного переувлажнения при  
 норме осушения 1,0м (норма осушения  
 принимается согласно задания на  
 проектирование )



74 05 01-М-137-КП-01-24			
Инженерно-геологических и инженерно-гидрологических условий альпийского массива		КП	1:5000
Карта гидроизобат		УО КрП ГИ кафедра ГТК	

Карта гидроизогипс  
Масштаб 1:5000



Условные обозначения :

- горизонтали ;
- гидроизогипсы ;
- река ;

$\frac{6}{8,9} \begin{matrix} 325,0 \\ 316,1 \end{matrix}$  - скважина ;  
 6 - № скважины ;  
 325,0 - отм. горизонтали ;  
 316,1 - отм. уровня грунтовой воды (WL) ;  
 8,9 - глубина залегания грунтовой воды ;

- направление линии грунтового потока ;
- участок определения скорости грунтового потока ;
- AA-BB-CC - участок определения скорости грунтового потока ;

74.05.01-М-137-К7-01-24			
Исполнитель	Инженер	Проверка	Дата
С.И.И.	И.И.И.	И.И.И.	И.И.И.
Масштаб	1:5000	Контур	И.И.И.
Карта гидроизогипс		ИО БрГТУ кафедра ГТК	

ПРИЛОЖЕНИЕ Г

Таблица Г.1. Данные к построению инженерно-геологического разреза

Вариант	№№ слоев	Геологический индекс	Глубина до подошвы слоя или до забоя скважины, м					Глубина отбора образца, м					Дочетвертичная порода
			4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
№ скважин			21	17	13	9	5	21	17	13	9	5	Доломит
1	1	hQ <sub>IV</sub>	-	-	1.8	1.5	-	-	-	-	-	-	
	2	vQ <sub>IV</sub>	5.2	1.6	-	-	4.1	4.1	(0.8)	-	-	(1.2)	
	3	aQ <sub>III</sub>	14.4	9.2	7.2	4.9	11.1	-	-	6.3	(5.7)	-	
	4	fgQ <sub>II</sub>	24.4	-	16.9	10.7	20.2	(18.6)	-	-	-	16.3	
	5	aQ <sub>I</sub>	30.6	-	18.6	-	25.7	-	-	-	-	23.2	
	6	N <sub>2</sub>	33.7	-	-	-	28.6	/32.1/	-	-	-	-	
№ скважин			21	17	13	9	5	21	17	13	9	5	Известняк
2	1	hQ <sub>IV</sub>	-	-	1.7	-	-	-	-	-	-	-	
	2	vQ <sub>IV</sub>	4.4	0.9	-	1.9	4.9	2.3	-	-	(1.1)	-	
	3	aQ <sub>III</sub>	13.4	9.9	3.6	11.8	16.9	(10.5)	-	(2.7)	9.4	-	
	4	aQ <sub>II</sub>	21.5	17.4	-	15.2	21.3	17.0	-	-	-	-	
	5	fgQ <sub>I</sub>	23.4	28.1	-	-	31.8	-	(24.4)	-	-	26.1	
	6	N <sub>2</sub>	-	30.7	-	-	33.3	-	-	-	-	/32.7/	
№ скважин			1	7	13	19	25	1	7	13	19	25	Мергель
3	1	hQ <sub>IV</sub>	-	-	1.1	1.2	-	-	-	-	-	-	
	2	vQ <sub>III</sub>	6.1	0.9	-	-	-	3.9	-	-	-	-	
	3	aQ <sub>III</sub>	13.8	6.1	4.6	2.6	7.8	-	(4.3)	-	-	5.2	
	4	aQ <sub>II</sub>	19.2	-	13.4	8.2	16.4	-	-	-	4.7	-	
	5	aQ <sub>I</sub>	31.7	-	18.4	-	27.3	24.7	-	(15.2)	-	(19.9)	
	6	N <sub>1</sub>	33.8	-	-	-	28.4	/32.9/	-	-	-	/27.7/	
№ скважин			21	17	13	9	5	21	17	13	9	5	Мергель
4	1	hQ <sub>IV</sub>	-	-	2.1	-	-	-	-	-	-	-	
	2	vQ <sub>IV</sub>	5.1	1.7	-	1.3	6.2	-	0.9	-	(0.8)	-	
	3	aQ <sub>IV</sub>	12.2	8.1	3.5	6.9	10.2	-	(6.2)	-	-	8.2	
	4	aQ <sub>III</sub>	17.9	9.9	9.4	12.9	16.3	-	-	7.2	-	-	
	5	aQ <sub>II</sub>	27.4	-	12.8	20.1	29.6	22.4	-	-	-	(20.6)	
	6	N <sub>1</sub>	28.8	-	-	-	30.7	(28.0)	-	-	-	/30.2/	

**Продолжение таблицы Г.1**

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
№ скважин			1	7	13	19	25	1	7	13	19	25	Известняк
5	1	hQ <sub>IV</sub>	-	-	1.6	-	-	-	-	-	-	-	
	2	vQ <sub>III</sub>	7.7	2.7	-	0.8	3.3	3.2	-	-	-	(2.0)	
	3	aQ <sub>II</sub>	10.3	9.1	3.4	6.6	12.4	-	4.7	-	(2.9)	-	
	4	aQ <sub>II</sub>	19.5	-	11.2	-	19.3	-	-	8.3	-	-	
	5	aQ <sub>II</sub>	28.7	-	16.3	-	29.4	(23.4)	-	-	-	23.8	
	6	N <sub>2</sub>	30.4	-	-	-	31.5	/30.4/	-	-	-	-	
№ скважин			21	17	13	9	5	21	17	13	9	5	Доломит
6	1	hQ <sub>IV</sub>	-	1.3	2.1	-	-	-	-	-	-	-	
	2	vQ <sub>IV</sub>	-	-	-	2.1	7.2	-	-	-	-	4.5	
	3	aQ <sub>III</sub>	8.9	3.5	6.7	11.1	14.1	(2.4)	-	4.0	-	-	
	4	aQ <sub>II</sub>	15.0	11.8	8.4	18.3	21.6	-	(8.1)	-	-	17.4	
	5	aQ <sub>I</sub>	27.6	16.5	-	25.5	29.1	(20.2)	-	-	21.5	-	
	6	N <sub>2</sub>	28.9	-	-	26.9	32.9	/28.8/	-	-	-	-	
№ скважин			1	7	13	19	25	1	7	13	19	25	Гранит
7	1	hQ <sub>IV</sub>	-	-	1.0	-	-	-	-	-	-	-	
	2	vQ <sub>III</sub>	6.9	1.2	-	-	-	3.6	-	-	-	-	
	3	aQ <sub>III</sub>	12.6	8.1	3.3	7.5	10.6	-	(4.2)	7.5	(5.1)	4.6	
	4	aQ <sub>II</sub>	17.3	18.2	13.4	11.2	19.8	14.7	-	-	-	-	
	5	aQ <sub>II</sub>	28.0	-	16.2	-	29.4	-	-	-	-	24.7	
	6	P <sub>3</sub>	29.9	-	-	-	30.9	/28.5/	-	-	-	-	
№ скважин			25	19	13	7	1	25	19	13	7	1	Гранит
8	1	hQ <sub>IV</sub>	-	-	1.7	-	-	-	-	-	-	-	
	2	vQ <sub>IV</sub>	9.2	4.8	2.5	3.8	3.1	-	2.3	-	-	(1.6)	
	3	aQ <sub>III</sub>	13.1	7.9	9.1	10.6	12.5	11.2	-	-	(7.7)	9.3	
	4	aQ <sub>II</sub>	17.2	-	14.9	15.1	19.7	-	-	11.7	-	-	
	5	aQ <sub>I</sub>	28.8	-	17.8	-	25.1	(23.1)	-	16.2	-	-	
	6	P <sub>1</sub>	31.5	-	-	-	27.5	/30.2/	-	-	-	-	
№ скважин			1	7	13	19	25	1	7	13	19	25	Доломит
9	1	hQ <sub>IV</sub>	-	-	1.8	-	-	-	-	-	-	-	
	2	vQ <sub>IV</sub>	2.1	0.6	-	3.2	7.7	(1.5)	-	-	-	4.1	
	3	aQ <sub>III</sub>	11.9	10.3	7.2	10.0	13.4	-	6.2	(3.9)	-	11.7	
	4	fgQ <sub>I</sub>	18.4	13.4	15.6	20.1	22.5	15.8	-	(11.0)	-	-	
	5	aQ <sub>I</sub>	27.6	-	19.2	26.3	31.2	-	-	-	22.0	(27.2)	
	6	N <sub>1</sub>	30.4	-	-	-	33.0	/28.8	-	-	-	-	



**Продолжение таблицы Г.1**

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
№ скважин			25	19	13	7	1	25	19	13	7	1	Известняк
10	1	hQ <sub>IV</sub>	-	0.9	2.6	-	-	-	-	-	-	-	
	2	vQ <sub>IV</sub>	-	-	-	1.3	7.6	-	-	-	-	3.2	
	3	aQ <sub>II</sub>	14.1	5.5	9.0	12.7	18.3	6.2	-	(5.3)	7.3	-	
	4	fgQ <sub>I</sub>	18.7	14.3	19.3	21.1	26.3	-	(10.6)	-	-	20.9	
	5	aQ <sub>I</sub>	26.8	18.4	23.8	22.3	35.0	(22.9)	-	-	-	29.2	
	6	P <sub>3</sub>	29.1	-	-	-	35.5	/27.8/	-	-	-	-	
№ скважин			21	17	13	9	5	21	17	13	9	5	Мергель
11	1	hQ <sub>IV</sub>	-	-	1.8	2.1	-	-	-	-	-	-	
	2	vQ <sub>IV</sub>	8.1	2.2	-	-	2.9	4.7	-	-	-	(1.9)	
	3	aQ <sub>III</sub>	17.7	12.1	8.0	5.9	13.8	-	-	(4.6)	-	10.7	
	4	lgQ <sub>II</sub>	22.9	19.2	10.7	14.9	19.4	-	16	-	(9.5)	-	
	5	aQ <sub>I</sub>	32.6	20.3	-	16.3	27.7	(28.4)	-	-	-	23.7	
	6	P <sub>2</sub>	33.7	-	-	-	29.4	/33.2/	-	-	-	/28.7/	
№ скважин			21	17	13	9	5	21	17	13	9	5	Гранит
12	1	hQ <sub>IV</sub>	-	-	-	1.8	-	-	-	-	-	-	
	2	vQ <sub>III</sub>	8.8	3.0	-	-	-	5.3	-	-	-	-	
	3	aQ <sub>II</sub>	15.2	9.3	5.1	3.2	10.2	11.8	-	(3.2)	-	4.6	
	4	fgQ <sub>I</sub>	24.6	19.4	8.2	13.6	20.5	-	14.3	-	(7.9)	-	
	5	aQ <sub>I</sub>	31.9	21.8	-	22.2	25.8	-	-	-	(17.8)	22.7	
	6	J	33.5	-	-	23.7	-	/32.5/	-	-	/22.8/	-	
№ скважин			21	17	13	9	5	21	17	13	9	5	Гранит
13	1	hQ <sub>IV</sub>	-	-	1.8	-	-	-	-	-	-	-	
	2	vQ <sub>IV</sub>	3.7	0.9	-	2.3	5.0	2.1	-	-	(1.2)	-	
	3	aQ <sub>III</sub>	11.9	10.1	7.4	9.9	13.9	-	6.3	(3.4)	-	8.9	
	4	lgQ <sub>II</sub>	19.6	16.9	9.3	19.6	24.8	(16.5)	-	8.4	-	-	
	5	aQ <sub>I</sub>	28.1	18.4	-	23.7	30.0	25.3	-	-	(21.5)	-	
	6	K	29.4	-	-	-	31.7	-	-	-	-	/31.1/	
№ скважин			1	7	13	19	25	1	7	13	19	25	Доломит
14	1	hQ <sub>IV</sub>	-	-	-	1.3	-	-	-	-	-	-	
	2	vQ <sub>III</sub>	6.6	1.4	-	-	1.6	4.2	(0.8)	-	-	-	
	3	aQ <sub>II</sub>	12.2	8.5	5.6	3.0	7.7	-	-	(3.0)	-	5.6	
	4	fgQ <sub>I</sub>	19.7	16.4	6.9	9.1	17.3	16.1	-	-	(5.8)	-	
	5	aQ <sub>I</sub>	28.3	21.3	-	11.3	26.3	-	18.2	-	-	(20.7)	
	6	N <sub>1</sub>	30.7	-	-	-	27.5	/29.5/	-	-	-	/26.8/	

**Продолжение таблицы Г.1**

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
№ скважин			5	9	13	17	21	5	9	13	17	21	Известняк
15	1	hQ <sub>IV</sub>	-	-	2.0	-	-	-	-	-	-	-	
	2	vQ <sub>III</sub>	9.3	5.0	-	3.5	6.3	5.7	(2.2)	-	-	(3.3)	
	3	aQ <sub>II</sub>	14.1	10.1	6.3	6.9	15.1	-	7.7	-	(5.0)	-	
	4	lgQ <sub>I</sub>	22.4	14.5	10.8	-	19.0	-	-	(9.0)	-	16.9	
	5	aQ <sub>I</sub>	29.1	-	13.5	-	31.0	(25.0)	-	-	-	24.7	
	6	N <sub>2</sub>	30.5	-	-	-	31.1	/29.8/	-	-	-	-	
№ скважин			1	7	13	19	25	1	7	13	19	25	Мергель
16	1	hQ <sub>IV</sub>	-	-	1.7	-	-	-	-	-	-	-	
	2	vQ <sub>IV</sub>	-	-	-	1.4	6.1	-	-	-	-	3.3	
	3	aQ <sub>III</sub>	10.9	7.1	3.5	6.6	11.6	8.4	(2.2)	-	(3.6)	-	
	4	fgQ <sub>II</sub>	19.4	9.6	9.1	-	20.3	(14.8)	-	6.4	-	-	
	5	aQ <sub>II</sub>	29.7	-	12.2	-	30.9	25.2	-	-	-	23.6	
	6	N <sub>1</sub>	31.1	-	-	-	31.8	/30.5/	-	-	-	/31.5/	
№ скважин			21	17	13	9	5	21	17	13	9	5	Доломит
17	1	hQ <sub>IV</sub>	-	1.3	-	-	-	-	-	-	-	-	
	2	aQ <sub>IV</sub>	-	-	0.4	3.8	5.8	-	-	-	-	3.0	
	3	aQ <sub>III</sub>	10.9	5.5	6.8	8.7	14.6	(7.5)	-	-	6.1	-	
	4	lgQ <sub>II</sub>	17.2	11.1	14.9	10.4	21.4	13.3	-	(11.4)	-	17.7	
	5	aQ <sub>I</sub>	28.2	17.9	16.2	-	30.8	-	(14.5)	-	-	26.9	
	6	N <sub>2</sub>	29.4	-	-	-	34.0	/28.7/	-	-	-	/32.3/	
№ скважин			1	7	13	19	25	1	7	13	19	25	Гранит
18	1	hQ <sub>IV</sub>	-	-	1.7	-	-	-	-	-	-	-	
	2	aQ <sub>III</sub>	4.8	1.9	-	0.5	2.1	2.9	-	-	-	(1.0)	
	3	aQ <sub>III</sub>	11.7	8.1	2.9	5.5	9.4	-	4.4	-	(3.8)	(5.6)	
	4	fgQ <sub>II</sub>	17.2	16.5	11.7	6.9	13.1	-	-	(7.2)	-	11.2	
	5	aQ <sub>I</sub>	28.4	18.5	16.3	-	30.5	(22.6)	-	-	-	23.2	
	6	P <sub>1</sub>	31.1	-	-	-	31.5	/29.7/	-	-	-	-	
№ скважин			1	7	13	19	25	1	7	13	19	25	Доломит
19	1	hQ <sub>IV</sub>	-	-	1.1	-	-	-	-	-	-	-	
	2	vQ <sub>III</sub>	3.8	3.3	4.5	6.2	6.0	(2.0)	-	2.7	-	(2.5)	
	3	aQ <sub>III</sub>	9.4	8.2	9.5	13.3	16.5	-	(6.0)	-	9.6	-	
	4	fgQ <sub>I</sub>	25.0	9.8	19.6	16.4	20.2	-	-	(15.3)	-	18.2	
	5	aQ <sub>I</sub>	34.3	-	23.8	-	34.4	28.9	-	-	-	(28.8)	
	6	N <sub>2</sub>	36.4	-	-	-	35.6	/35.4/	-	-	-	-	

**Продолжение таблицы Г.1**

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
№ скважин			1	7	13	19	25	1	7	13	19	25	
20	1	hQ <sub>IV</sub>	-	-	1.0	-	-	-	-	-	-	-	Известняк
	2	vQ <sub>IV</sub>	4.5	2.2	-	0.9	3.4	-	(1.1)	-	-	2.1	
	3	aQ <sub>III</sub>	16.1	13.4	9.3	11.8	137	12.7	-	(5.1)	(4.8)	-	
	4	fgQ <sub>II</sub>	18.6	17.6	14.0	21.9	25.7	-	15.6	-	16.2	-	
	5	aQ <sub>I</sub>	33.9	23.9	-	24.1	33.2	26.8	-	-	-	28.3	
	6	N <sub>2</sub>	35.0	-	-	-	35.3	-	-	-	-	-	
№ скважин			1	7	13	19	25	1	7	13	19	25	
21	1	hQ <sub>IV</sub>	-	1.2	2.7	-	-	-	-	-	-	-	Мергель
	2	vQ <sub>III</sub>	-	-	-	2.7	8.6	-	-	-	(1.5)	4.7	
	3	aQ <sub>II</sub>	10.2	5.5	8.1	9.7	16.3	7.2	(3.7)	-	6.5	-	
	4	lgQ <sub>II</sub>	18.4	12.9	18.2	17.4	26.2	-	-	(12.4)	-	21.3	
	5	aQ <sub>I</sub>	30.0	15.3	24.9	-	32.2	23.8	-	(21.6)	-	-	
	6	N <sub>2</sub>	31.5	-	26.7	-	34.4	-	-	/25.7	-	-	
№ скважин			21	17	13	9	5	21	17	13	9	5	
22	1	hQ <sub>IV</sub>	-	-	-	1.7	-	-	-	-	-	-	Доломит
	2	vQ <sub>IV</sub>	4.5	2.2	0.4	-	6.1	3.8	-	-	-	(3.8)	
	3	aQ <sub>III</sub>	12.0	9.7	7.7	6.5	11.5	-	6.0	-	(4.0)	-	
	4	fgQ <sub>II</sub>	20.0	18.1	15.6	11.4	20.2	-	14.0	(10.5)	-	14.7	
	5	aQ <sub>II</sub>	29.8	20.1	19.1	-	29.7	26.3	-	-	-	(24.8)	
	6	N <sub>1</sub>	31.6	-	-	-	30.4	/30.8/	-	-	-	-	
№ скважин			21	17	13	9	5	21	17	13	9	5	
23	1	hQ <sub>IV</sub>	-	-	-	2.0	-	-	-	-	-	-	Гранит
	2	vQ <sub>IV</sub>	4.9	0.9	-	-	5.2	(3.1)	-	-	-	3.2	
	3	aQ <sub>III</sub>	14.3	9.9	7.1	4.8	10.3	10.5	(3.4)	-	(3.0)	-	
	4	fgQ <sub>II</sub>	19.9	16.5	15.6	10.8	19.4	-	12.8	-	(8.0)	-	
	5	aQ <sub>I</sub>	33.0	23.3	23.3	-	27.4	-	-	(19.5)	-	23.5	
	6	P <sub>3</sub>	34.0	-	24.7	-	30.5	-	-	-	-	-	
№ скважин			25	19	13	7	1	25	19	13	7	1	
24	1	hQ <sub>IV</sub>	-	1.1	2.5	-	-	-	-	-	-	-	Мергель
	2	vQ <sub>III</sub>	2.9	-	-	1.0	4.8	-	-	-	-	3.2	
	3	aQ <sub>II</sub>	10.7	2.4	5.7	7.3	9.4	6.0	-	-	(3.8)	-	
	4	fgQ <sub>I</sub>	16.3	10.1	15.3	18.3	22.0	-	6.8	(9.9)	-	15.0	
	5	aQ <sub>I</sub>	25.5	12.3	22.1	21.4	33.0	(21.2)	-	18.4	-	28.7	
	6	N <sub>2</sub>	30.0	-	-	-	34.0	/27.7/	-	-	-	-	

**Примечание:** В графах “Глубина отбора образцов” обозначены:  
 без скобок – образцы ненарушенной структуры;  
 в круглых скобках ( ) – образцы нарушенной структуры;  
 в косых скобках / / - секционные (валовые) пробы.

Продолжение приложения Г

Таблица Г.2. Состав и физические характеристики грунтов

Вариант	№№ слоев	Гранулометрический состав, %					Плотность грунта, $\rho$ , г/см <sup>3</sup>	Плотность частиц, $\rho_s$ , г/см <sup>3</sup>	Естественная влажность, W, %	Пределы пластичности, %	
		> 2 мм	2-0.5 мм	0.5-0.25 мм	0.25-0.1 мм	< 0.1 мм				W <sub>p</sub>	W <sub>L</sub>
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	2						2.03	2.68	10	6	11
	3	20	38	29	9	4	2.01	2.67	24		
	4						1.81	2.72	13	16	35
	5	12	18	31	24	15	2.09	2.66	18		
2	2	6	17	26	35	16	1.75	2.67	15		
	3	1	21	38	30	10	2.07	2.67	21		
	4						1.92	2.70	3	5	18
	5	23	35	26	9	7	2.10	2.67	19		
3	2						1.64	2.69	13	10	14
	3	5	16	21	38	20	2.01	2.67	24		
	4						1.94	2.73	3	9	28
	5	15	23	28	22	12	2.08	2.66	19		
4	2	4	18	26	31	21	1.96	2.66	7		
	3	17	41	31	10	1	2.02	2.66	23		
	4						1.81	2.72	10	11	25
	5	37	25	20	12	6	2.10	2.66	19		
5	2						1.71	2.69	11	9	14
	3	4	11	26	45	14	2.05	2.67	22		
	4						1.89	2.72	4	7	30
	5	24	37	19	16	4	2.03	2.66	23		
6	2						2.08	2.68	10	8	13
	3	3	15	30	38	14	2.00	2.66	24		
	4						1.93	2.72	3	5	19
	5	13	26	31	27	3	2.06	2.66	20		
7	2						1.91	2.68	7	6	19
	3	14	39	27	13	7	2.05	2.66	21		
	4						1.81	2.74	9	14	35
	5	32	26	24	12	6	2.07	2.66	20		
8	2						1.79	2.69	10	7	12
	3	-	12	26	34	28	2.01	2.67	24		
	4						2.08	2.72	7	9	22
	5	16	49	23	9	3	1.98	2.67	25		

**Продолжение таблицы Г.2**

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
9	2						1.67	2.69	12	9	14
	3	2	11	18	29	40	1.99	2.68	26		
	4						1.82	2.73	16.5	14	33
	5	14	48	19	11	8	2.08	2.67	21		
10	2						1.72	2.69	15	12	17
	3	1	9	28	30	32	2.03	2.67	24		
	4						1.99	2.70	7	10	21
	5	9	32	23	18	18	2.01	2.67	23		
11	2						1.71	2.69	8	7	11
	3	3	16	21	34	26	1.97	2.68	28		
	4						1.84	2.74	4	11	29
	5	41	23	18	9	9	2.06	2.67	21		
12	2		12	17	30	41	2.02	2.67	10		
	3	46	23	18	9	4	2.00	2.66	26		
	4						1.91	2.70	6	9	23
	5	18	38	24	13	7	2.02	2.66	24		
13	2	2	16	27	39	16	1.73	2.67	10		
	3	32	25	23	12	8	2.06	2.67	22		
	4						1.81	2.72	9.5	12	34
	5	11	27	29	25	8	2.05	2.66	21		
14	2	2	10	18	25	45	1.78	2.68	16		
	3	2	23	36	18	21	2.00	2.66	24		
	4						1.88	2.71	4	7	18
	5	46	23	19	10	5	2.02	2.67	23		
15	2	1	11	24	29	35	1.87	2.68	8		
	3	37	29	21	10	3	2.04	2.67	23		
	4						1.83	2.73	4	8	29
	5	21	37	18	16	8	2.09	2.67	20		
16	2						1.83	2.68	9	7	11
	3	1	18	25	41	15	2.02	2.66	23		
	4						1.76	2.71	7	9	23
	5	29	24	16	18	13	2.04	2.67	22		
17	2	1	17	30	42	10	1.85	2.67	11		
	3	9	17	40	19	15	2.03	2.66	23		
	4						1.82	2.74	13	12	30
	5	17	41	18	17	7	2.00	2.66	24		
18	2	1	18	19	29	33	1.90	2.67	7		
	3	15	42	31	8	4	1.99	2.67	25		
	4						1.96	2.70	9	11	20
	5	7	30	22	25	16	2.00	2.67	24		

**Продолжение таблицы Г.2**

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
19	2	4	16	28	33	19	1.92	2.66	12		
	3	5	18	31	28	18	1.99	2.66	25		
	4						1.82	2.74	6.5	10	37
	5	46	18	17	11	8	2.10	2.66	20		
20	2	5	20	24	38	13	1.93	2.66	9		
	3	41	19	15	14	11	2.00	2.66	24		
	4						1.88	2.71	11	12	25
	5	8	27	21	29	15	2.00	2.67	25		
21	2						2.09	2.68	8	8	14
	3	2	19	26	32	21	2.03	2.66	22		
	4						1.83	2.73	7	11	31
	5	39	26	21	13	1	2.00	2.67	24		
22	2		14	24	32	30	2.67	1.85	11		
	3	13	14	41	23	9	2.05	2.67	22		
	4						1.73	2.72	8	10	26
	5	15	43	21	13	8	1.99	2.67	24		
23	2		15	25	30	30	1.82	2.68	12		
	3	22	35	23	17	3	2.03	2.66	22		
	4						1.98	2.72	16.5	15	36
	5	10	23	19	36	12	1.99	2.67	2.6		
24	2						1.82	2.68	12	9	15
	3	4	15	23	23	35	1.94	2.68	29		
	4						1.89	2.71	8	11	24
	5	20	32	28	18	2	2.04	2.66	22		

## ПРИЛОЖЕНИЕ Д

**Таблица Д.1. Классификация песчаных грунтов по гранулометрическому составу**

Грунт	Размер частиц, мм	Масса частиц, % от массы воздушно-капельного грунта
1	2	3
Гравелистый	>2	>25
Крупный	>0.5	>50
Средней крупности	>0.25	>50
Мелкий	>0.1	≥75
Пылеватый	>0,1	<75

**Примечание:** Наименование грунта принимается по первому удовлетворяющему показателю в порядке их расположения в таблице.

**Таблица Д.2. Подразделение глинистых грунтов по числу пластичности**

Грунт	Число пластичности, %
1	2
Супесь	$1 \leq J_p \leq 7$
Суглинок	$7 < J_p \leq 17$
Глина	$J_p > 17$

**Таблица Д.3. Подразделение песчаных грунтов по плотности сложения**

Песок	Значение коэффициента пористости		
	плотные	средней плотности	рыхлые
1	2	3	4
Гравелистый, крупный и средней крупности	$e < 0.55$	$0.55 \leq e \leq 0.7$	$e > 0.7$
Мелкий	$e < 0.6$	$0.6 \leq e \leq 0.75$	$e > 0.75$
Пылеватый	$e < 0.6$	$0.6 \leq e \leq 0.8$	$e > 0.8$

**Таблица Д.4. Подразделение грунтов по степени влажности (грунты песчаные)**

Грунт	Степень влажности
1	2
Маловлажный	$0 < S_r \leq 0.5$
Влажный	$0.5 < S_r \leq 0.8$
Насыщенный водой	$0.8 < S_r \leq 1.0$

**Таблица Д.5. Подразделение глинистых грунтов по показателю текучести**

Грунт	Показатель текучести
1	2
Супесь:	
твёрдая	$J_L < 0$
пластичная	$0 \leq J_L \leq 1.0$
текучая	$J_L > 1.0$
Суглинок и глина:	
твёрдые	$J_L < 0$
полутвёрдые	$0 \leq J_L \leq 0.25$
тугопластичные	$0.25 < J_L \leq 0.5$
мягкопластичные	$0.5 < J_L \leq 0.75$
текучепластичные	$0.75 < J_L \leq 1.0$
текучие	$J_L > 1.0$

**Таблица Д.6. Нормативные значения модулей деформации песчаных грунтов**

Песок	Значения $E_0$ , МПа при коэффициенте пористости			
	0.45	0.55	0.65	0.75
1	2	3	4	5
Гравелистый, крупный и средней крупности	50	40	30	-
Мелкий	48	38	28	18
Пылеватый	39	28	18	11

**Таблица Д.7. Нормативные значения удельных сцеплений  $C_n$ , кПа и углов внутреннего трения  $\varphi_n$ , град., песчаных грунтов**

Песок	Характеристика	Значения $C_n$ и $\varphi_n$ при коэффициенте пористости $e$			
		0.45	0.55	0.65	0.75
1	2	3	4	5	6
Гравелистый, крупный	$C_n$	2	1	0	-
	$\varphi_n$	43	40	38	-
Средней крупности	$C_n$	3	2	1	-
	$\varphi_n$	40	38	35	-
Мелкий	$C_n$	6	4	2	0
	$\varphi_n$	38	36	32	28
Пылеватый	$C_n$	8	6	4	2
	$\varphi_n$	36	34	30	26



**Таблица Д.8. Нормативные значения удельных сцеплений  $C_n$ , кПа и углов внутреннего трения  $\varphi_n$ , град., глинистых грунтов четвертичных отложений**

Грунт	Показатель текучести	Характеристика	Значения $C_n$ и $\varphi_n$ при коэффициенте пористости $e$						
			0.45	0.55	0.65	0.75	0.85	0.95	1.05
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Супесь	$0 < J_L \leq 0.25$	$C_n$	21	17	15	13	-	-	-
		$\varphi_n$	30	29	27	24	-	-	-
	$0.25 < J_L \leq 0.75$	$C_n$	19	15	13	11	-	-	-
		$\varphi_n$	28	26	24	21	-	-	-
Суглинок	$0 \leq J_L \leq 0.25$	$C_n$	47	37	31	25	22	19	-
		$\varphi_n$	26	25	24	23	22	20	-
	$0.25 < J_L \leq 0.5$	$C_n$	39	34	28	23	18	15	-
		$\varphi_n$	24	23	22	21	19	17	-
	$0.5 < J_L \leq 0.75$	$C_n$	-	-	25	20	16	14	12
		$\varphi_n$	-	-	19	18	16	14	12
Глина	$0 \leq J_L \leq 0.25$	$C_n$	-	81	68	54	47	41	36
		$\varphi_n$	-	21	20	19	18	16	14
	$0.25 < J_L < 0.5$	$C_n$	-	-	57	50	43	37	32
		$\varphi_n$	-	-	18	17	16	14	11
	$0.25 < J_L \leq 0.5$	$C_n$	-	-	57	50	43	37	32
		$\varphi_n$	-	-	16	14	12	10	7

**Таблица Д.9. Нормативные значения модулей деформации  $E_0$  глинистых грунтов**

Возраст и происхождение грунтов	Грунт	Показатель текучести	Значения $E_0$ , МПа											
			при коэффициенте пористости $e$											
			0.35	0.45	0.55	0.65	0.75	0.85	0.95	1.05	1.2	1.4	1.6	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
Четвертичные отложения: аллювиальные, делювиальные, озерно-аллювиальные	Супесь	$0 \leq J_L \leq 0.75$	-	32	24	16	10	7	-	-	-	-	-	-
	Суглинок	$0 \leq J_L \leq 0.25$	-	34	27	22	17	14	11	-	-	-	-	-
		$0.25 < J_L \leq 0.5$	-	32	25	19	14	11	8	-	-	-	-	-
		$0.5 < J_L \leq 0.75$	-	-	-	17	12	8	6	5	-	-	-	-
	Глина	$0 \leq J_L \leq 0.25$	-	-	26	24	21	18	15	12	-	-	-	-
		$0.25 < J_L \leq 0.5$	-	-	-	21	18	15	12	9	-	-	-	-
$0.5 < J_L \leq 0.75$		-	-	-	-	15	12	9	7	-	-	-	-	
Флювиогляциальные	Супесь	$0 \leq J_L \leq 0.75$	-	33	24	17	11	7	-	-	-	-	-	-
	Суглинок	$0 \leq J_L \leq 0.25$	-	40	33	27	21	-	-	-	-	-	-	-
		$0.25 < J_L \leq 0.5$	-	35	28	22	21	-	-	-	-	-	-	-
		$0.5 < J_L \leq 0.75$	-	-	-	17	13	10	7	-	-	-	-	-
Моренные	Супесь и суглинок	$J_L \leq 0.5$	75	55	45	-	-	-	-	-	-	-	-	
Юрские отложения оксфордского яруса	Глина	$0.25 \leq J_L \leq 0$	-	-	-	-	-	-	27	25	22	-	-	
		$0 < J_L \leq 0.25$	-	-	-	-	-	-	24	22	19	15	-	
		$0.25 < J_L \leq 0.5$	-	-	-	-	-	-	-	-	16	12	10	

**Примечание:** Значение  $E_0$  не распространяется на лессовые грунты

**Таблица Д.10. Расчётное сопротивление  $R_0$  для крупнообломочных и песчаных грунтов**

Пески	$R_0$ , кПа	
	плотные	средней плотности
1	2	3
Гравелистые, крупные	600	500
Средней крупности	500	400
Мелкие:		
- маловлажные	400	300
- влажные и насыщенные водой	300	200
Пылеватые:		
- маловлажные	300	250
- влажные	200	150
- насыщенные водой	150	100

**Таблица Д.11. Расчётное сопротивление  $R_0$  для глинистых грунтов**

Глинистые грунты	$R_0$ , кПа	
	$J_L=0$	$J_L=1$
1	2	3
Супеси с коэффициентом пористости		
0.5	300	300
0.7	250	200
Суглинки с коэффициентом пористости		
0.5	300	250
0.7	250	180
0.8	200	100
Глины с коэффициентом пористости		
0.5	600	400
0.6	500	300
0.8	300	200
1.0	250	100

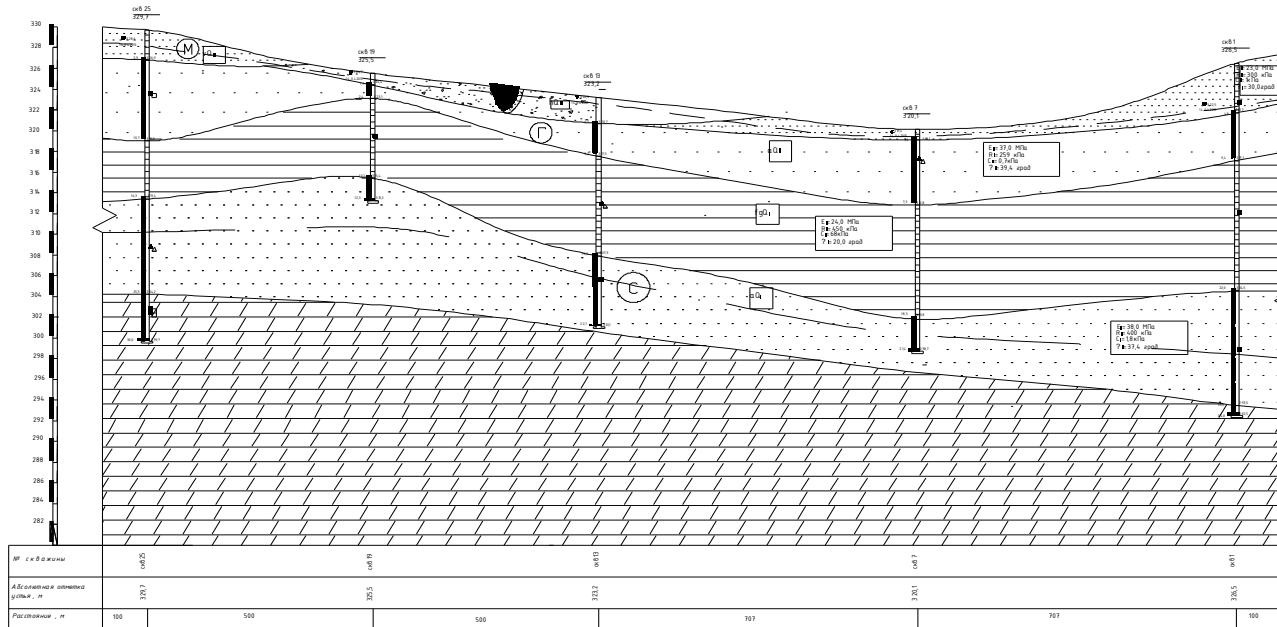
**Примечание:** при промежуточных значениях  $e$  и  $J_L$  значения определяются интерполяцией.

**Таблица Д.12. Генетические индексы и цвета к карте четвертичных отложений**

Наименование основных и смешанных типов четвертичных отложений	Индекс	Тон
1	2	3
Элювиальные	e	Фиолетовый
Делювиальные	d	Ярко-оранжевый
Аллювиальные	a	Зелёный
Ледниковые	g	Коричневый
Флювиогляциальные	f	Тускло-зелёный
Озёрные	l	Синевато-голубой
Пролювиальные	p	Оливковый
Солифлюкционные	s	Красновато-фиолетовый
Морские	m	Голубой
Эоловые	v	Светло-жёлтый
Химические	ch	Серовато-фиолетовый
Элювиально-делювиальные	ed	Оранжевый
Делювиально-солифлюкционные	ds	Розовый
Аллювиально-делювиальные	ad	Жёлтый
Аллювиально-озёрные	al	Голубовато-зелёный
Аллювиально-морские	am	Синевато-зелёный
Аллювиально-пролювиальные	ap	Светло-желтовато-зелёный
Пролювиально-делювиальные	pd	Палевый
Озёрно-ледниковые	lg	Серовато-зелёный
Ледниково-морские	gm	Синий
Озёрно-болотные	lb	Серовато-голубой
Биогенные	b	Не закрашивается
Биогенно-болотные	h	Фиолетово-красный
Вулканические	β	Тёмно-зелёный
Искусственные (техногенные)	t	Зеленовато-жёлтый
Коллювиальные	c	Кармин
Делювиально-коллювиальные	dc	Розовато-оранжевый

# Инженерно-геологический разрез

Масштаб вертикальный 1:200  
 Масштаб горизонтальный 1:5000



### Образцы

- Ненарушенные структуры
- Нарушенные структуры
- Секционные (валовые) пробы
- Прочностные характеристики грунтов

### Отложения

- h** - Биогенно-болотные
- v** - Золовые
- a** - Аллювиальные
- fg** - Флювиогляциальные

### Условные обозначения

- мергель
- глина
- песок гравелистый
- песок мелкозернистый
- биогенно-болотные отложения
- песок средней крупности
- уровень межпластовых вод
- граница между слоями
- уровень грунтовых вод

### Состояние грунта в скважине

- песок маловлажный
- песок насыщенный водой
- глина твердая
- песок насыщенный водой

		74 05 01-М-137-КП-01-24	
Исполнитель	Инженерно-геологический институт	Масштаб	1:200
Проверенный	Инженерно-геологический институт	Масштаб	1:5000
Составитель	Инженерно-геологический институт	Инженер	Г.К.

## Приложение Ж

### Оценка физико-механических свойств грунтов

Определим наименование грунта для каждого из пластов, которые были вскрыты скважинами.

**2-й слой** является песчаным, т.к. в таблице исходных данных отсутствует влажность на границе текучести и раскатывания. Чтобы определить вид песчаного грунта необходимо знать плотность, степень влажности и гранулометрический состав грунта.

Определим вид песчаного грунта по гранулометрическому составу.

**Таблица Ж.1. Гранулометрический состав песчаного грунта**

Наименование показателей	Гранулометрический состав				
	>2мм	2-0.5мм	0.5-0.25мм	0.25-0.1мм	<0.1мм
Диаметр частиц	>2мм	2-0.5мм	0.5-0.25мм	0.25-0.1мм	<0.1мм
Содержание частиц, %	1	11	24	29	35
∑сод-ние частиц, %	1	12	36	65	100

Т.к. суммарное содержание частиц диаметра более 0.1 мм составляет 65%, что менее 75%, то песчаный грунт - пылеватый, табл.Д.1 приложения Д.

Определим плотность грунта в сухом состоянии:

$$\rho_d = \frac{\rho}{1 + 0,01 \cdot \omega}, \text{ т/м}^3$$

где

$\rho$  - плотность грунта;

$\omega$  - природная влажность, %

$$\rho_d = \frac{1,87}{1 + 0,01 \cdot 8} = 1,73 \text{ т/м}^3$$

Определим коэффициент пористости грунта:

$$e = \frac{\rho_s}{\rho_d} - 1$$

где

$\rho_s$  - плотность частиц грунта.

$$e = \frac{2,68}{1,73} - 1 = 0,55$$

По величине коэффициента пористости песчаные грунты делятся на плотные, средней плотности и рыхлые. Т.к.  $0,55 < 0,6$ , значит, песчаный грунт плотный, табл. Д.3 приложения Д.

Определим степень водонасыщения грунта, для этого находим степень влажности:

$$S_r = \frac{0,01 \cdot \omega \cdot \rho_s}{e \cdot \rho_w}$$

где

$\rho_w = 1,0 \text{ т/м}^3$  - плотность воды.

$$S_r = \frac{0,01 \cdot 2,68 \cdot 8}{0,55 \cdot 1} = 0,39$$

По величине степени влажности песчаные грунты подразделяются на маловлажные, влажные и насыщенные водой. Т.к.  $0 < S_r < 0,5$ , то песчаный грунт является маловлажным, табл. Д4 приложения Д.

Определяем нормативные значения деформационных и прочностных характеристик: модуль деформации, табл. Д.6 приложения Д; угол внутреннего трения и удельное сцепление, табл. Д.7 приложения Д; расчетное сопротивление грунта, табл. Д.10 приложения Д:  $E_0 = 28 \text{ МПа}$ ;  $\varphi_n = 34 \text{ град}$ ;  $C_n = 6 \text{ кПа}$ ;  $R_0 = 300 \text{ кПа}$ .

Таким образом, 2-ой слой-песок пылеватый, плотный, маловлажный со следующими характеристиками:

$$E_0 = 28 \text{ МПа};$$

$$\varphi_n = 34 \text{ град};$$

$$C_n = 6 \text{ кПа};$$

$$R_0 = 300 \text{ кПа}.$$

**3-й слой** является глинистым, т.к. в таблице исходных данных присутствует влажность на границе текучести и раскатывания. Для определения глинистого грунта требуется знать число пластичности и показатель текучести. Определим вид глинистого грунта по числу пластичности:

$$J_p = \omega_L - \omega_p$$

где

$\omega_L$  - влажность на границе текучести, %;

$\omega_p$  - влажность на границе раскатывания, %;

$$J_p = 29 - 8 = 21\%$$

По числу пластичности  $J_p = 21\%$ , грунт является глиной, т.к.  $J_p > 17\%$ , табл. Д.2 приложения Д.

Определим показатель текучести:

$$J_L = \frac{\omega - \omega_p}{\omega_L - \omega_p}$$

$$J_L = \frac{4-8}{29-8} = -0,19$$

Т.к. показатель текучести  $J_L < 0$ , то грунт твердый, табл. Д.5 приложения Д.

Определим коэффициент пористости грунта, для этого находим плотность грунта в сухом состоянии:

$$\rho_d = \frac{1,83}{1+0,01 \cdot 4} = 1,76 \text{ т/м}^3$$

$$e = \frac{2,73}{1,76} - 1 = 0,55$$

Определяем нормативные значения деформационных и прочностных характеристик: модуль деформации, табл. Д.6 приложения Д; угол внутреннего трения и удельное сцепление, табл. Д.7 приложения Д; расчетное сопротивление грунта, табл. Д.11 приложения Д:  $E_0 = 26 \text{ МПа}$ ;  $\varphi_n = 21 \text{ град}$ ;  $C_n = 81 \text{ кПа}$ ;  $R_0 = 285,5 \text{ кПа}$ .

Таким образом, 2-й слой – глина твердая со следующими характеристиками:

$$E_0 = 26 \text{ МПа};$$

$$\varphi_n = 21 \text{ град};$$

$$C_n = 81 \text{ кПа};$$

$$R_0 = 285,5 \text{ кПа}.$$

Составляем сводную таблицу физико-механических характеристик грунтов.



**Таблица Ж.2. Физико-механические характеристики грунтов**

	Наименование грунта	Мощность слоя, м	$\rho/\gamma, \text{т/м}^3$	$\rho_s/\gamma, \text{т/м}^3$	$\rho_d/\gamma, \text{т/м}^3$	$\omega, \%$	$\omega_L, \%$	$\omega_P, \%$	$J_P, \%$	$J_L$	$e$	$S_r$	$K_f, \text{м/сут}$	$C_n, \text{кПа}$	$\varphi_n, \text{град}$	$E_0, \text{кПа}$	$R_0, \text{кПа}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	Биогенно-болотная порода	$\frac{0,9-0}{0,45}$	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	Песок пылеватый, плотный, маловлажный	$\frac{2,6-0}{1,9}$	$\frac{1,87}{18,7}$	$\frac{2,68}{26,8}$	$\frac{1,73}{17,3}$	8,0	-	-	-	-	0,55	0,39	1,0	6,0	34,0	28,0	300
3	Глина твердая	$\frac{5,1-4,1}{4,7}$	$\frac{1,83}{18,3}$	$\frac{2,73}{27,3}$	$\frac{1,76}{17,6}$	4,0	29,0	8,0	21,0	-0,19	0,55	-	0,001	81,0	21,0	26,0	285

## Определение скорости движения грунтовых вод в трех характерных точках

Движение воды в горных породах определяется их водными свойствами и степенью насыщенности. При этом нужно различать инфильтрационное движение (просачивание) – это движение воды по свободным порам пород, то есть не занятым водой, а фильтрация – это движение воды в зоне полного насыщения, при наличии разности гидравлических напоров (уровней) от мест с более высоким к местам с более низким напором (уровнем).

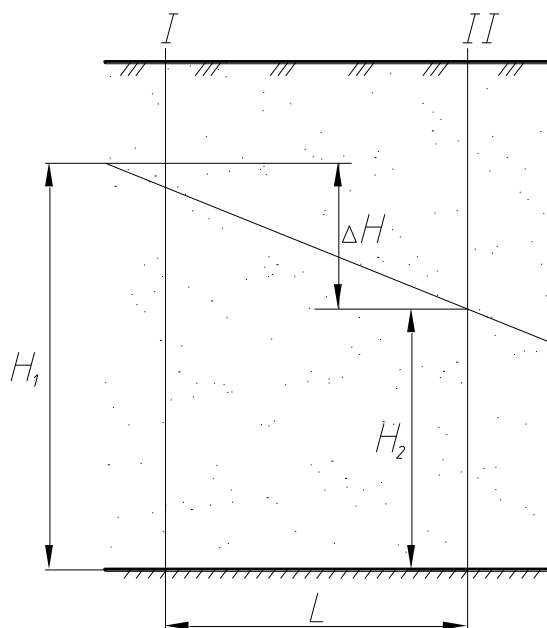


Рис.1. Схема движения (фильтрации) грунтовой воды.

Разность напоров  $\Delta H = H_1 - H_2$  на участке ( $\Delta l$ ) обуславливает движение воды в направлении сечения II.

Скорость движения зависит от величины разности напора ( $\Delta H$ ) и длины пути фильтрации ( $\Delta l$ ), то есть от гидравлического уклона (градиента) -  $I = \Delta H / \Delta l$ .

Чтобы вычислить скорость движения грунтовых вод, рассчитаем гидравлический градиент по формуле:

$$I = \frac{H_1 - H_2}{L}, \quad (1)$$

где

$H_1$  - отметка более высоко горизонтали, м;

$H_2$  - отметка более низкой горизонтали, м;

$L$  - расстояние между горизонталями, м.

Вначале определим  $I_{\max}$ . Для этого на карте гидроизогипс замеряем максимальное расстояние  $AA_1$  между двумя соседними гидроизогипсами и умножаем его на 50 с учетом масштаба.

$$I_{\max} = \frac{322 - 321}{8,7 \cdot 50} = 0,002$$

Далее вычислим  $I_{cp}$ , замерив на карте гидроизогипс расстояние  $BB_1$ .

$$I_{cp} = \frac{322 - 322}{4,1 \cdot 50} = 0,005$$

Повторяя аналогичные вычисления, определим  $I_{\min}$ , замерив расстояние  $CC_1$ .

$$I_{\min} = \frac{320 - 319}{1,2 \cdot 50} = 0,017$$

Теперь, зная гидравлические градиенты, определим скорость движения грунтовых вод по формуле Дарси.

$$V = k_f \cdot I \quad (2)$$

где

$V$  - установившаяся скорость фильтрационного потока постоянной массы, м/сут;

$k_f$  - коэффициент фильтрации, м/сут;

$I$  - установившийся градиент напора.

Так как песок мелкозернистый, принимаем коэффициент фильтрации  $k_f = 3$  м/сут [2].

Скорости движения грунтовых вод в трех характерных точках будут соответственно равны:

$$V_{AA_1} = 3 \cdot 0,002 = 0,006 \text{ м/сут};$$

$$V_{BB_1} = 3 \cdot 0,005 = 0,015 \text{ м/сут};$$

$$V_{CC_1} = 3 \cdot 0,017 = 0,051 \text{ м/сут}.$$

Зная пропорциональную зависимость между напорным градиентом и скоростью фильтрационного потока (при увеличении числа градиента скорость движения грунтовых вод увеличивается), можно сделать следующий вывод: движение грунтового потока в водонасыщенных слоях со скоростью до 400 м/сут (пески, супеси, суглинки) имеет параллельно-струйчатый (ламинарный) характер.

Учебное издание

Составители:

Дедок Владимир Николаевич  
Натарова Оксана Николаевна

Методические указания

к выполнению курсового проекта и контрольной работы по инженерной геологии и гидрогеологии для студентов специальностей 1-74 05 01 «Мелиорация и водное хозяйство» и 1-70 04 03 «Водоснабжение, водоотведение и охрана водных ресурсов»

Ответственный за выпуск                      Дедок В.Н.  
Редактор:  
Компьютерная верстка: Боровикова Е.А.  
Корректор: Никитчик Е.В.

Подписано к печати \_\_\_\_\_. Формат 60x84/16. Бумага писчая № 1. Усл. п. л. 2,75. Уч. изд. л. 2,56. Заказ № \_\_\_\_\_. Тираж 50 экз. Бесплатно. Отпечатано на ротопринтере Брестского государственного технического университета. 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.